

Über das Arbeiten mit Geiger-Müller-Zählrohren

Dipl.-Phys. H. Gebauer - Erlangen-Bruck



FRIESEKE & HOEPFNER GMBH · ERLANGEN-BRUCK

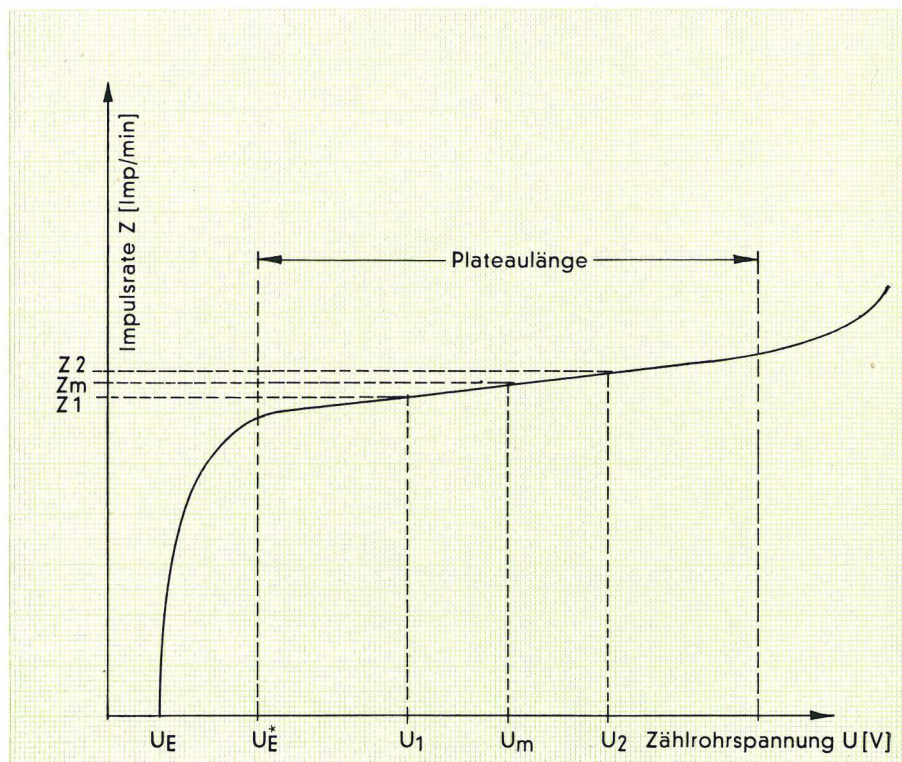
1. Zählrohrtypen

Das Geiger-Müller-Zählrohr als Detektor von α -, β - und γ -Strahlung wird heute in den verschiedensten Ausführungsformen industriell hergestellt. Diese Ausführungsformen sind den vielfältigen Anwendungszwecken weitgehend angepaßt. Als hauptsächlichste Typen kennt man *Kolbenzählrohre* zum Nachweis von γ -Strahlung bzw. β -Strahlung, falls die Wandstärke des Kolbens auch von β -Strahlung durchdrungen werden kann, *Endfensterzählrohre (Glockenzählrohre)* mit Glimmerfenster zum Nachweis von α - und β -Strahlung, *Flüssigkeitszählrohre (Becherzählrohre)* zur Messung von β - und γ -Aktivitäten in Flüssigkeiten, *Miniaturzählrohre* für diagnostische Zwecke in der Medizin und *Strahlenschutzzählrohre*, die in ihrer Ausführungsform sehr unterschiedlich sein können und zum Teil für spezielle Geräte gebaut werden.

Es läßt sich leider kein allgemein gültiges Schema angeben, welches Zählrohr für diesen oder jenen Zweck besonders gut geeignet ist, da die Zahl der Anwendungsmöglichkeiten viel zu groß ist und dieses Schema deshalb unvollständig bleiben muß. Wir möchten Sie aber als Kunde mit den folgenden Darstellungen über die Zählrohreigenschaften in die Lage versetzen, wenigstens annähernd den Vor- bzw. Nachteil eines Zählrohrtyps für Ihr spezielles Meßproblem abzuschätzen. Aus diesem Grunde sollen im nächsten Abschnitt die charakteristischen Eigenschaften von Zählrohren näher erläutert werden.

Bezüglich der Zusammensetzung des Zählgases von selbstlöschenden GM-Zählrohren unterscheidet man organisch gelöschte Zählrohre von solchen mit Halogenfüllung. Beide Typen haben ihre Vor- und Nachteile, wobei die Abgrenzung der Vor- und Nachteile durch den geplanten Verwendungszweck bestimmt wird. In Tabelle 1 auf Seite 4 wurde versucht, die charakteristischen Eigenschaften von organisch gelöschten Zählrohren und Halogenzählrohren gegenüberzustellen, wobei die angegebenen Werte lediglich als Richtwerte zu betrachten sind.

Figur 1



Abhängigkeit der Impulsrate von der Zählrohrspannung eines GM-Zählrohres bei konstanter Einstrahlung.

Tabelle 1	Org. Löschdampfzählrohre	Halogenzählrohre
Proportionalbereich	vorhanden	vorhanden, sehr klein
Einsatzspannung	1000 — 1500 V	300 — 600 V
Plateaulänge	250 V	250 V
Totzeit	200 μ sec	400 μ sec
Temperaturbereich	-20° C bis +40° C	-50° C bis +50° C
Temperaturkoeffizient	bis 5 V/°C	0,2 bis 0,5 V/°C
Zählrohrstrom	bis ca. 1 μ A	bis ca. 100 μ A
Lebensdauer	10 ⁸ bis 10 ⁹ Impulse	> 10 ⁹ Impulse
Lagerfähigkeit	praktisch unbegrenzt	praktisch unbegrenzt
Durchschlagsempfindlichkeit	sehr empfindlich	nicht empfindlich

2. Charakteristische Eigenschaften von Zählrohren

Die Eigenschaften eines Zählrohres werden in erster Linie durch seine Plateaeigenschaften bestimmt. Diese sind die Einsatzspannung, die Plateaulänge und die Plateasteigung (s. Fig. 1, Seite 3).

a) Einsatzspannung des GM-Bereiches:

Die Einsatzspannung des GM-Bereiches U_E^* , die exakt definiert ist als derjenige Spannungswert, oberhalb dem die Zählrohrimpulse bei niedriger Impulsrate gleiche Größe haben, hängt von den Zählrohrdimensionen, der Temperatur und der Zählgaszusammensetzung ab. In der Praxis bezeichnet man hingegen als Einsatzspannung U_E denjenigen Spannungswert, bei dem das Zählgerät bei Erhöhung der Hochspannung zu zählen beginnt. Diese „Einsatzspannung“ ist von der Eingangsempfindlichkeit des Zählgerätes abhängig.

