

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank

ÖVS Herbsttagung 2022

Ermittlung von Dosisleistungskonstanten verschiedener
Radionuklide und deren Abschirmfaktoren für typische
Materialien mittels Monte-Carlo-Methoden

Christoph Stettner

TU Science Center, Arsenal Objekt 221, Gebäude OA, Hörsaal O221
Franz Grill Straße 2-4, 1030 Wien

10. November 2022

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank

- ① Allgemeines zum Thema
- ② Schwächungsfaktoren
Ermittlung
- ③ Validierung
Literatur
Dosisleistungskonstanten
Messtechnik
- ④ Ergebnisse
- ⑤ Ausblick
- ⑥ Vielen Dank

Die gesetzlichen Vorgaben erfordern zumeist **theoretische Berechnungen** vor der Errichtung einer Anlage („Rechengutachten“) und im weiteren Verlauf **den messtechnischen Nachweis** der Einhaltung der Grenzwerte vor der Inbetriebnahme („Messgutachten“).

Gebräuchlich für die Dosisberechnung ist folgender Ansatz:

$$\dot{H} = \underbrace{A \cdot \Gamma}_{\text{Quellterm}} \cdot F = A \cdot \Gamma \cdot \frac{a_0^2}{a^2} \cdot e^{-\lambda \cdot t} \cdot S \cdot G$$

A ... Aktivität, Γ ... Dosisleistungskonstante, F ... Ergänzende Faktoren, S ... Schwächungsfaktoren,

G ... Geometriefaktoren

Übersicht über die Literaturwerte von Schwächungsfaktoren

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

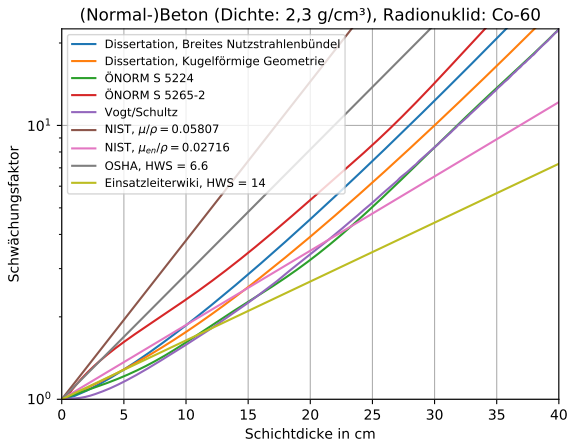
Dosisleistungs-
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank



Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Literaturangaben sind offensichtlich.

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

**Schwächungs-
faktoren**

Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank

Erforderliche Überlegungen

- Radionuklide
- Kombination aus Materialzusammensetzung und Dichte
- Messgröße (z.B. Luft-Kerma, $H^*(10)$, $H'(0.07)$)
- Geometrie (z.B. breites oder schmales Nutzstrahlenbündel oder Kugelgeometrie)
- Annahmen zu äußeren Einflüssen (z.B. Atmosphäre, Selbstabschirmung innerhalb von Strahlenquellen)
- Etwaige Vereinfachungen (z.B. in der Materialzusammensetzung einer Abschirmung oder bei den spektralen Eigenschaften der Strahlenquelle)
- Etwaige Einschränkungen, die sich aus den oben genannten Punkten ergeben

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank

Überblick über die durchgeführten Simulationen

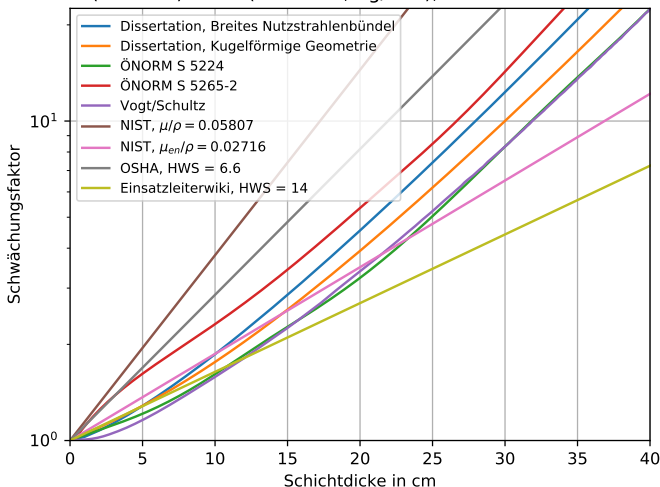
- Auswahl von etwa 450 Radionukliden
- Auswahl von 14 Material-Dichte-Kombinationen der Abschirmmaterialien
- Fokus auf zwei Geometrien, die sich bei einer Vielzahl von Anwendungen einsetzen lassen: Kugelgeometrie, Breite Nutzstrahlengeometrie

