

<b>Zeitschrift:</b>	Helvetica Physica Acta
<b>Band:</b>	23 (1950)
<b>Heft:</b>	III
<b>Artikel:</b>	Ein direktzeigendes Gerät zur Messung von Dead Time und Recovery Time von Geigerzählrohren
<b>Autor:</b>	Epprecht, Georg W.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-112111">https://doi.org/10.5169/seals-112111</a>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Ein direktzeigendes Gerät zur Messung von Dead Time und Recovery Time von Geigerzählrohren

von Georg W. Epprecht, M. S. Ing.\*)

(14. XII. 1949.)

**Zusammenfassung.** Es wird ein Gerät beschrieben, das eine rasche Messung von dead time und recovery time bei Geigerzählrohren ermöglicht. Es handelt sich im wesentlichen um eine Kondensator-Zeitmessmethode, mit deren Hilfe fortlaufend das Intervall zwischen aufeinanderfolgenden Impulsen bestimmt wird. Das kürzeste auftretende Intervall kann an einem Instrument direkt abgelesen werden. Einige mit dem Gerät ausgeführte Messungen sind kurz dargestellt.

**Summary.** A circuit is described which permits direct-reading measurements of dead time and recovery time of Geiger counters. The basic circuit uses an R-C-discharge, controlled by a scale of two, as the means for time measuring. The shortest interval of successive pulses is selected and indicated. Some results obtained with the set are shown.

Geigerzählrohre haben, wie bekannt, die Eigenschaft, eine gewisse Zeitspanne nach einer Ionisierung inaktiv zu sein. Während der dead time, die einem Ionisationsimpuls unmittelbar folgt, treten überhaupt keine neuen Impulse auf, in der anschliessenden recovery time gewinnen die Impulse allmählich wieder ihre volle Grösse. Um Untersuchungen über die Abhängigkeit dieser Zeitintervalle von den Konstruktionsdaten und Betriebsbedingungen der Zählrohre rasch und bequem durchführen zu können, wurde eine Apparatur entwickelt, die die direkte Ablesung der dead time bei beliebiger Zählfrequenz erlaubt.

Werden die Impulse eines Geigerzählrohres auf ein Synchroskop gegeben, so erhält man bei einer Zeitaufnahme das folgende bekannte Bild:

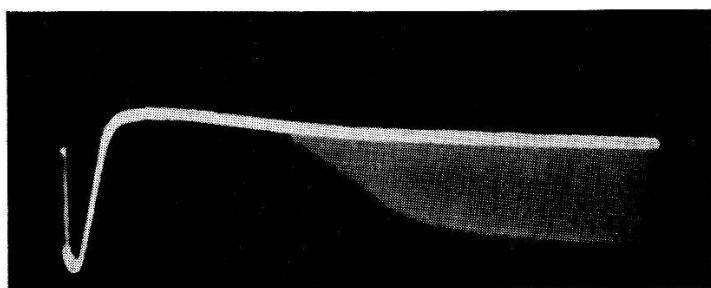


Fig. 1.

Zeitaufnahme der Impulse eines Zählrohres mittels Synchroskop.

\*) 1947/48 graduate student und research fellow am California Institute of Technology, Pasadena.

Bei einer grossen Zahl von Versuchen ist diese photographische Messmethode sehr zeitraubend und umständlich, so dass die Entwicklung einer schnelleren Messmethode angebracht erscheint.

Das hier beschriebene Gerät besteht im wesentlichen aus sechs Teilen:

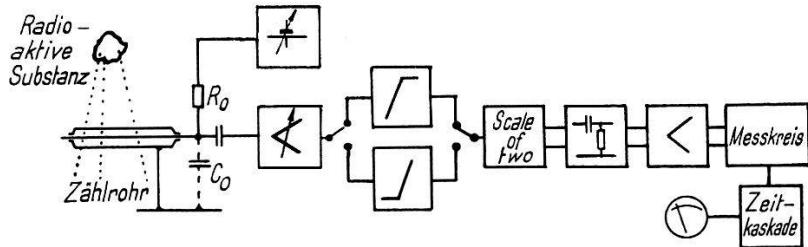


Fig. 2.