Bei der Angabe der Eingangsempfindlichkeit des Zählgerätes ist zu bemerken, daß die Größe der gemessenen Eingangsempfindlichkeit von der Impulsform der Eichimpulse abhängig sein kann.

Die von uns angegebenen Einsatzspannungen sind ausnahmslos mit dem Strahlungsmeßgerät FH 49 bei einer Eingangsempfindlichkeit zwischen 50 und 100 mV gemessen. Die Eichimpulse zur Messung der Eingangsempfindlichkeit sind Rechteckimpulse mit 2 μ sec Dauer, 0,3 μ sec Anstiegszeit bei einer Frequenz von 10 kHz.

Um zu zeigen, wie stark der Einfluß der Eingangsempfindlichkeit auf die Einsatzspannung U_E ist, wurde in Tabelle 2 die Einsatzspannung eines FHZ 15 der Eingangsempfindlichkeit des FH 49 gegenübergestellt.

Tabelle 2	Eingangsempfindlichkeit in mV	Einsatzspannung U_E in Volt
	500	1425
	360	1340
	220	1275
	160	1245
	120	1230
	82	1220
	61	1215
	40	1205
	12	1190
	< 10	1185

Der Tabelle 2 kann man entnehmen, daß die Einsatzspannung, welche man am FH 49 mißt, je nach der eingestellten Eingangsempfindlichkeit um mehr als 200 V differieren kann.

b) Plateaulänge:

Erhöht man bei konstanter Einstrahlung die Zählrohrspannung von der Einsatzspannung an, so ändert sich die Impulsrate nach einem kurzen steilen Anstieg nur gering. Diesen Konstanzbereich der Impulsrate nennt man das Plateau. Am Ende des Plateaus geht die Zählrohrentladung in eine selbständige Entladung (Durchschlag!) über, was unbedingt vermieden werden muß, da dadurch unter Umständen die Lebensdauer des Zählrohres stark verkürzt wird.

c) **Plateausteigung:**

Als Plateausteigung definiert man die Differenz der Impulsrate pro 100 V Plateaulänge, bezogen auf die mittlere Impulsrate.

Gemäß Fig. 1 errechnet man die Plateausteigung $S = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_m} \cdot 100$ [%/100 V], falls $U_2 = U_1 + 100$ V ist.

Für das Arbeiten mit Zählrohren ist außerdem die Kenntnis folgender Eigenschaften und Größen von Bedeutung:

d) **Arbeitsspannung und Überspannung:**

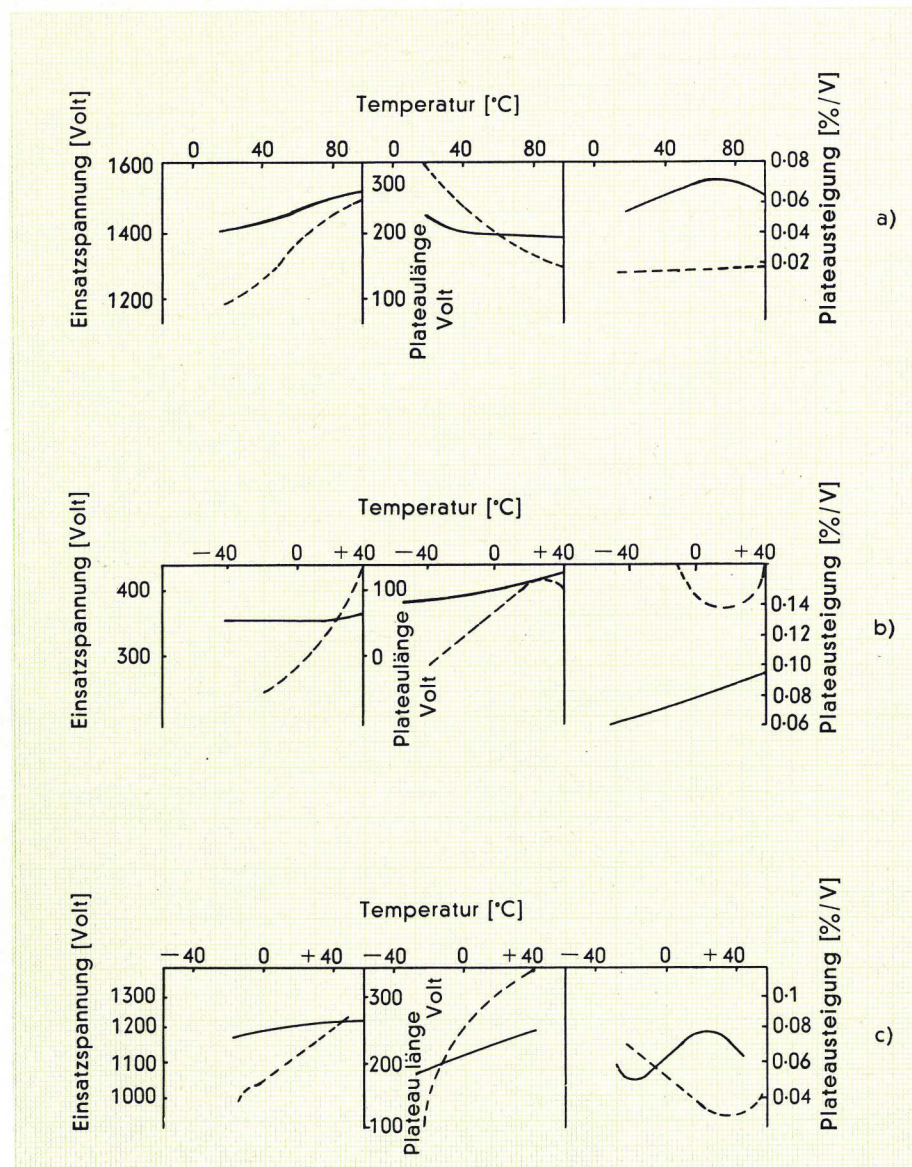
Zweckmäßigerweise wählt man diejenige Zählrohrspannung als Arbeitsspannung, die im flachsten Teil des Plateaus liegt. Bezeichnet man als Überspannung die von der Einsatzspannung an gerechnete Spannung, so ist grundsätzlich zu beachten, daß bei niedrigen Überspannungen die Lebensdauer und die Totzeit des Zählrohres am größten und bei hohen Überspannungen am kleinsten sind. Das Zählrohr wird bei kleinen Überspannungen (50 bis 100 V oberhalb der Einsatzspannung) schonend betrieben, da dort der pro Impuls verbrauchte Löschdampfanteil geringer ist als bei hohen Überspannungen (bezüglich Totzeit siehe nächsten Abschnitt).