Validierung der Daten

Vor der Nutzung der gewonnenen Daten ist jedenfalls eine Validierung erforderlich. Zu diesem Zweck können folgende Ansätze gewählt werden:

- Plausibilitätsprüfung (z.B. Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Materialien)
- Vergleich mit der Literatur
- Aufteilung der Problemstellung in kleinere Teilbereiche (z.B. Dosisleistungskonstanten oder Konversionskoeffizienten) und Validierung dieser Ausschnitte
- Messtechnische Verifizierung

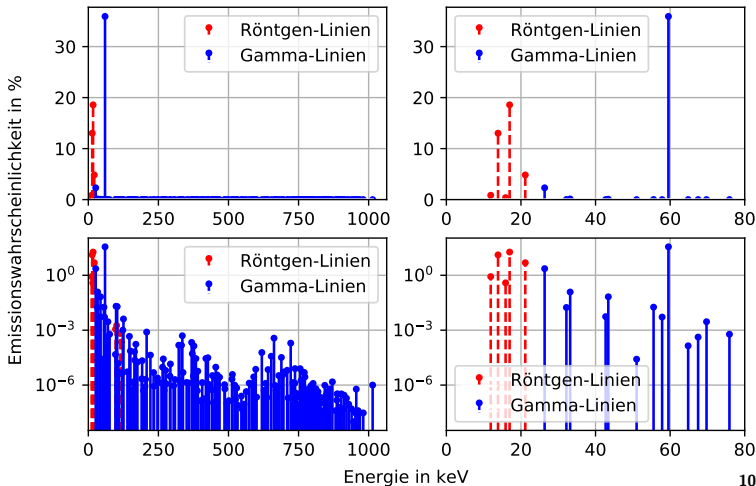
(Normal-)Beton (Dichte: 2,3 g/cm³), Radionuklid: Co-60



	ÖNORM S5224	Krieger	Vogt/Schultz	Tschurlovits	Steurer	Smith	Stettner
²⁴¹ Am	—	—	7,3	7,3	6,0	—	14,8
¹³³ Ba	—	—	89,9	87,9	—	77,7	88,8
¹⁰⁹ Cd	—	—	28,8	19,5	—	—	28,4
⁶⁰ Co	354	354	354	356	—	338	354
¹³⁷ Cs	92,7	—	92,5	92,7	—	89,0	92,6
¹⁸ F	165	165	165	166	—	149	165
¹²⁵ I	35,4	35,4	35,3	36,4	—	45,4	34,0
¹⁹² Ir	—	—	139	139	—	119	140
²¹⁰ Pb	—	—	0,69	0,63	—	—	3,58
²⁰¹ Tl	17,5	10,0	17,5	17,6	—	11,6	21,6

Alle Dosisleistungskonstanten Γ sind angegeben für die Umgebungsäquivalentdosisleistung $\dot{H}^*(10)$ in $\frac{\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2}{\text{h}\cdot\text{GBq}}$.

Exemplarisches Energie-Spektrum von Am-241 (lineare und logarithmische Darstellung):



Validierung der Schwächungsfaktoren - Messtechnischer Ansatz

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank

Anforderungen für die messtechnische Validierung

- **Messsystem** (bestehend aus einem kommerziellen Detektorvolumen, einer selbst entwickelter Elektronik und eigens programmiertem Auswertealgorithmus)
 - Linearer Zusammenhang zwischen Dosisleistung und Signal
 - Ansprechvermögen entsprechend der Messgröße
 - Geringe Querempfindlichkeit gegenüber äußeren Einflüssen
 - Ein einzelnes aktives Volumen im Detektor
- **Abschirmungen**
 - gut herstellbar (homogenes Volumen, definierte Abmessungen)
 - gut handhabbare Schichtdicke
 - signifikanter Einfluss auf die auftreffende Strahlung

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank



Gießen von Betonblöcken für die Herstellung von schichtförmigen Abschirmungen.