#### Aufbau des Messgerätes.

1. Variable Gleichspannungsquelle für das Zählrohr.
2. Impulsverstärker mit regulierbarem Verstärkungsgrad.
3. Begrenzerkreis.
4. Steuerkreis.
5. Messkreis.
6. Indikatorkreis.

#### Spannungsquelle und Impulsverstärker.

Auf eine nähere Beschreibung dieser beiden Teile sei hier nicht näher eingegangen, da es sich um genügend bekannte Elemente handelt. Bei unseren Versuchen interessierten vor allem Zeitintervalle von 5 bis 200 Mikrosekunden. Der Ausgangsimpuls des Zählrohres sollte dazu nicht länger als  $1 \mu s$  dauern. Daraus ergab sich bei einer unvermeidlichen Kapazität  $C_0$  von  $50 \text{ pF}$  ein Arbeitswiderstand von  $R_0 = 3 \div 10 \text{ k}\Omega$ . Der Breitbandverstärker soll diese Impulse noch gut verarbeiten können und eine Ausgangsspannung von ca. 30 V abgeben. Dazu war eine Verstärkung von rund 150 notwendig.

#### Begrenzerstufe.

Der Begrenzer hat zwei verschiedene Arbeitsweisen, die wahlweise eingeschaltet werden. Im ersten Zustande werden alle Impulse auf einen Zehntel des vollen Impulsspannungswertes begrenzt. Im zweiten Zustande werden nur diejenigen Impulse durchgelassen, die mindestens 80% des vollen Impulses erreichen. Nach der Darstellung in Fig. 3 werden damit die Punkte A und B bestimmt. Das Gerät zeigt das Zeitintervall zu A resp. B an, was in vielen Fällen genügend genau mit der dead time resp. Summe aus dead und recovery time übereinstimmt. Genügt diese Genauigkeit nicht, so ist es ein leichtes, die entsprechenden Korrekturen anzubringen.

Zu Eichzwecken enthält der Eingang zum Begrenzer einen Spannungsteiler, an dem 10%, 80% und 100% der Spannung abgegriffen werden können. Die Eichung geht folgendermassen vor sich: Für die Bestimmung von *A* wird der Spannungsteiler auf 0,1 gestellt und der Eingangsverstärker so eingestellt, dass bei weiterer Reduktion der Verstärkung der Steuerkreis nicht mehr anspricht. Mit dem Eichumschalter wieder auf 1,0 werden dann alle Impulse mit mehr als 0,1 des vollen Spannungswertes den Messkreis betätigen. Die Eichung zur Bestimmung von *B* geschieht analog in der zweiten Arbeitsweise des Begrenzers: Mit Eichumschalter auf 0,8 wird die Verstärkung so reguliert, dass bei einer weiteren Reduktion der Steuerkreis nicht mehr arbeitet.

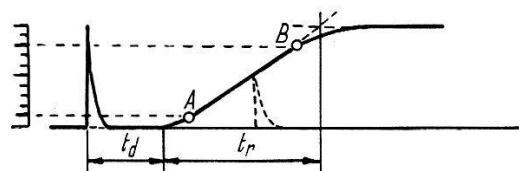


Fig. 3.  
Definition von dead time und recovery time.

Wegen der unregelmässigen Impulsfolge ist eine stromlose Steuerung des Begrenzers vorzuziehen. Gewählt wurden die Pentoden 6AC7 und 6AG7 als Begrenzerstufen. In der Arbeitsweise *A* werden die negativen Impulse am unteren Knick der  $I_a - U_g$  Charakteristik der ersten Röhre begrenzt, ebenso wird der obere Knick der zweiten Röhrencharakteristik ausgenützt zur Verbesserung der Begrenzung. In der Arbeitsweise *B* arbeitet die erste Röhre als Verstärker, die zweite hat eine grosse negative Gittervorspannung, so dass nur die grössten Impulse durchgelassen werden.

### Steuerkreis.

Mit den Ausgangsimpulsen des Begrenzers wird ein „scale of two“-Kreis gesteuert (Eccles-Jordan-Schaltung). Der Kreis muss sorgfältig abgestimmt sein, damit er bei Impulsfrequenzen von etwa 200 kc noch zuverlässig arbeitet. Die Ausgangsspannungen des Multivibrators werden differenziert und in einer Entkopplungsstufe weiter verstärkt, sowie die negativen Impulse unterdrückt. Von der ursprünglichen Impulsserie erscheint dann abwechselungsweise ein Impuls am einen und am andern Ausgang der Steuerstufe, wir wollen sie *a*- und *b*-Impulse nennen.

