

Problematik bei Messungen in gepulsten Photonen-Strahlungsfeldern

Wo kommt gepulste Strahlung vor?

- Alle Röntgenanlagen in der Human-, Zahn- und Tiermedizin erzeugen gepulste Strahlung
- Mobile Röntgenblitzgeräte in der Werkstoffprüfung
- Elektronenbeschleuniger
- Forschung, z.B. Laserplasmen

Was ist gepulste Strahlung?

- Gepulste Strahlung kann aus Einzelpulsen oder Pulsfolgen bestehen.
- Gepulste Strahlung kann elektronisch z.B. durch Generatorschaltung oder Gittersteuerung erzeugt werden
- Gepulste Strahlung kann auch mechanisch („Chopper“) aus Dauerstrich-Strahlung erzeugt werden.

Welches sind die relevanten Feldcharakteristika?

- Pulslänge, z.B. Radiographie: 1 ms bis ca. 6000 ms
- Pulsfrequenz, z.B. Kardiologie: 6 Hz bis 60 Hz
- Tastverhältnis, z.B. Angiographie: 2:1 bis 300:1
- Dosis pro Puls, z.B. 0,1 μSv bis 1000 μSv
- Mittlere Dosisleistung, gemittelt über Puls- und Pausenzeit
- Mittlere Energie und zeitliche Verlauf der Energie (Röhrenhochspannung)

Warum können elektronische Strahlenschutz-Messgeräte Probleme haben?

Aufgrund des Messprinzips (meist zählende Messungen) und der Charakteristika gepulster Strahlungsfelder (z.B. hohe Dosisleistung während des Pulses) messen elektronische Dosimeter nicht oder nur bedingt verlässlich. Zum genaueren Verständnis der hierfür verantwortlichen Effekte, wie z.B. Pile-Up-Effekt, Einfluss der verwendeten Totzeitkorrekturen, verwendete elektronische Filterungen oder Rekombinationsverluste sind detaillierte Untersuchungen notwendig. Abhängig von den Charakteristika des Strahlungsfeldes können einzelne Dosimeter u.U. korrekt funktionieren oder auch nicht. Eine Voraussage über die Eignung eines Dosimeters ohne detaillierte Untersuchungen ist daher nicht möglich. Die Charakteristika der existierenden gepulsten Strahlungsfelder sind bisher noch nicht genau bekannt.

Beispiel:

Ein Röntgenblitzgerät hat eine Pulslänge von 50 ns und eine Dosis pro Puls von ca. 3 μSv . Für eine Dosis von 150 μSv werden folglich 50 Pulse benötigt. Mit Pausenzeiten (25 Pulse/s) dauert die Gesamtdeposition der Dosis also ca. 2 s.

Eine Röntgenanlage in der diagnostischen Radiologie benötigt nur einen Puls von typischerweise 40 ms zur Deposition derselben Dosis (150 μSv).

Ein Dosimeter welches im obigen Fall verlässlich misst, kann jedoch bei Messungen im unteren Fall falsche Messwerte liefern.

Definition von kontinuierlicher und gepulster Strahlung

Kontinuierliche Strahlung für die Orts- und Personendosimetrie ist solche ionisierende Strahlung, deren Dosisleistung an einem Ort, abgesehen von den Ein- und Ausschaltvorgängen, für längere Zeiten als 10 s konstant ist.

Gepulste Strahlung für die Orts- und Personendosimetrie ist jede ionisierende Strahlung, die nicht kontinuierliche Strahlung ist.

Hintergrund:

1. *Technik der Dosimeter:* Alle Dosimeter integrieren die Dosisleistung über längere Zeiten, teilweise bei kleinen Dosisleistungen länger als 10 s, um so eine Anzeige mit kleinem Variationskoeffizienten zu erhalten. Alle Korrekturen, z.B. bezüglich der Totzeit, gehen für diese Zeitspanne von einer konstanten Dosisleistung aus. Diese Korrekturen können erheblich sein, z.B. 50 %, und dadurch bei gepulster Strahlung zu erheblichen Fehlern führen, auch wenn die Dosisleistung im Puls sogar noch innerhalb der zugelassenen Bereiche aus der Bauartprüfung bleibt.
2. *Prüfungen und Anforderungen:* Sowohl die PTB-Anforderungen als auch alle internationalen EN und IEC Normen fordern für die Dosisleistungsanzeige bzw. das Auslösen des Alarms bei sprunghaften Änderungen der Dosisleistung eine Reaktion innerhalb von 10 s. Bei sehr hohen Dosisleistungen sind nur 2 s zulässig. Weitere Anforderungen gibt es nicht.
3. *Physik:* Eine physikalische Definition basierend auf den Detektions- oder Wirkungsprinzipien erscheint hier nicht sinnvoll und ist sicher nicht für alle Bauarten in gleicher Weise möglich. Deshalb sollte eine Beschränkung auf die Orts- und Personendosimetrie ionisierender Strahlung erfolgen.