

---

# Totzeitunabhängiges Messverfahren der GM-Dosisleistungs sonden Typ 70 091

Die Geiger-Müller Zählrohre in den VacuTec Dosisleistungs sonden 70 091 werden gegenüber der herkömmlichen Betriebsweise mit konstant anliegender Anodenspannung und Impulzzählung während eines vorgegebenen Zeitintervalls so betrieben, dass das Zeitintervall zwischen der Aktivierung des Zählrohres bis zum Auftreten des ersten Impulses gemessen wird. Dieses Zeitintervall ist abhängig von der Ereignisrate (Dosisleistung) und kann je nach Zählrohr im Minuten- bis in den Mikrosekundenbereich liegen. Die Genauigkeit der Zeitnahme beträgt 25ns (Zeitdigitalisierung).

Die Wahrscheinlichkeitsdichte für das Auftreten eines Zeitintervalls  $\Delta t$  zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ereignissen ist bekanntlich durch die Exponentialverteilung gegeben:  $p(\Delta t) = \dot{n} \cdot \exp(-\dot{n} \cdot \Delta t)$ , wobei  $\dot{n}$  die Ereignisrate darstellt, die über die Beziehung  $\dot{n} = \varepsilon \cdot DL$  mit der Dosisleistung  $DL$  zusammenhängt,  $\varepsilon$  ist die Dosisempfindlichkeit des Zählrohres (in cps/ $\mu$ Sv/h). Mit der Kenntnis dieses Sachverhaltes und den Eigenschaften der Exponentialverteilung kann man bereits nach der Messung einer moderaten Anzahl Impulse die aktuelle Ereignisrate  $\dot{n}$  mit schnell zunehmender Genauigkeit ermitteln. Der Genauigkeitswert des aktuellen Messergebnisses wird ebenfalls während der Messung bestimmt.

Damit gewährleistet diese Messtechnik sowohl eine genaue Bestimmung der aktuellen Dosisleistung einschließlich des Genauigkeitswertes als auch die automatische Detektion von Veränderungen der Dosisleistung, und zwar zum frühestmöglichen Zeitpunkt, der die geforderte Zuverlässigkeit gewährleistet.

Das Aktivieren des Geiger-Müller Zählrohres erfolgt durch Anheben der Anodenspannung in den Arbeitsbereich des Zählrohres, die Anstiegszeit der Spannung beträgt ca. 50 ns. Mit der Registrierung des ersten auftretenden Impulses erfolgt die Zeitmessung, und die Anodenspannung wird unter die Arbeitsspannung abgesenkt, wodurch das Geiger-Müller Zählrohr inaktiv wird, d.h. kein weiteres Ereignis registrieren kann, und hinsichtlich der Ladungsträger im Arbeitsgas und der Feldverteilung in seinen ursprünglichen Ausgangszustand relaxiert. Nach der Relaxationszeit ( $\tau_{\text{Relax}} = 2\text{ms}$ ) wird das Zählrohr durch Anheben der Anodenspannung erneut aktiviert. Dieser Zyklus wird periodisch wiederholt, bis die geforderte statistische Zählgenauigkeit erreicht ist.

Mit diesem Messprinzip liegt die sonst übliche Totzeit der Geiger-Müller Zählrohre ( $\tau \approx 10$  bis  $200\mu\text{s}$ ) voll innerhalb der Relaxationsphase und spielt für die Auswertung des Messergebnisses deshalb keinerlei Rolle. Während bei der herkömmlichen Impulzzählung die Totzeit zu einem nichtlinearen Verhalten zwischen der Dosisleistung und der Zählrate führt, was bei Ereignisraten  $\dot{n} \approx 1/\tau$  zu einer Sättigung und ggf. danach zum Abfall der Zählrate führt, liefert das hier benutzte Messverfahren prinzipiell eine lineare Ereignisrate-Dosisleistungs-Beziehung. Darüber hinaus wird der nutzbare Messbereich der Ereignisrate (und damit der Dosisleistung) um ein bis zwei Dekaden zu höheren Werten ausgedehnt (Siehe Bild1). Die obere Messbereichsgrenze kann sicher detektiert werden. Ein Absinken der Zählrate bei hoher Dosisleistung, wie im normalen Zählbetrieb, ist hier prinzipiell nicht möglich.