## Messkreis.

Die Grundlage des Messvorganges bildet eine Kondensatorentladung. In unserem Fall war logarithmische Anzeige erwünscht, was sich bei Entladung über einen ohmschen Widerstand automatisch ergibt. Man könnte leicht lineare Anzeige erhalten, wenn z. B. eine Penthode als Entladewiderstand benutzt würde. Die Anordnung arbeitet folgendermassen: Jeder *a*-Impuls schliesst  $V_1$  so lange, bis  $C$  auf  $U_0$  aufgeladen ist (Zeitkonstante ca. 1  $\mu$ s).  $V_1$  öffnet sogleich wieder und  $C$  beginnt sich über  $R_1$  mit relativ grosser Zeitkonstante (umschaltbar 50  $\mu$ s und 300  $\mu$ s) zu entladen. Im Augen-

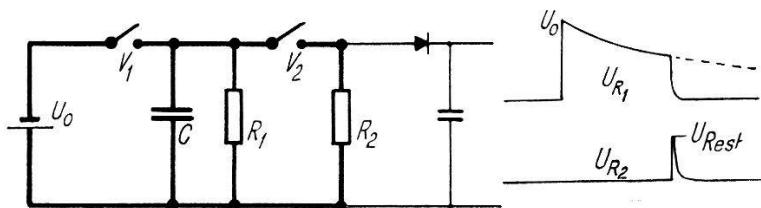


Fig. 4.  
Messkreis.

blicke des *b*-Impulses wird  $V_2$  geschlossen und  $C$  entlädt sich mit einer Zeitkonstanten von ca. 1  $\mu$ s über  $R_2$ . Der an  $R_2$  entstehende Spannungsimpuls entspricht der Restspannung, die  $C$  noch hatte und ist ein Mass für das Zeitintervall zwischen *a*-Impuls und *b*-Impuls.

Man kann für  $V_1$  und  $V_2$  Trioden oder Thyratrons verwenden. In der ausgeführten Schaltung wurde das Thyratron 884 verwendet, das sehr kurze Ionisations- und Deionisationszeiten aufweist. Mit einem Thyratron lässt sich ein sehr günstiges Verhältnis von Lade- zu Entladezeitkonstante erreichen bei relativ kleiner Steuerspannung. Das Gitter von  $V_1$  liegt an Erde, dadurch wird das Gitter stark negativ gegen Kathode, sobald der Ladestrom klein wird und das Kathodenpotential nahe  $U_0$  ist. Die Deionisation wird dadurch beschleunigt,  $V_1$  also rasch und sicher geöffnet und eine Ionisierung ist nicht mehr möglich, bevor  $C$  entladen ist. Das Gitter von  $V_2$  wird negativ vorgespannt und der Zündimpuls so eingestellt, dass  $V_2$  nur zündet, wenn  $C$  eine bestimmte Minimalspannung aufweist. Auch hier wird die Entladung rasch abgestoppt und ein Zünden des Thyratrons etwa im Moment des *a*-Impulses verhindert. Sollte aus irgendeinem Grunde dennoch eine fehlerhafte Doppelzündung der Gastrioden erfolgen, so verhindert ein Stromrelais das Andauern des Kurzschlusses.

Ein Nachteil der Verwendung von Thyratrons kann unter Umständen entstehen, wenn in der Nähe von ionisierenden Strahlungs-

quellen gearbeitet wird, gegen die die Gastrioden nicht genügend abgeschirmt werden können. In diesem Falle kann die gleiche Schaltung mit Vacuumtrioden aufgebaut werden. Das Impedanzniveau des Messkreises wird dann entsprechend höher und es sind grössere Steuerspannungen nötig.