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

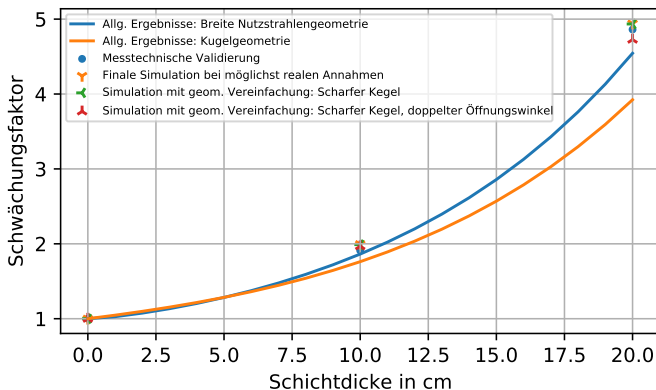
Ausblick

Vielen Dank

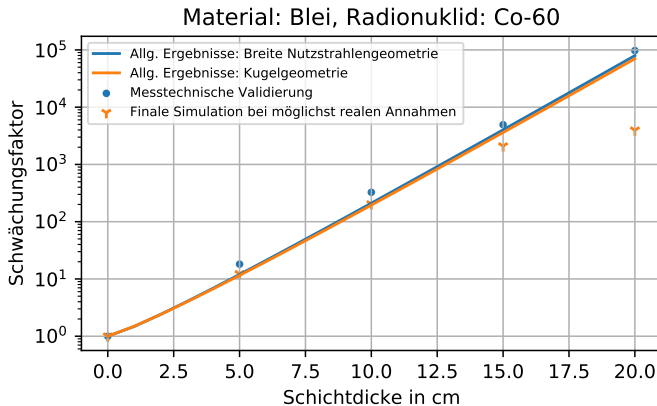


Exemplarischer Messaufbau für die Untersuchung der Schwächungswirkung von Betonblöcken.

Material: Beton, Radionuklid: Co-60

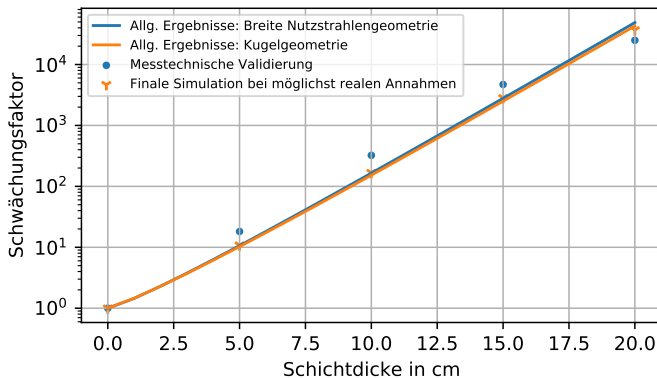


Vergleich der messtechnischen Validierung mit den simulierten Ergebnissen für die Messgeometrie. Zudem: Gegenüberstellung zu allgemein gültigen Schwächungsfaktoren für Beton.



Vergleich der messtechnischen Validierung mit den simulierten Ergebnissen für die Messgeometrie. Zudem: Gegenüberstellung zu allgemein gültigen Schwächungsfaktoren für Blei.

Material: Werkblei, Radionuklid: Co-60



Vergleich der messtechnischen Validierung mit den simulierten Ergebnissen für die Messgeometrie. Zudem: Gegenüberstellung zu allgemein gültigen Schwächungsfaktoren für Werkblei.

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank

Ergebnisse Dosisleistungskonstanten

- Die Literaturrecherche zeigte signifikante Unterschiede in den aktuell verfügbaren Daten (besonders für Blei und niederenergetische Radionuklide wie Am-241)
- Der Vergleich zwischen einer analytischen Ermittlung von Dosisleistungskonstanten und einer Ermittlung mittels Monte-Carlo-Methoden zeigte eine gute Übereinstimmung
- Die Untersuchung der mittels Monte-Carlo-Methoden ermittelten Dosisleistungskonstanten ermöglicht die Validierung der spektralen Eigenschaften der Strahlenquelle sowie die Validierung der hinterlegten Konversionkoeffizienten für die jeweilige Messgröße

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank

Ergebnisse Schwächungsfaktoren

- Die Ermittlung der Schwächungsfaktoren lässt sich nach einigen Adaptierungen für eine Vielzahl an Radionukliden und Materialien anwenden und kann bei Bedarf künftig erweitert werden
- Die messtechnische Validierung zeigt systematische Fehler auf und berücksichtigt neben der Elementzusammensetzung und Dichte der Abschirmung auch die Geometrie sowie den Einfluss des Detektors
- Gemeinsam mit den validierten Ergebnissen der Dosisleistungskonstanten ergibt sich ein umfassender Datensatz, der für künftige Berechnungen von Abschirmungen eingesetzt werden kann

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank

Ausblick für den praktischen Strahlenschutz

- Einsatz der Erkenntnisse bei der Planung von Strahlenanwendungsräumen und Anlagen
- Optimierung der Finanzierbarkeit und Machbarkeit bei Projekten im Strahlenschutz durch effiziente Abschirmungen
- Umweltschonend im Umgang mit Ressourcen beim Bau von Strahlenanwendungsräumen
- Nachhaltig im Hinblick auf die späteren Rückbauten

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank



Herzlichen
Dank