e) **Totzeit:**

Als Totzeit eines Zählrohres bezeichnet man diejenige Zeitspanne während einer Zählrohrentladung, in der das Zählrohr ein ionisierendes Teilchen (β -Teilchen, α -Teilchen usw.) nicht registrieren kann. Die Totzeit ist über das Plateau hin nicht konstant, sondern nimmt im ersten Drittel des Plateaus ein Maximum an. Außerdem hängt die Totzeit in der Weise von der Impulsrate ab, daß sie mit zunehmender Impulsrate kleiner wird.

Die Kenntnis der Totzeit gestattet nur eine grobe Abschätzung der maximal meßbaren Zählrate und der Zählverluste (Auflösungszeit des Zählgerätes!).

Figur 2



Temperaturverhalten von GM-Zählrohren mit a) Argon-Alkohol-Füllung, b) Neon-Argon-Brom-Füllung, c) Argon-Äthylbromid-Füllung (ausgezogene Kurven: Metallkathode, gestrichelte Kurven: Kohlenstoffkathode).

f) Lebensdauer:

Als Lebensdauer bezeichnet man diejenige Impulszahl, die das Zählrohr zählen kann, bis die Plateaulänge unter 100 V abnimmt. Mit zunehmender Alterung nimmt aber nicht nur die Plateaulänge ab, sondern es steigt die Einsatzspannung an und die Plateauabsteigung wird größer. Der Nulleffekt kann ebenfalls ansteigen. Die Lebensdauer eines Zählrohres verkürzt sich, wenn zwischen Zählrohranode und -kathode größere Kapazitäten geschaltet werden (z. B. sehr lange Zählrohrkabel). Bei der Benutzung langer Zählrohrkabel sollte deshalb ein Kathodenfolger zur Anpassung direkt an das Zählrohr angeschaltet werden (Zählrohranschlußkabel KA 1804 mit Kathodenfolger FH 459).

g) Temperaturbereich und Temperaturkoeffizient:

Innerhalb eines gewissen Temperaturbereiches ändern sich die Plateauigenschaften nur unwesentlich, so daß das Zählrohr in diesem Temperaturbereich betrieben werden kann. Die Einsatzspannung nimmt mit fallender Temperatur ab. Ein Maß für diese Abnahme ist der Temperaturkoeffizient, der definiert ist als Einsatzspannungsänderung pro Grad Celsius Temperaturänderung. Die bei Temperaturschwankungen sich ergebenden Impulsratenänderungen lassen sich bei Kenntnis der Plateauabsteigung und des Temperaturkoeffizienten errechnen. Die Impulsratenänderungen können vernachlässigt werden, wenn die Plateauabsteigung kleiner als 5%/100 V beträgt.

Die Temperaturabhängigkeit von Zählrohren wird bestimmt von der Art des Kathodenmaterials und der Zählgaszusammensetzung. In Fig. 2 auf Seite 5 ist das Temperaturverhalten von drei Zählrohren dargestellt, die sich sowohl im Kathodenmaterial als auch in der Zusammensetzung des Zählgases unterscheiden. Die organisch gelöschten Zählrohre (Fig. 2a und c) unterscheiden sich lediglich im Kathodenmaterial; das Zählgas und die Abmessungen sind identisch. Man sieht, daß die Temperaturabhängigkeit eines Zählrohres mit Metallkathode geringer ist. Die geringste Temperaturabhängigkeit zeigt das Halogenzählrohr (Fig. 2b) mit Metallkathode.

h) Nulleffekt:

Der Nulleffekt ist die aus der Umgebungsstrahlung (einschl. Höhenstrahlung) resultierende Impulsrate. Der Nulleffekt soll stets vor und nach einer Messung kontrolliert werden.

Nach starker Belastung eines Zählrohres ist der Nulleffekt stets erhöht. Dieser erhöhte Nulleffekt nimmt im allgemeinen innerhalb einiger Minuten (manchmal bis zu einer Stunde) seinen normalen Wert an.

Eine Erhöhung des Nulleffektes des Zählrohres kann auch durch Lichteinwirkung vorgetäuscht werden. Deshalb sollen Zählrohre stets abgedunkelt betrieben werden.

i) Effektiver Querschnitt für Gamma-Strahlung:

In der Praxis interessiert weniger die absolute Ansprechwahrscheinlichkeit eines Zählrohres gegenüber γ -Strahlung als vielmehr die Impulsrate, die mit dem Zählrohr in einem bekannten Gamma-Strahlungsfeld gemessen wird. Ein Maß für die Ansprechwahrscheinlichkeit stellt der „effektive Querschnitt Q“ dar, der definiert ist als Verhältnis

$$\text{der Impulsrate } I \left[\frac{1}{\text{sec}} \right] \text{ zum Teilchenfluß } \Phi \left[\frac{1}{\text{sec cm}^2} \right], \text{ also}$$

$$Q = \frac{I}{\Phi}, \text{ wobei } \Phi = \frac{n \cdot A}{4 \pi R^2}$$

Es bedeuten: n = Anzahl der γ -Quanten pro Zerfall (z. B. $n = 2$ für Co^{60}),
 A = Anzahl der Zerfälle pro sec und
 R = Abstand des Strahlers vom Zählrohr in cm.

