Simulation radiologischer Eigenschaften von Gebinden für die Endlagerung radioaktiver Abfallstoffe

Hochschule Zittau/Görlitz
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
HINNEBURG GmbH
A BUREAU VERITAS COMPANY

Zielstellung

- Simulation & vergleichende Beurteilung der Ergebnisse zweier Simulations-umgebungen (Fluka & MicroShield)
- Modellierung verschiedener Szenarien hinsichtlich Behältertyp, Aufbau der Behälterabschirmung und radiologischem/stofflichem Inventar
- Machbarkeitsuntersuchung zur Optimierung der Behälterbeladung anhand von Simulationen mit Fluka

Einleitung und Motivation

Optimierung der Beladungsplanung für radiologische Abfälle aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen

Auslastung von Störfall-Summenwert[1] & Behälterkapazität ⟷ **Einhaltung von Grenzwerten gemäß Endlagerungsbedingungen[2]**

Inventarmasse/ -volumen & radiologische Aktivität ⟷ **zulässige externe Ortsdosisleistung & Gebindegesamtmasse**

1: Störfall-Summenwert: zulässige Gesamtsumme aller anteiligen Aktivitäten der Radionuklide im Abfallgebinde$_2$

2: Quelle: Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 2014); Peter Brennecke; Bundesamt für Strahlenschutz

Simulationszielgröße – Ortsdosisleistung

Ortsdosisleistung = Maß der Intensität ionisierender Strahlung an einem Ort

- Definition durch ICRU 116[3] als: *H*(10)-Umgebungsäquivalentdosis* [mSv]
- zulässige Werte der Ortsdosisleistung [mSv h^{-1}] für Abfallgebinde in Tabelle 1

Abstand von der Gebindeaußenwand	0,1 m (Kontakt)	1,0 m (zylindrische Gebinde)	2,0 m (kubische Gebinde)
maximal zulässige Ortsdosisleistung	2,0 mSv h^{-1}	0,1 mSv h^{-1}	0,1 mSv h^{-1}

Tab. 1: zulässige Höchstwerte der Ortsdosisleistung gemäß Endlagerungsbedingungen[2]

3: ICRU 116: Veröffentlichung 116 der "International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU)"

Simulationsumgebungen – MicroShield & Fluka

Gegenüberstellung der Ergebnisse zweier Simulationsumgebungen die auf grundsätzlich unterschiedlichen Funktionsweisen basieren

Grovesoftware RADIATIONSOFTWARE.COM	FLUKA
- Point-Kernel-Simulation	- Monte-Carlo-Simulation
- makroskopischer Ansatz	- mikroskopischer Ansatz der Bilanzierung (auf Ebene des Wirkungsquerschnitts[4])
- empirische Näherung	- präzise physikalische Modelle
- geringere Modellkomplexität	- hohe Modellkomplexität
- kurze Simulationslaufzeiten	- lange Simulationslaufzeiten (bis 10 Tage)

4: Der Wirkungsquerschnitt, ist ein Maß für die Wahrscheinlichkeit einer Wechselwirkung zwischen einfallender Teilchen- oder Wellenstrahlung mit einem anderen Teilchen (Streukörper).

betrachtete Abfallbehälter

- verschiedene Varianten hinsichtlich Stärke & Aufbau der Abschirmung
- Abfallgebinde = Einheit aus Behälter & konditioniertem, radioaktivem Abfall

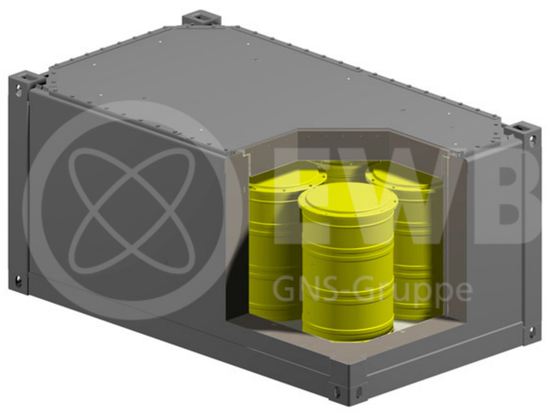


Abb. 1: Konrad Container Typ 4 "KCIV"