Die Gewährung einer angemessenen Relaxationsphase nach der Registrierung eines Impulses vermindert zwar die effektive Messzeit, die damit verbundene verminderte Anzahl registrierter Ereignisse ist aber bei  $\dot{n} < 1/\tau_{\text{Relax}}$  unerheblich. Bei höherer Rate  $\dot{n} \geq 1/\tau_{\text{Relax}}$  wird die Anzahl der pro Sekunde registrierten Impulse auf ein vorgegebenes Maß ( $1/\tau_{\text{Relax}}$ ) verringert, das sind hier 500 Impulse pro Sekunde. Man erzielt damit bereits nach wenigen Sekunden Zählgenauigkeiten im 1%-Bereich und schont das Zählrohr.



VACUtec Messtechnik GmbH  
Dornblüthstraße 14a  
D-01277 Dresden  
Germany

Tel.: +49 - (0) 351 - 3 17 24 - 0  
Fax: +49 - (0) 351 - 3 10 50 85  
E-mail: [info@vacutec-gmbh.de](mailto:info@vacutec-gmbh.de)  
[www.vacutec-gmbh.de](http://www.vacutec-gmbh.de)

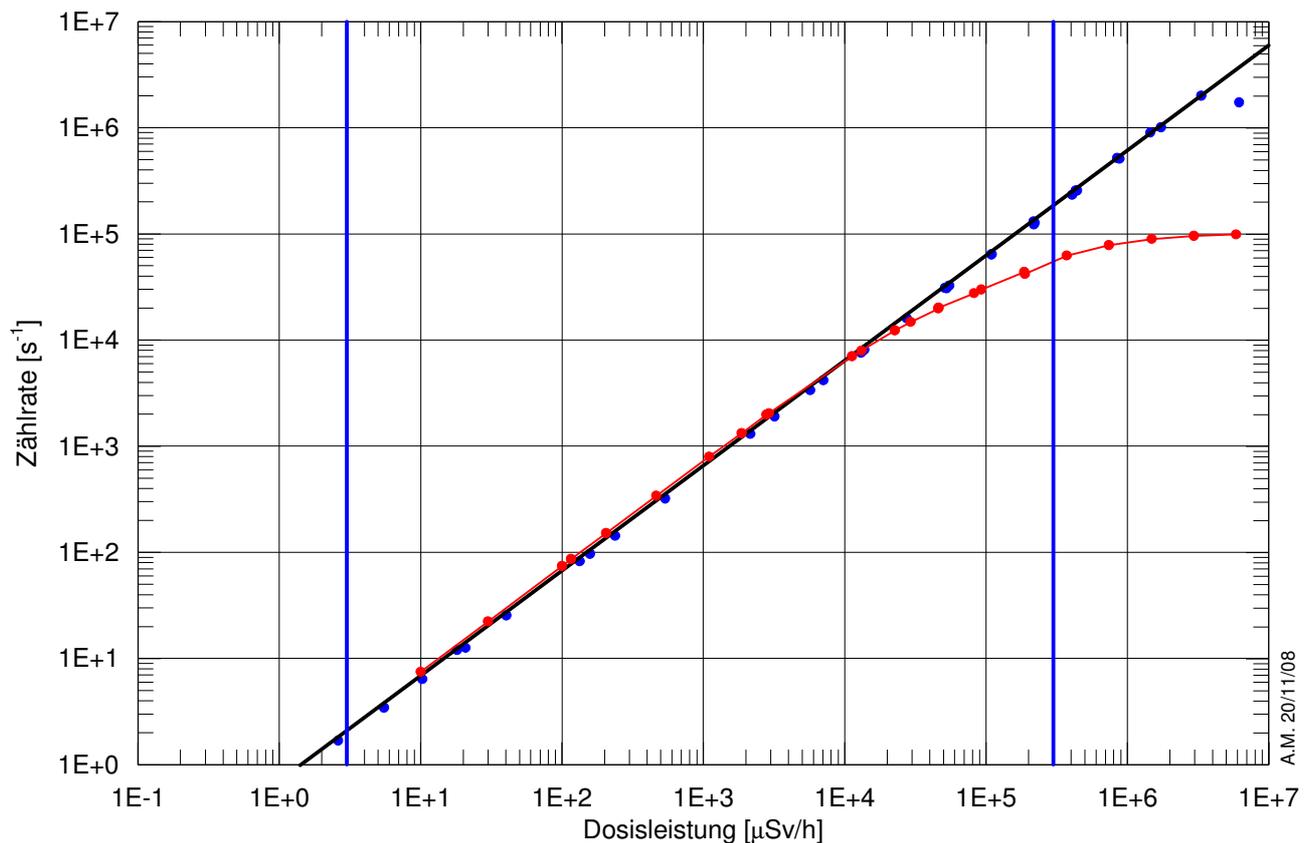


Bild1: Zählrate aus den gemessenen Impulsintervallen in Abhängigkeit von der DL für ein 70017E (blaue Punkte), herkömmliche Impulzzählung für dieses Zählrohr (rot).

Dieses Prinzip für den Betrieb von Geiger-Müller-Zählrohren wurde bereits in den 1950er Jahren beschrieben, was seinerzeit aber technisch schwieriger zu realisieren war als mit den heute verfügbaren elektronischen Bauelementen. Weitere Details kann man in den angegebenen Literaturstellen finden.

Die elektronische Beschaltung des Zählrohres ist so, dass die Impulse uniform sind, es gibt keine Überlagerung von Impulsen, kein Unterschwingen, es gibt nur eine Triggerschwelle für das Zählrohrsignal. Damit ist eine hohe Stabilität der Zähltechnik, z.B. gegen Temperatureinflüsse, gegeben.