Nach dieser Gleichung läßt sich z. B. die Aktivität eines Strahlers, die im Teilchenfluß Φ implizite enthalten ist, bei Kenntnis der Impulsrate I und des effektiven Querschnittes Q berechnen. Selbstverständlich hängt die Größe des Q -Wertes von der Energie der Strahlung ab.

k) Empfindlichkeitsangabe bei Flüssigkeits- und Eintauchzählrohren:

Eine für die Praxis brauchbare Empfindlichkeitsangabe bei Flüssigkeits- und Eintauchzählrohren stellt das Verhältnis der Impulsrate zur Aktivitätskonzentration dar.

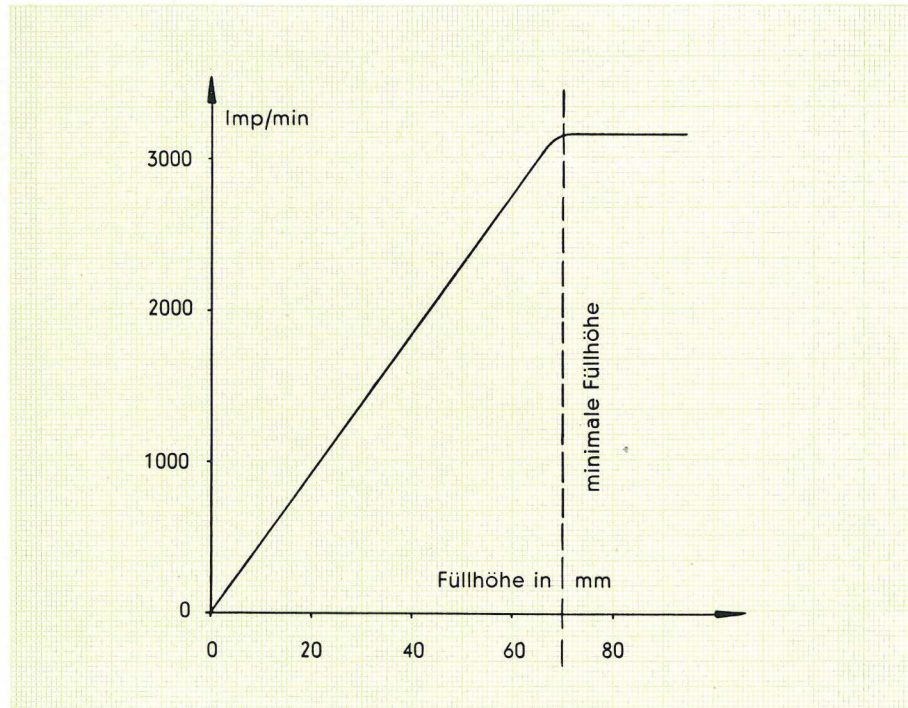
Für sehr exakte Untersuchungen muß jedes einzelne Zählrohr vor der Messung geeicht werden. Zur Eichung ist es ausreichend, die Impulsrate zu messen, die sich bei einer bekannten Konzentration des radioaktiven Isotops, welches später benutzt werden soll, ergibt. Trägt man diesen Eichwert (Impulsrate) in ein lineares Koordinatensystem in Abhängigkeit der Konzentration (z. B. nC/cm^3) ein und berücksichtigt man, daß diese Abhängigkeit linear ist (bei hohen Impulsraten müssen die Zählverluste berücksichtigt werden!), so ergibt sich eine Eichkurve für das spezielle Zählrohr.

Bei allen β -Aktivitätsmessungen ist zu beachten, daß der Becher des Flüssigkeitszählrohres mit soviel Flüssigkeit gefüllt ist, daß sich jeweils die maximale Impulsrate ergibt. Für γ -Aktivitätsmessungen muß stets bis zu einer vorher an sich willkürlichen Marke gefüllt werden.

Fig. 3 zeigt die Abhängigkeit der Impulsrate von der Füllhöhe bei konstanter Konzentration. Die Messung, die für Cs^{137} durchgeführt wurde, zeigt, daß sich ab einer bestimmten minimalen Füllhöhe die Impulsrate nicht mehr erhöht. Der Flüssigkeitsspiegel darf diese minimale Füllhöhe nicht unterschreiten.