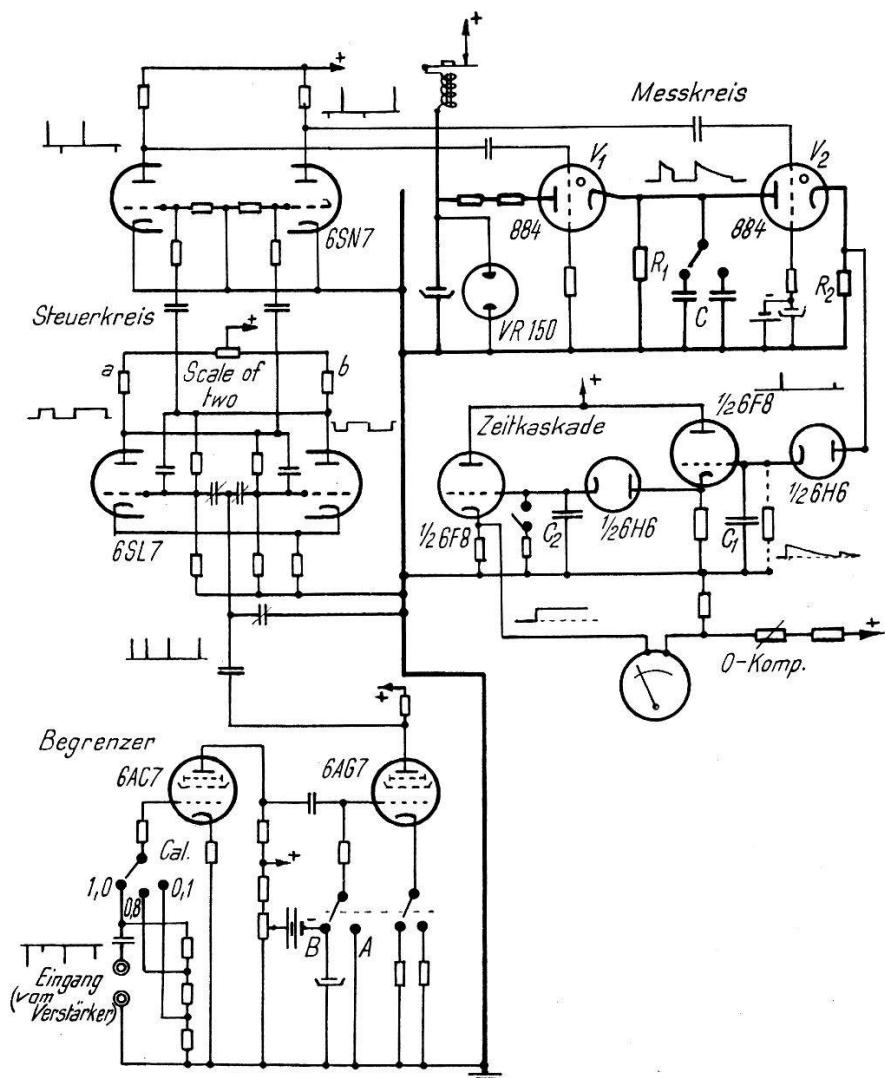


Fig. 5.  
Schalschema des dead time Indikators  
(ohne Breitbandverstärker und Spannungsquellen).

#### Indikatorkreis.

Aus den Gesetzen der Statistik lässt sich für eine gegebene mittlere Impulszahl pro Zeiteinheit das wahrscheinliche Zeitintervall berechnen, in dem einmal ein Impulsintervall von der Länge der dead time oder recovery time auftritt (z. B. mit einer Genauigkeit von 5%). Bei kleinen Impulsfrequenzen muss die Beobachtungszeit entsprechend auf ein unter Umständen längeres Zeitintervall aus-

gedehnt werden. Für den Indikatorkreis ergibt sich daraus die Forderung, dass jeder einzelne Messwert mindestens so lange gespeichert werden muss, dass ein Instrument gut abgelesen werden kann. Es soll das kürzeste Intervall angezeigt werden. Verlangen wir für das Anzeigegerät eine Zeitkonstante von 10 sec., so bedeutet dies bei einem Entladeimpuls in  $R_2$  von  $1 \mu\text{s}$  eine Vergößerung der Zeitkonstanten um  $10^7$ . Dies wurde mit einer Kaskadenschaltung von Dioden und Kathodenverstärkern erreicht. Der gesamte Aufladewiderstand bei Verwendung einer Vacuumdiode wird ca.  $2 \text{ k}\Omega$ .

