

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

# Inhaltsverzeichnis

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

# Motivation

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-  
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-  
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

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,  $\Gamma$  ... Dosisleistungskonstante,  $F$  ... Ergänzende Faktoren,  $S$  ... Schwächungsfaktoren,  
 $G$  ... Geometriefaktoren

# Übersicht über die Literaturwerte von Schwächungsfaktoren

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-  
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

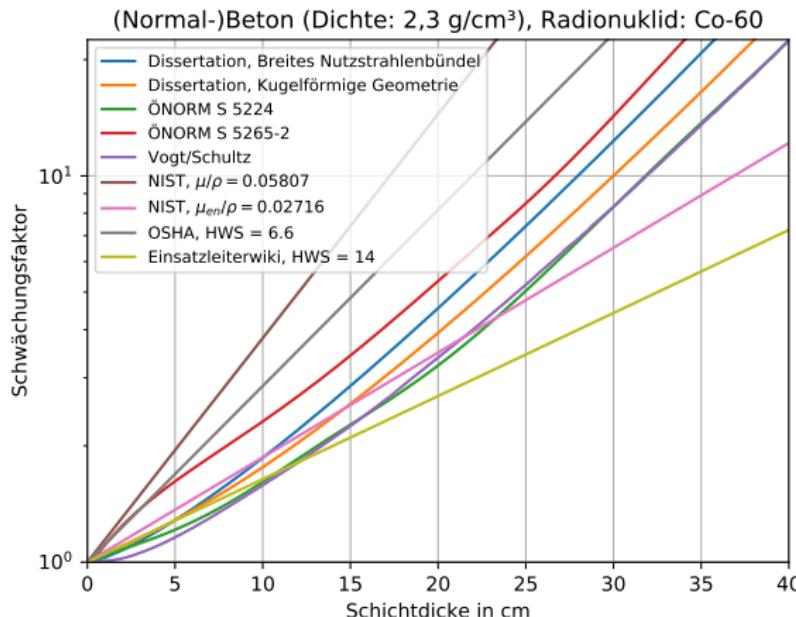
Dosisleistungs-  
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank



Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Literaturangaben sind offensichtlich.

# Ermittlung von Schwächungsfaktoren

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

# Ermittlung mittels Monte-Carlo-Simulationen

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

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-  
faktoren  
Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-  
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank

## 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

# Validierung der Schwächungsfaktoren - Literatur

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-  
faktoren  
Ermittlung

Validierung

Literatur

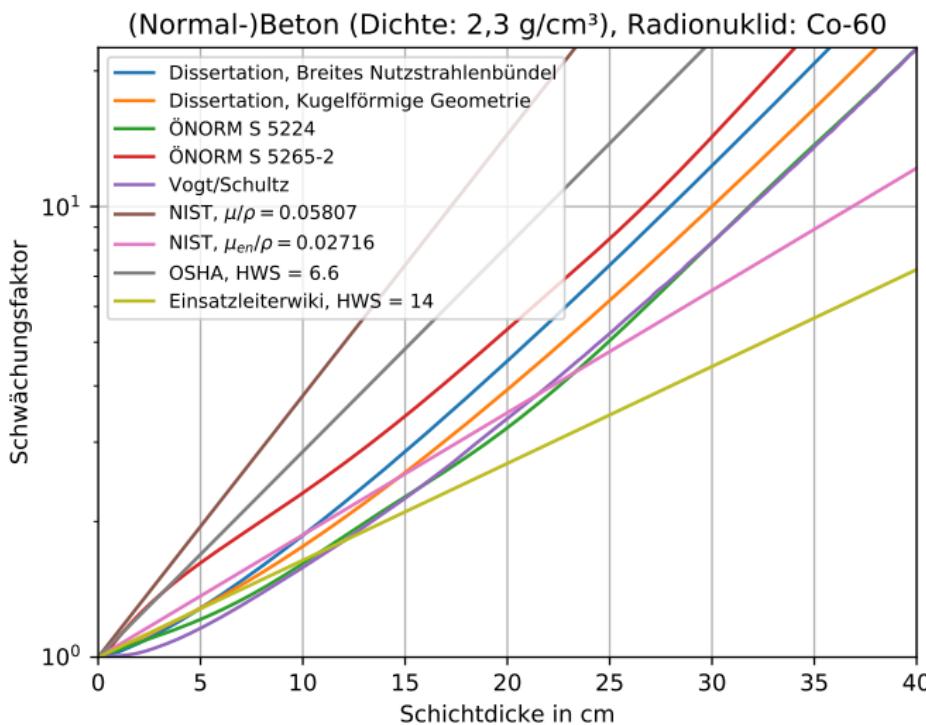
Dosisleistungs-  
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank



# Validierung - Dosisleistungskonstanten

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-  
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-  
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank

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

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

# Validierung - Dosisleistungskonstanten

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-faktoren  
Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-konstanten

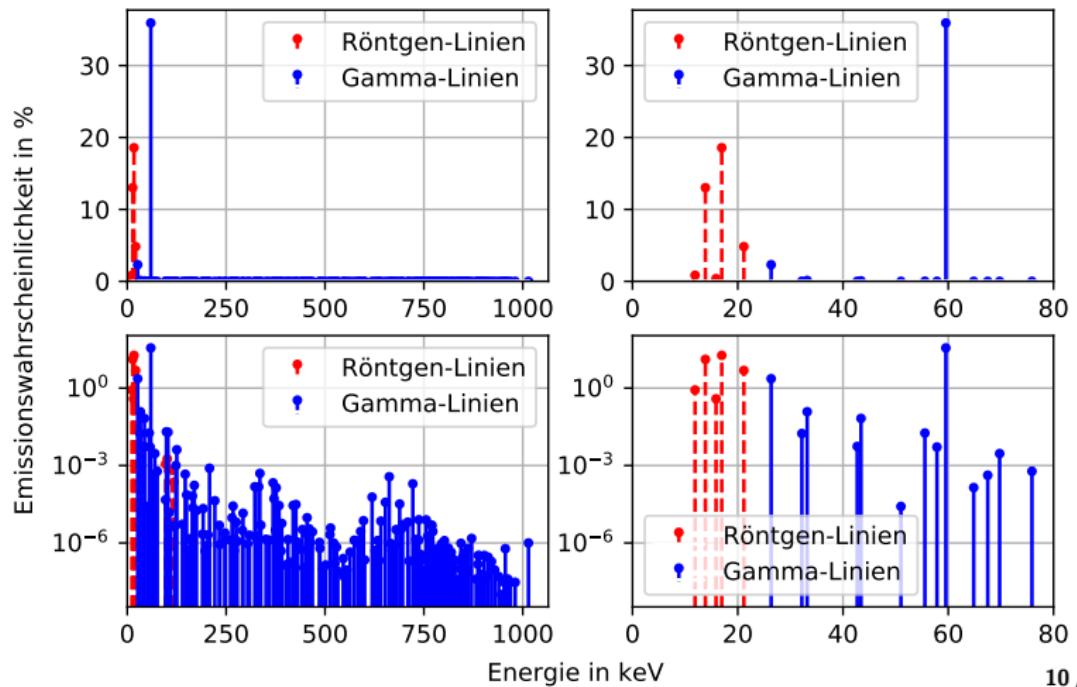
Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank

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

# Validierung - Messtechnischer Ansatz - Beton

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.

# Validierung - Messtechnischer Ansatz - Beton

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.

# Validierung - Messtechnischer Ansatz - Beton

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-  
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

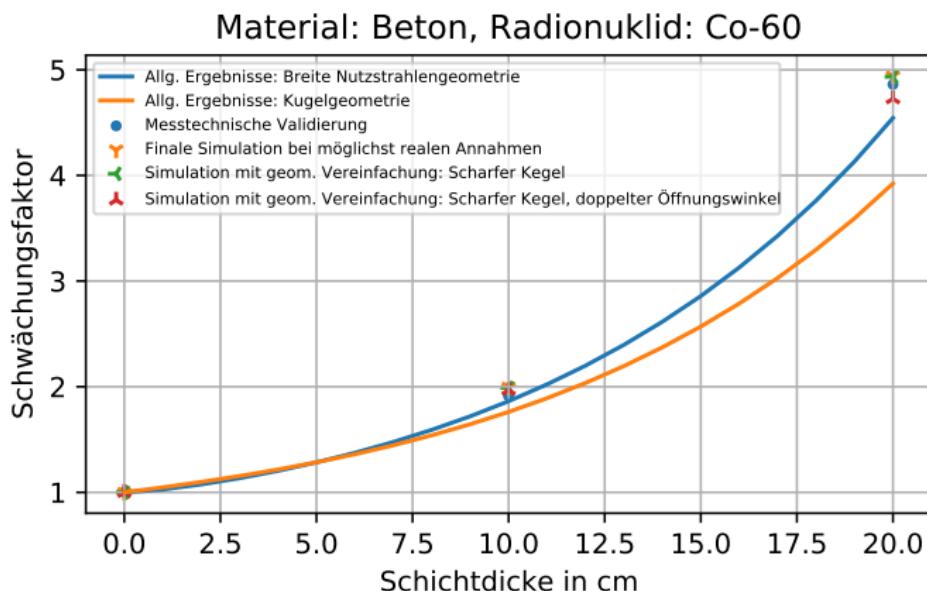
Dosisleistungs-  
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank



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

# Validierung - Messtechnischer Ansatz - Blei

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-  
faktoren  
Ermittlung

Validierung

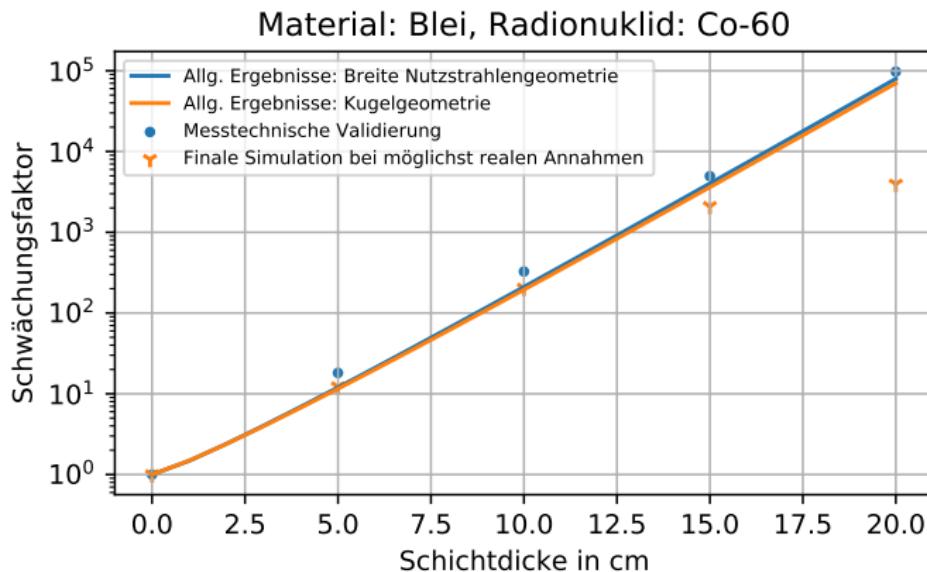
Literatur  
Dosisleistungs-  
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank



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

# Validierung - Messtechnischer Ansatz - Werkblei

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-  
faktoren  
Ermittlung

Validierung

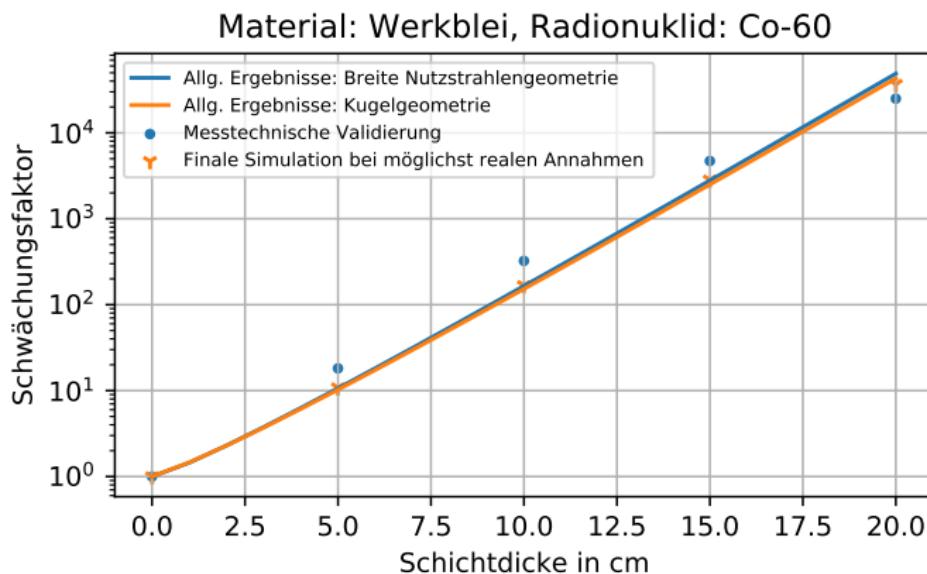
Literatur  
Dosisleistungs-  
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank



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

# Ergebnisse

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

# Ergebnisse

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

# Ausblick

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

# Vielen Dank für die große Unterstützung!!

ÖVS-Tagung

Ch. Stettner

Strahlenschutz

Schwächungs-  
faktoren

Ermittlung

Validierung

Literatur

Dosisleistungs-  
konstanten

Messtechnik

Ergebnisse

Ausblick

Vielen Dank

Herzlichen  
Dank