Die Sonde besitzt bis zu vier unabhängig arbeitende Zählrohrkanäle, die auch mit Zählrohren unterschiedlicher Bauart bestückt werden können. Dadurch ist es möglich, sowohl den Messbereich, die Messgeschwindigkeit und bei Bedarf den Energiegang der Sonde zu definieren. Die Messwerte der einzelnen Kanäle werden unter Berücksichtigung ihres aktuellen Genauigkeitswertes (statistische Zählgenauigkeit) zu einem Endwert kombiniert, der mit Genauigkeitsangabe zur Verfügung steht. Es gibt deshalb keine Umschaltsschwellen zum Auswählen des Messergebnisses aus einem der einzelnen Zählkanäle. Bei Bedarf können jedoch auch die Einzelwerte der einzelnen Messkanäle ausgelesen werden.

Durch ihren modularen Aufbau lassen sich die Sonden sehr gut an die jeweilige Messaufgabe anpassen. Es sind verschiedene Gehäusevarianten aus Polycarbonat oder Aluminium verfügbar. Der Schutzgrad ist bei allen Gehäusevarianten IP65.

Die Sonden verfügen über ein integriertes Alarmsystem, welches direkt über zwei unabhängige potentialfreie Kontakte Alarm-Meldeleitungen schalten kann. Diese Schaltausgänge sind über die Sonden-Software konfigurierbar. Es gibt zwei Algorithmen, mit denen Alarmzustände erkannt werden können:

**Warnschwelle:** Beim Überschreiten einer vordefinierten Schwelle wird Alarm ausgelöst. Die Warnschwelle kann über die Sonden-Software eingestellt werden.

Peak-Finder: Bei einer signifikanten Erhöhung der Dosisleistung wird Alarm ausgelöst. Je größer die statistische Genauigkeit der Messung ist, desto kleinere Änderungen der Dosisleistung können erfasst werden (Anzahl und Größe der Zählrohre). Die Empfindlichkeit des Peak-Finders kann über die Sonden-Software eingestellt werden.

Die VacuTec Dosisleistungssonden 70 091 verfügen über eine integrierte Uhr und eine Datenlogger-Funktion im nichtflüchtigen Speicher.

T. J. Lewis, Geiger-counter operation without dead-time, Applied Scientific Research B5,305,1955

E. Fünfer, H.Neuert, Zählrohre und Szintillationszähler, Karlsruhe 1959

E.J. Dilanni, H.J. Cooley, M. Fujita, C.V. Noback, Patent US 4605859, 1986

G.F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, Wiley, 2010