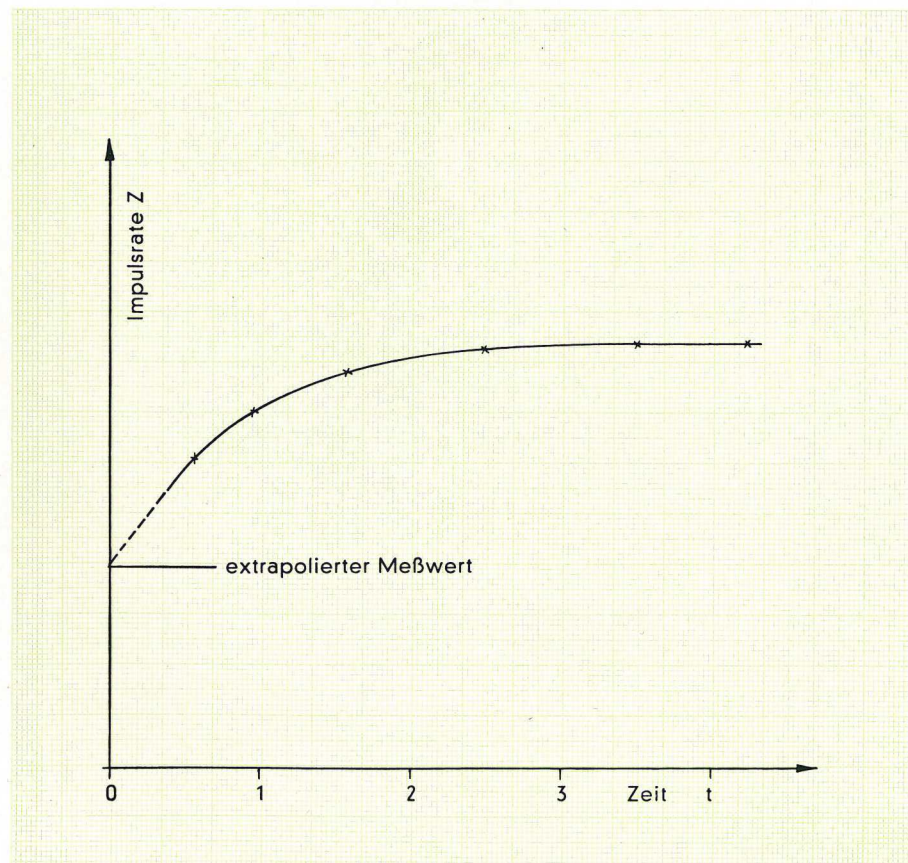
Figur 3

Impulsrate eines Flüssigkeitszählrohres als Funktion der Füllhöhe gemessen für Cs^{137} .



Figur 4

Mögliche Änderung der Impulsrate durch Adsorption und Ionenaustauscheffekte bei Flüssigkeits- und Eintauchzählrohren.



Für Eintauchzählrohre gelten analoge Überlegungen.

Bei Messungen mit Flüssigkeits- und Eintauchzählrohren sind oftmals Adsorption und Ionenaustauscheffekte zwischen den Ionen der Glaswandung und den radioaktiven Ionen der Flüssigkeit beobachtbar. Durch diesen Ionenaustausch wird das Meßergebnis verfälscht. Der Effekt täuscht eine zeitlich nicht konstante Erhöhung der Zählrate vor, wie es in Fig. 4 auf Seite 7 schematisch dargestellt ist. Dieser Darstellung kann man entnehmen, daß die Zählrate nach dem Einfüllen der radioaktiven Flüssigkeit in den Becher zunimmt, da ein Teil der radioaktiven Ionen in die Glaswand diffundieren. Die von diesen Ionen emittierten β -Teilchen und γ -Quanten erleiden eine geringere Absorption. Den richtigen Meßwert gewinnt man durch Extrapolation auf die Zeit $t = 0$.

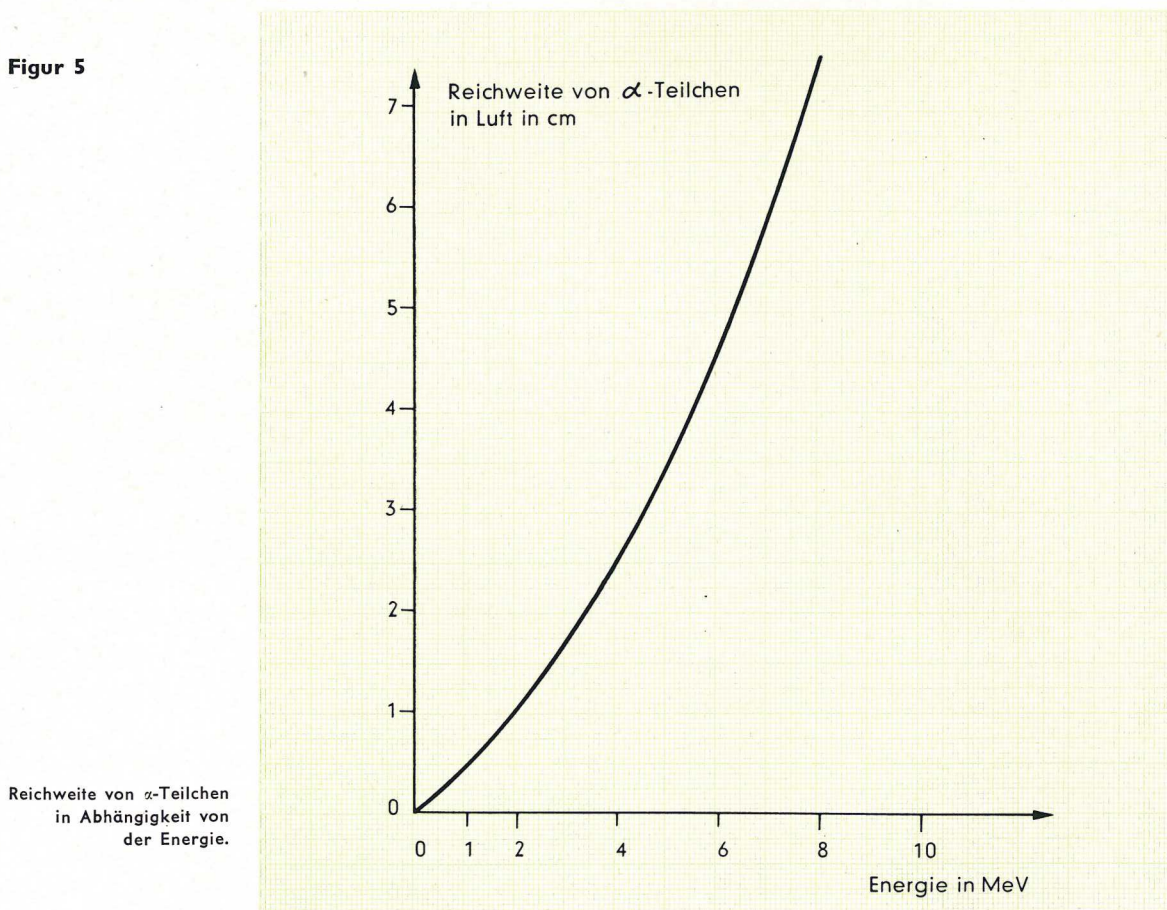
Bei der Messung des Nulleffektes bei Flüssigkeits- und Eintauchzählrohren ist zu beachten, daß der Nulleffekt stets nur mit gefülltem Becher bzw. eingetauchten Zählrohr gemessen wird, wobei nicht radioaktive Lösungsmittel benutzt werden sollen. Diese Maßnahme hat den Vorteil, den Nulleffekt zu messen, der später bei der Messung berücksichtigt werden muß.