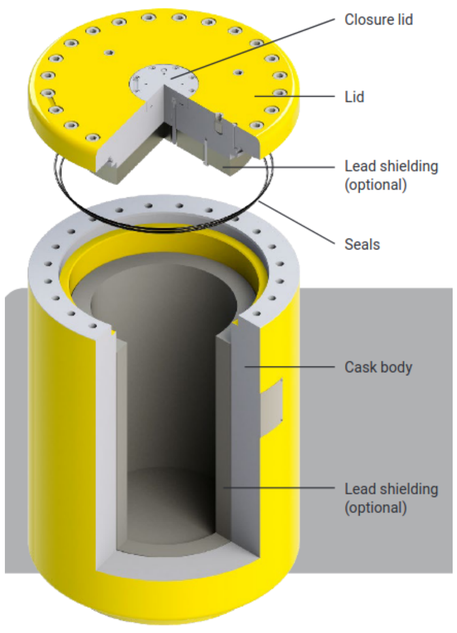


Abb. 2: MOSAIK Behälter

ausgewählte Simulationsergebnisse

räumliche Dosisleistungsverteilung

räumliche Verteilung der H*(10)-Umgebungsäquivalentdosisleistung innerhalb & außerhalb des Containers Typ 4, mit 200mm Leichtbetonwand (1,5g/cm^3)

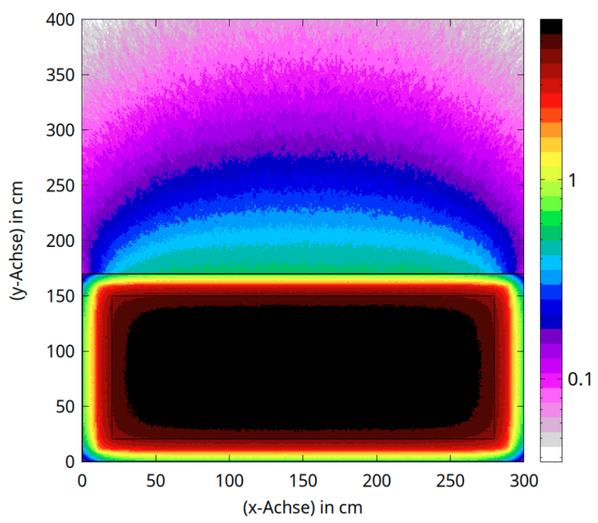


Abb. 3: Konturdiagramm der log$_{10}$(H*(10)-Dosisleistung) für KCIV BT200 LB (Schnittebene bei z=65cm)

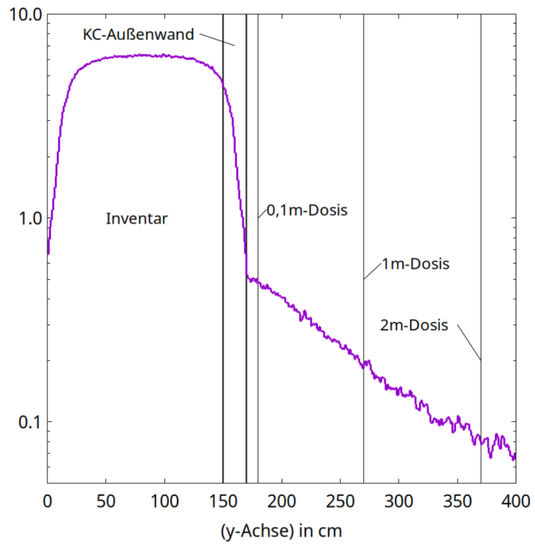


Abb. 4: y-Achsenprojektion der log$_{10}$(H*(10)-Dosisleistung) für KCIV BT200 LB (Schnittgerade bei z=65cm, x=150cm)

Variation der Inventardichte der Abfallmatrix

H*(10)-Umgebungsäquivalentdosisleistung innerhalb & außerhalb des Konrad Containers Typ 4 mit 200mm Leichtbetonwand & Inventardichte: 1 bis 5g/cm^3