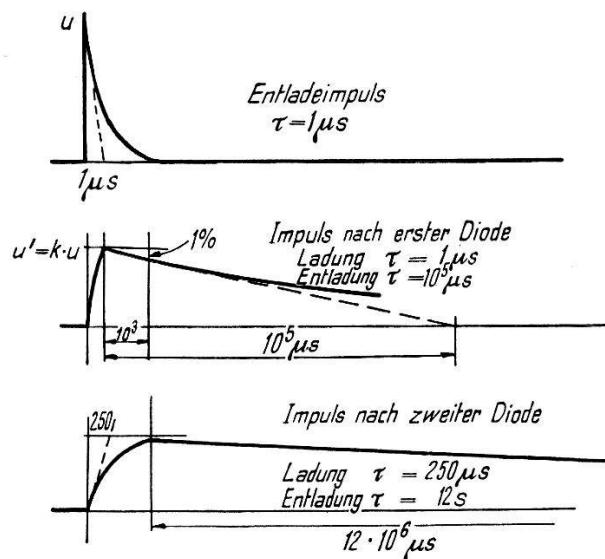


Fig. 6.  
Speicherung des Restspannungswertes.

Über diese Diode wird eine Kapazität von z. B. 500 pF aufgeladen. Die Spannung an  $C_1$  steuert einen Kathodenverstärker, der über eine zweite Diode die Kapazität  $C_2$  auflädt.  $C_2$  soll aufgeladen sein, wenn die Spannung an  $C_1$  um 1% gefallen ist. Das ist der Fall, wenn die Ladezeitkonstante von  $C_2$  etwa  $1/400$  der Entladekonstante von  $C_1$  beträgt.

Bei diesen Verhältnissen erreichen wir, dass das Instrument auf 2 bis 3% genau zeigt, unabhängig davon, ob sich die kritischen Zeitintervalle in Abständen von  $10 \mu\text{s}$  oder  $100 \text{ s}$  folgen. Kaskadenstufen können übrigens beliebig viele in Serie geschaltet werden. Je nach der verlangten Genauigkeit verlängert jede den Impuls um einen Faktor 100 bis 1000. Kathodenverstärker zwischen den Dioden eignen sich besonders gut wegen ihres kleinen inneren Widerstandes. Besondere Sorgfalt ist auf die Isolation zu verwenden. Kristalldioden eignen sich wegen ihres nicht sehr hohen Rückwiderstandes nicht gut. Als praktisch vorteilhaft erweist sich ein Druckschalter zur Verkürzung der Zeitkonstante z. B. bei der

O-Justierung des Instrumentes. Das Anzeigeinstrument liegt im Kathodenkreis der letzten Stufe, der Gleich-Ruhestrom ist kompensiert.

Die Skala des Instrumentes wird direkt in Mikrosekunden ge eicht. Die Eichung kann mit einem gewöhnlichen Impulsgenerator

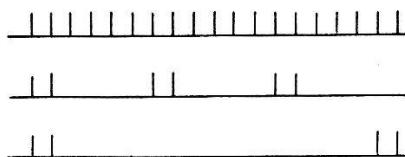


Fig. 7.

erfolgen. Zur Kontrolle wurden mit einer besondern Anordnung Impulsfolgen erzeugt, wie Fig. 7 zeigt, die Anzeige variierte kaum wahrnehmbar.

### Messungen.

Bei unseren Messungen interessierte vor allem die Abhängigkeit der fraglichen Zeitintervalle von der Betriebsspannung. Die Daten der untersuchten Zählrohre waren folgende:

Radius der äusseren Elektrode:  $b = 1,5$  cm

Radius der inneren Elektrode:  $a = 0,012$  cm

Gasdruck (Argon):  $p = 5$  cm Hg

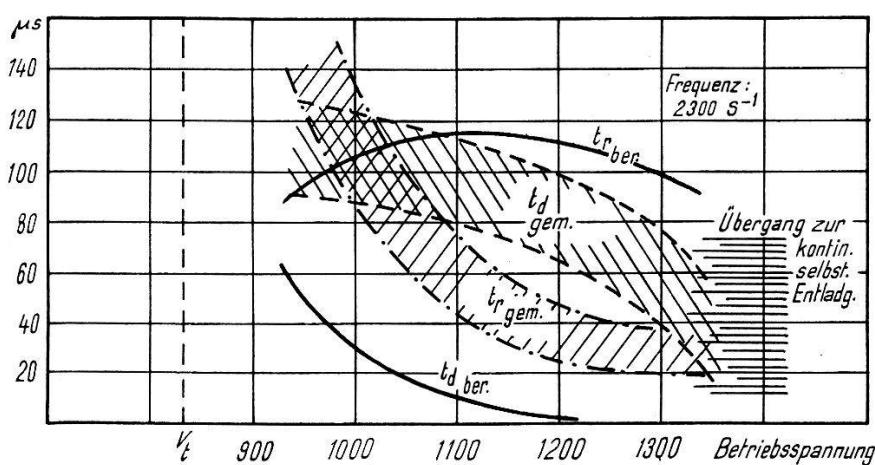


Fig. 8.  
Dead time und recovery time Messungen.

Die Messungen an den einzelnen Zählrohren streuten ziemlich stark und es zeigte sich, dass genaue reproduzierbare Resultate nur erhalten werden können, wenn die Rohre direkt auf dem Pumpstand untersucht würden, wo ihr Gaszustand dauernd kontrolliert werden kann. Fig. 8 vermittelt ein Bild über die gewonnenen Resultate. Die ange-

gegebenen theoretischen Kurven sind nach STEVER berechnet unter Annahme einer Molekùlbeweglichkeit, die unabhängig ist von der Feldstärke. Diese Annahme stimmt nicht im Gebiet hoher Feldstärken, die numerische Auswertung zeigt aber, dass der dadurch verursachte Fehler gering ist. Die dead time wurde auch in Abhängigkeit von der Zählfrequenz gemessen; Fig. 9 zeigt ein typisches Beispiel. BALDINGER und HUBER haben gezeigt, wie sich

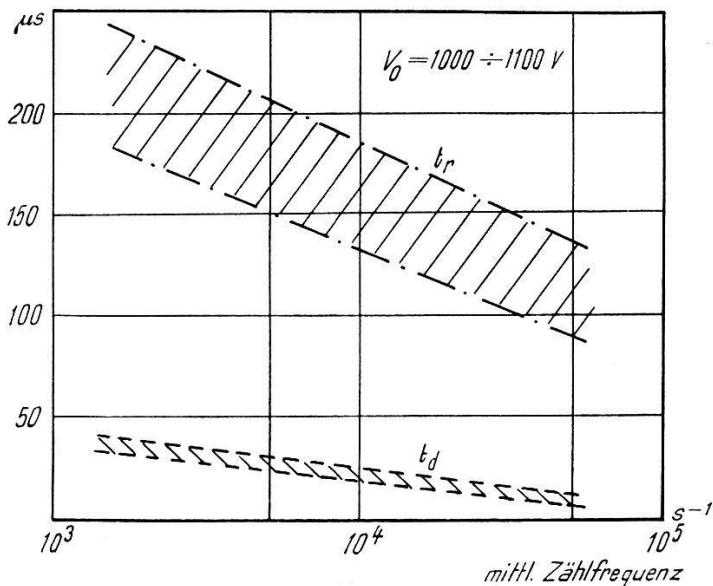


Fig. 9.  
Dead und recovery time als Funktion der Zählfrequenz.

die Abnahme der dead time mit steigender Zählfrequenz erklären lässt. Der berechnete und der gemessene Verlauf der dead time in Funktion der Betriebsspannung stimmen nicht gut überein. Jedoch genügt das Ausmass der gemachten Messungen nicht, um die Genauigkeit der Stever'schen Theorie abschliessend zu beurteilen.

Ich möchte nicht unterlassen, dem California Institute of Technology und Dr. W. H. PICKERING für die Ermöglichung dieser Arbeit zu danken.

#### *Literatur.*

- KORFF, Electron and Nuclear Counters, van Nostrand Comp. 1946.  
H. STEVER, Phys. Rev. **61**, 38 (1942).  
E. BALDINGER und P. HUBER, H. P. A. **20**, 470 (1947).