3. Nachweis von α - und β -Teilchen

α - und β -Teilchen werden beim Durchgang durch Materie stark absorbiert. Um sie mit einem GM-Zählrohr nachzuweisen, muß man dafür Sorge tragen, daß sie in das aktive Zählvolumen eintreten können. Das geschieht durch das Anbringen eines dünnen Glimmerfensters in der Zählrohrwandung (Endfensterzählrohr).

Die folgenden graphischen Darstellungen mögen dazu dienen, die Brauchbarkeit eines derartigen Endfensterzählrohres zum Nachweis von α - und β -Teilchen abzuschätzen.

Figur 5



a) Reichweite von α -Teilchen: Über Nachweis von γ -Strahlung vergl. 2. i), S. 6.

Dargestellt ist in Fig. 5 die Reichweite von α -Teilchen in Luft (Dichte $\rho = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3$). Zur Umrechnung in „Reichweite von α -Teilchen in Glimmer“ kann in guter Näherung folgende Gleichung benutzt werden:

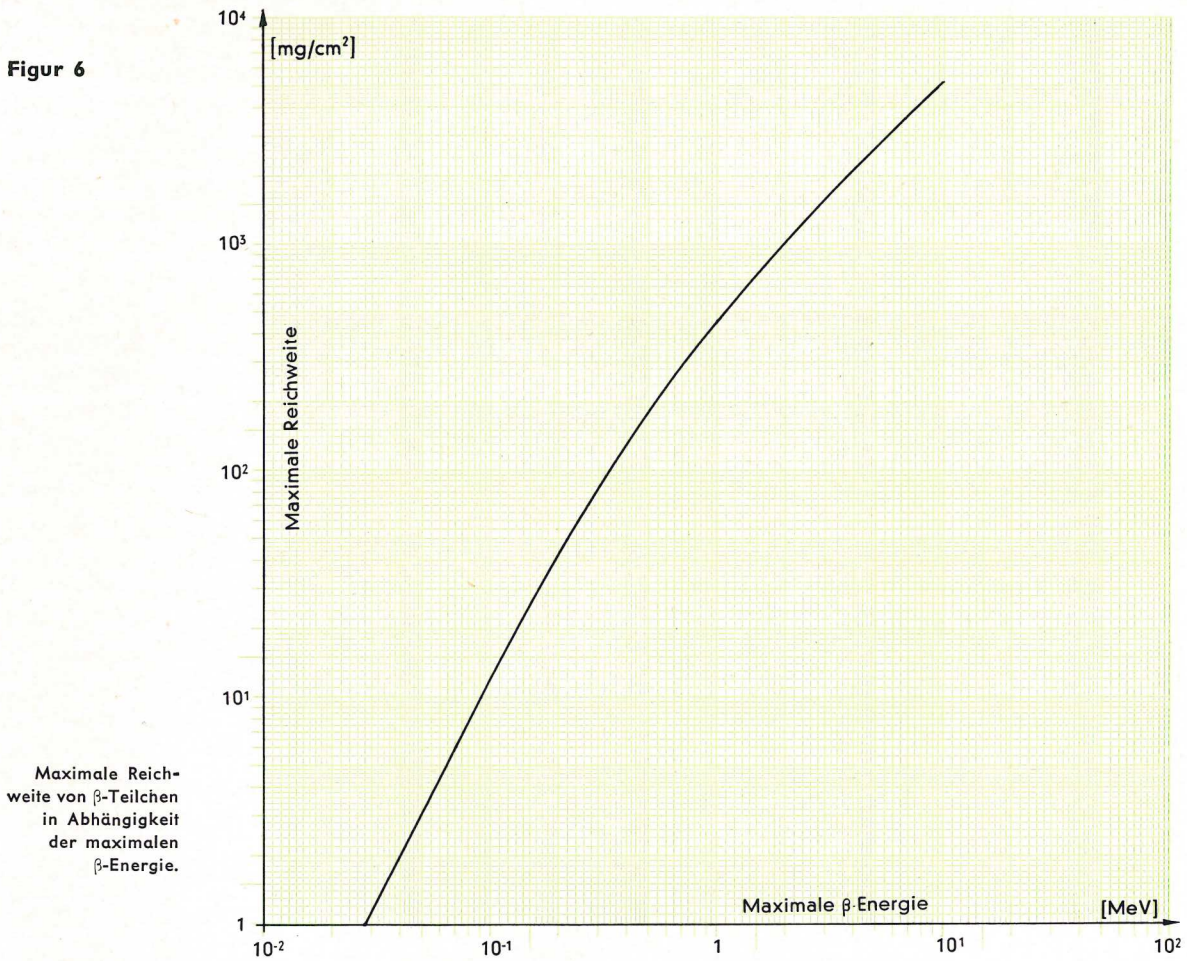
$$R_G = 1,13 \cdot 10^{-3} \cdot R_L [\text{cm}]$$

wobei R_G = Reichweite in Glimmer

und R_L = Reichweite in Luft bedeuten.

Die Dichte des Glimmers wurde zu $2,9 \text{ g/cm}^3$ angenommen.