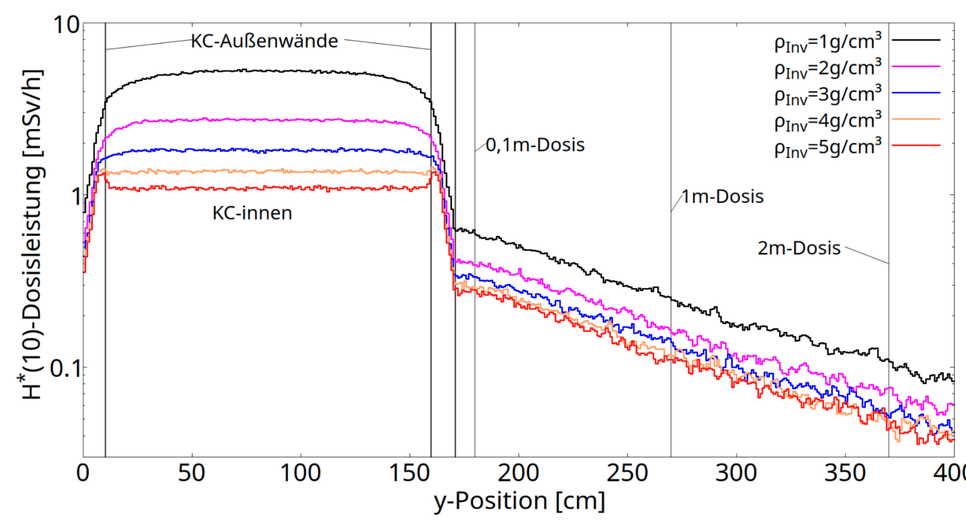


Abb. 5: y-Achsenprojektion der log$_{10}$(H*(10)-Dosisleistung) für KCIV BT200 LB (Schnittebene bei z=65cm, x=150cm), Variation der Inventardichte ρ_{Inv}

Dosisleistungsverteilung mit Aktivitätshotspots

Superposition aus homogen verteilter radiologischer Aktivität (A_{hom}) & kugel-förmigem Aktivitätshotspot ($A_{hotspot}$) nahe der Außenwand des KCIV BT100 LB

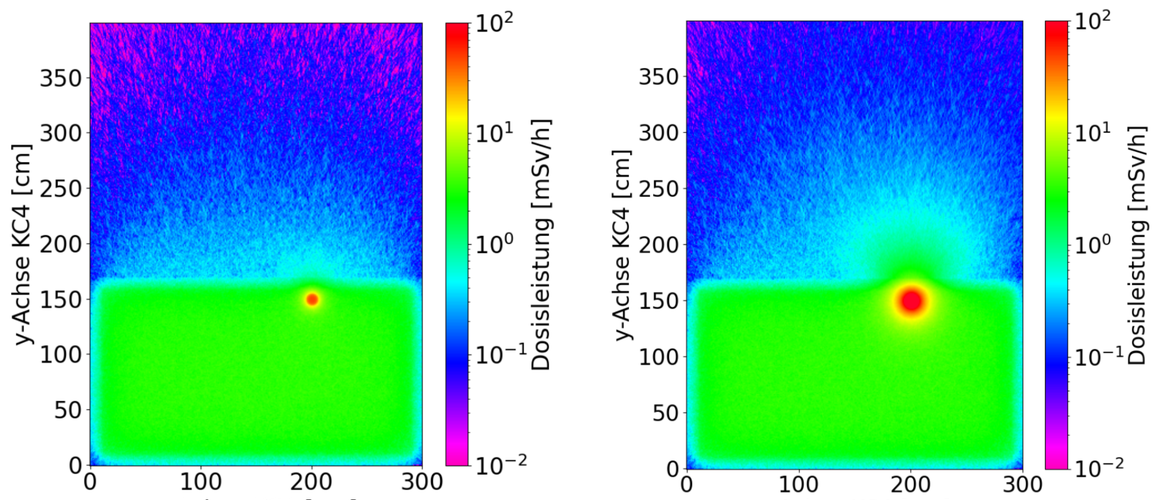
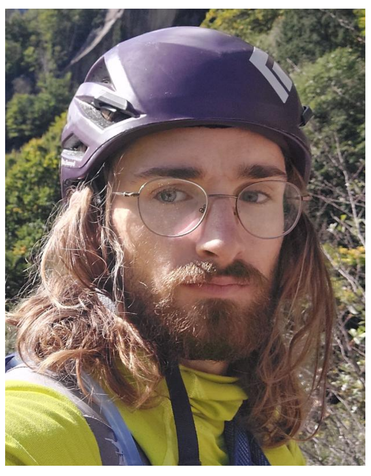


Abb. 6: Konturdiagramme der log$_{10}$(H*(10)-Dosisleistung), Variation der Hotspot-Aktivität links: A_{hom}= 10^{10}Bq & $A_{hotspot}$= 10^{12}Bq, rechts: A_{hom}= 10^{10}Bq & $A_{hotspot}$= 10^{13}Bq



M. Eng. **Bodo Mauksch**

Studiengang: Energie- und Umwelttechnik
Vertiefung: Umwelt- und Strahlenschutz

Betreuer/Gutachter:

Prof. Dr. rer. nat. **Thomas Schönmuth**
Fakultät Maschinenwesen

Dr.-Ing. **Steffen Wildgrube**
Hinneburg GmbH

Fakultät Maschinenwesen