Figur 6

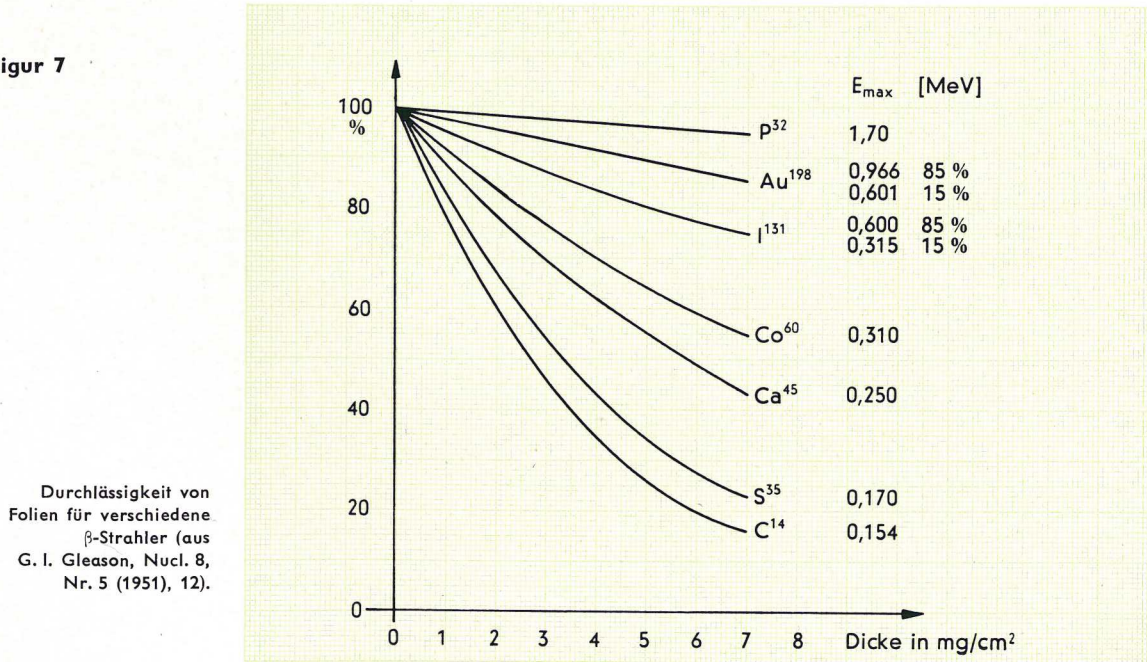


b) Reichweite von β -Teilchen und Durchlässigkeit von Folien:

Zur Orientierung der maximalen Reichweite von β -Teilchen möge Fig. 6 dienen. Fig. 6 zeigt die Abhängigkeit der maximalen Reichweite in mg/cm^2 von der maximalen Energie der β -Teilchen in MeV.

Zusätzlich gestattet Fig. 7 die Durchlässigkeit von Folien für verschiedene β -Strahler anzugeben.

Figur 7



4. Praktische Hinweise für das Arbeiten mit Zählrohren.

a) Kapazitive Belastbarkeit von Zählrohren.

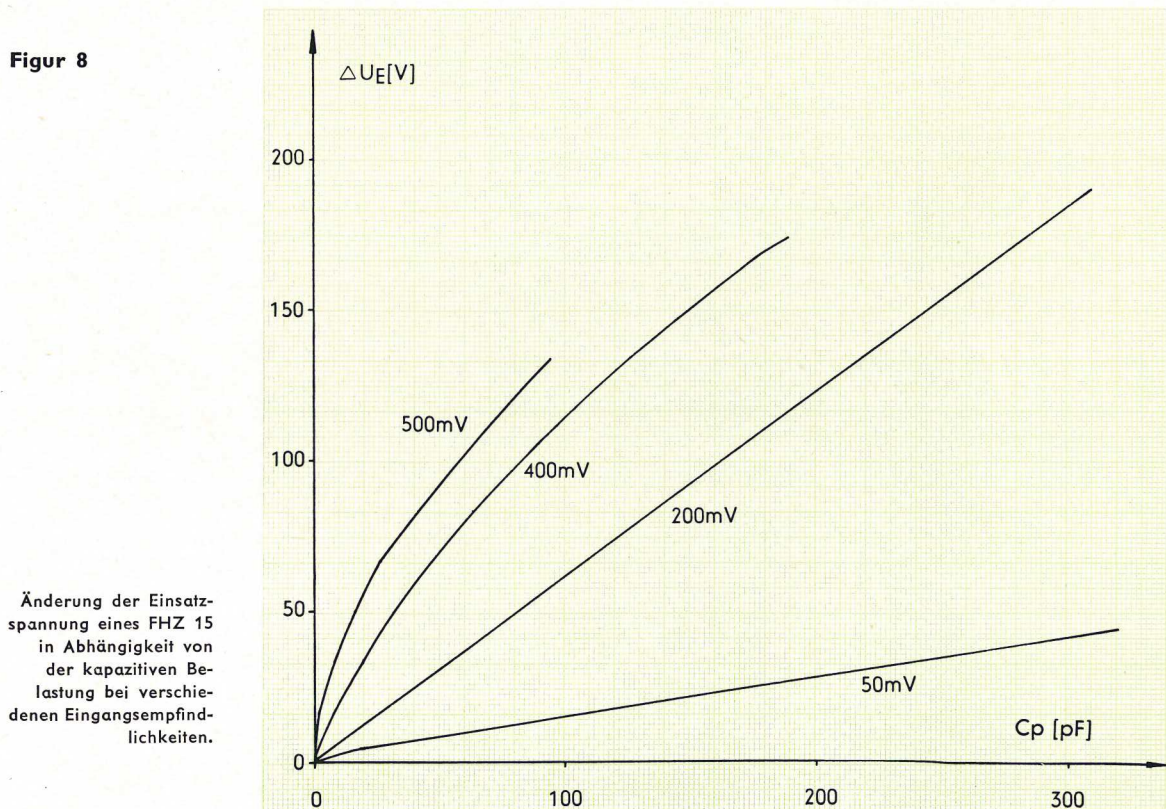
Wie bereits im Abschnitt 2 f) kurz erwähnt wurde, verkürzt sich die Lebensdauer eines Zählrohres wesentlich, wenn das Zählrohr mit Parallelkapazitäten belastet wird. Eine derartige Parallelkapazität stellt jedes Zählrohrkabel dar. Sie bewirkt neben einer Verkürzung der Lebensdauer eine Verkleinerung der Impulshöhe und eine Verlängerung des Impulses. Die Verkleinerung der Impulshöhe bedeutet bezüglich der Einsatzspannung eine Erhöhung, die dadurch kompensiert werden kann, daß die Eingangsempfindlichkeit des Zählgerätes erhöht wird. Dieser Sachverhalt kommt in Fig. 8 zum Ausdruck, wo die Änderung der Einsatzspannung eines FHZ 15 in Abhängigkeit der kapazitiven Belastung bei verschiedenen Eingangsempfindlichkeiten dargestellt ist.

Diese Überlegungen gelten auch für die Zählrohranordnungen, in denen zwei oder mehrere Zählrohre im Parallelbetrieb arbeiten, wie z. B. beim Radiopapierchromatographen FH 452. Die Einsatzspannungen der beiden parallel betriebenen Zählrohre können sich bis zu 100 V bei konstanter Eingangsempfindlichkeit erhöhen. Messungen haben ergeben, daß die kapazitive Belastung des einen Zählrohres von der Zählrate (d. h. den Ionisierungsverhältnissen) des zweiten Zählrohres abhängt. Um diese Unsicherheiten zu beheben, ist es daher empfehlenswert, beide Zählrohre an je ein Zählrohranschlußkabel KA 1804 mit Kathodenfolger zu schalten. Dieser geringfügige Mehraufwand bringt bedeutende Vorteile.

b) Betrieb von Zählrohren in säure- oder laugenhaltigen Atmosphären:

Zählrohre mit äußeren Glaskolben können in chemisch aggressiven Atmosphären betrieben werden, obwohl der Schwärzungslack unter Umständen angegriffen wird und abblättern kann. Um den Einfluß der Lichtempfindlichkeit auszuschalten, muß das Zählrohr abgedunkelt werden.

Figur 8



Inwieweit der Betrieb von Glockenzählrohren mit Glimmerfenster und von Zählrohren mit äußerer Metallkathode in säure- oder laugenhaltigen Atmosphären möglich ist, muß von Fall zu Fall entschieden werden. Die Zeit, wie lange ein Zählrohr in derartigen Atmosphären betrieben werden kann, hängt nicht allein vom Material und der Konzentration der chemisch aggressiven Atmosphäre ab. So ist z. B. der Fall denkbar, daß der Versuch bereits beendet oder die Lebensdauer des Zählrohres erreicht ist, bevor das Zählrohrmaterial so stark angegriffen wurde, daß z. B. eine Undichtigkeit auftreten kann.

c) Reinigung und Entseuchung von Zählrohren:

Als Reinigungsmittel gegen Verunreinigungen, das den Lack bzw. Metall- und Glasoberfläche nicht aufreißt, hat sich bisher am besten eine schwache „Pril-Lauge“ bewährt. Nach dem Abwaschen des Zählrohres wird mit Wasser oder Alkohol nachgespült. Es muß darauf geachtet werden, daß die Temperatur des Zählrohres nicht über +40 bis +50° C ansteigt.

Über die Entfernung von radioaktiven Verseuchungen wurde bereits früher (s. F & H-Mitteilungsblätter „Strahlungsmeßgeräte“ Nr 3, S. 18) berichtet. Als günstiges Entseuchungsmittel von Flüssigkeitszählrohren hat sich demnach ein Gemisch aus 4 Teilen 10 %iger Salpetersäure mit 1 Teil Alkohol und etwas „Pril“-Zusatz bewährt. Die Reinigungszeit kann durch das Bürsten mit „Pfeifenreinigern“ verkürzt werden.

Dieses Entseuchungsmittel kann für lackierte Zählrohre nicht mehr angewendet werden. Geeignet ist dann in den meisten Fällen die weiter oben beschriebene Pril-Lösung.

Die Reinigung und Entseuchung von dünnen Glimmerfenstern wird am zweckmäßigsten mit feinen Haarpinseln vorgenommen.

5. Fehlerquellen von defekten Zählrohren

Trotz sorgfältiger Herstellung und mehrmaliger Kontrolle der Zählrohre vor der Auslieferung zeigt ein geringer Prozentsatz der Zählrohre nach dem Transport oder kurzem Gebrauch Fehler. In der folgenden Tabelle 3 wurde versucht, die möglichen Fehler der Zählrohre, die dafür eventuell in Frage kommenden Ursachen sowie deren Behebung gegenüberzustellen. Es ist klar, daß nicht alle auftretenden möglichen Fehlerquellen angeführt werden können und daher die Tabelle keinen Anspruch auf Vollständigkeit besitzt.

Tabelle 3

Verhalten des Zählrohres	Mögliche Ursache	Behebung des Fehlers und Mitteilung an F & H
Einsatzspannung steigt bei Lagerung stark an	Undichtigkeit	Rücksendung an F & H
Zählrohr zeigt keinen Einsatz	a) grobe Undichtigkeit, Glasteile gesprungen; Folie geplatzt b) Hochspannungszuführung zum Zählrohr unterbrochen c) Zählrohrkontakte verschmutzt	Rücksendung an F & H Zählrohr aus der Zählrohrfassung nehmen und Hochspannung messen; Kabel überprüfen Zählrohrkontakte säubern
Zählrohrspannung bricht beim Einschalten der Hochspannung zusammen	a) Kurzschluß im Zählrohr b) Kurzschluß im Kabel, Zählrohrfassung, Anschlußstecker c) Feuchtigkeitsschluß, Schluß durch Verschmutzung	Rücksendung an F & H falls nicht reparierbar, Rücksendung an F & H feuchtes Teil trocknen und säubern
Einsatzspannung läßt sich nur ungenau bestimmen	a) schlechter elektrischer Kontakt b) Aufladung von Isolatorteilen im Zählrohr	s. oben Rücksendung an F & H
Zählrate bei konstanter Einstrahlung nicht konstant	a) Unsauberer Zählrohrkontakt b) Wackelkontakt im Zählrohr, Zählrohrfassung oder Zählrohrkabel	Kontakte säubern falls nicht reparierbar, Rücksendung an F & H
Nulleffekt von unbenutztem Zählrohr zu hoch	a) Zählrohr ist lichtempfindlich b) Transportschaden c) radioaktives Präparat in der Nähe; Arbeitstisch verunreinigt	Zählrohr abdunkeln Rücksendung an F & H Nulleffekt des Zählrohres an anderen Ort oder in starker Bleiabschirmung kontrollieren; gegebenenfalls Rücksendung an F & H
Einsatzspannung bei Lieferung stimmt nicht mit angegebenem Wert auf Datenblatt überein	s. Text, Abschnitt 2a und 4a	



FRIESEKE & HOEPFNER GMBH · ERLANGEN-BRUCK
TEL.: 2551-2555 · FS.: 06/29894 · TELEGRAMME: FRIESEKE ERLANGEN