



MIRION
TECHNOLOGIES

Abfalldeklaration und die DIN ISO11929



AGENDA

- Einleitung
- Die DIN ISO 11929 in der Abfalldeklaration
- Advanced Sectorial Gamma Scanner (ASGS)
- Zusammenfassung und Ausblick

01

Einleitung

Einleitung

- Fachgerechte Entsorgung von Abfällen muss entsprechend gesetzlicher Vorgaben erfolgen
- Vorgaben werden von den Behörden überwacht und gegebenenfalls angepasst
- Verfahren sind zu validieren und an die Vorgaben anzupassen
- Prozess muss umfangreich dokumentiert werden



Die DIN ISO 11929 in der Abfalldeklaration

- Die Quantifizierung der Unsicherheit, die einem Messergebnis zuzuordnen ist, stellt eine Grundlage dar für das Vertrauen, das ein Individuum in das Messergebnis setzen kann. Konformität mit gesetzlichen Grenzen, Richtwerten oder Referenzwerten kann nur durch Berücksichtigung und Quantifizierung aller Quellen der Unsicherheit gezeigt werden. Charakteristische Grenzen sind schließlich eine Grundlage für Entscheidungen unter Unsicherheit.”
- Was bedeutet das für den Anwender?
 - Jedes Messergebnis ist mit einer Unsicherheit zu belegen
 - Quellen der Unsicherheiten sind zu quantifizieren
- Welche charakteristische Grenzen gibt es?
 - Die „Erkennungsgrenze“ erlaubt eine Entscheidung darüber, ob der durch die Messgröße quantifizierte physikalische Effekt vorliegt
 - Die „Nachweisgrenze“ gibt an, welcher kleinste wahre Wert der Messgröße mit einem anzuwendenden Messverfahren noch nachgewiesen werden kann. Sie erlaubt damit eine Entscheidung darüber, ob das Messverfahren gestellten Anforderungen genügt und damit für den vorgesehenen Messzweck geeignet ist
 - Die „Grenzen des Überdeckungsintervalls“ schließen im Fall, dass das Vorliegen des physikalischen Effektes erkannt wird, ein Überdeckungsintervall ein, das mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit den wahren Wert der Messgröße enthält.
- Die **obere Grenze des Überdeckungsintervalls** ist ausschlaggebend für die Deklaration

Die DIN ISO 11929 in der Abfalldeklaration

Bei der Auswertung von Daten sprechen wir von Wahrscheinlichkeiten und Erwartungswerten. Diese hängen von Unsicherheiten ab.

Es existieren zwei Arten von Unsicherheiten:

- Typ A Unsicherheit:
 - Standardunsicherheit durch zählende Messung oder mehrfach wiederholte Messung
- Typ B Unsicherheit:
 - Unsicherheit auf Basis von Quellen wie vorher gemessene Daten, Erfahrungswerte (Können nur durch die Bayes Statistik abgebildet werden)

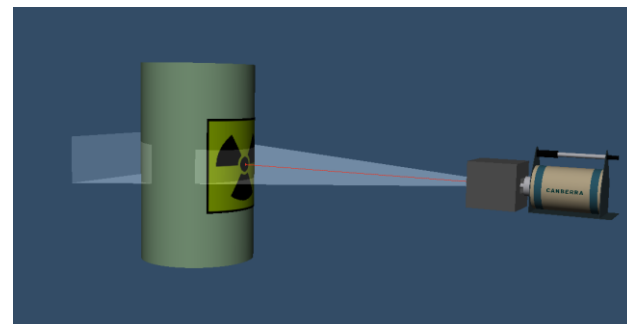
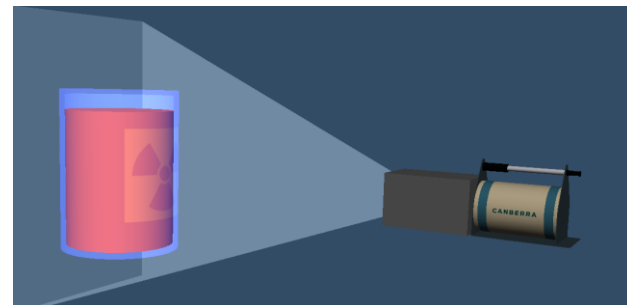
Aufbau einer Messung:

- Messung:
- $Y = (X_1 - X_2) \cdot W = G(X_1, X_2)$

Parameter	Typ	Beschreibung	Unsicherheit
X_1	Zählrate aus der Probe	Ereignisse im Detektor, die aus der zu messenden Probe stammen	Typ A
X_2	Untegroundzähl rate	Ereignisse im Detektor, die aus dem Untergrund stammen	Typ A
W	Kalibrierfaktor	Alle notwendigen Parameter, die die Umgebungsbedingungen beschreiben	Typ B – erfordert Annahmen, die in das Modell eingebunden werden

Die DIN ISO 11929 in der Abfalldeklaration

- Aktivitätsmessungen an Fässern erfolgen von außen
- Interpretation der Messergebnisse erfordert möglichst konkrete Angaben über Inhalt
 - Material
 - Aktivitätsverteilung
- Sind die Parameter nicht bekannt, muss eine entsprechende Unsicherheit mit berücksichtigt werden
- Annahme: Worst case Szenario



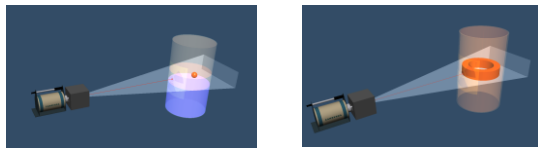
Die DIN ISO 11929 in der Abfalldeklaration

Annahme:

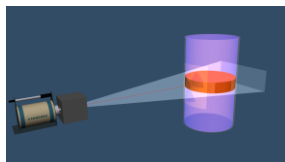
- Ereignisse in Peak für Co-60 und Cs-137 gegeben

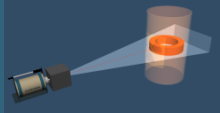
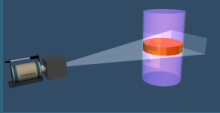
Auswertemodell:

- rotierende Punktquelle -> Ring



- homogene Scheibe



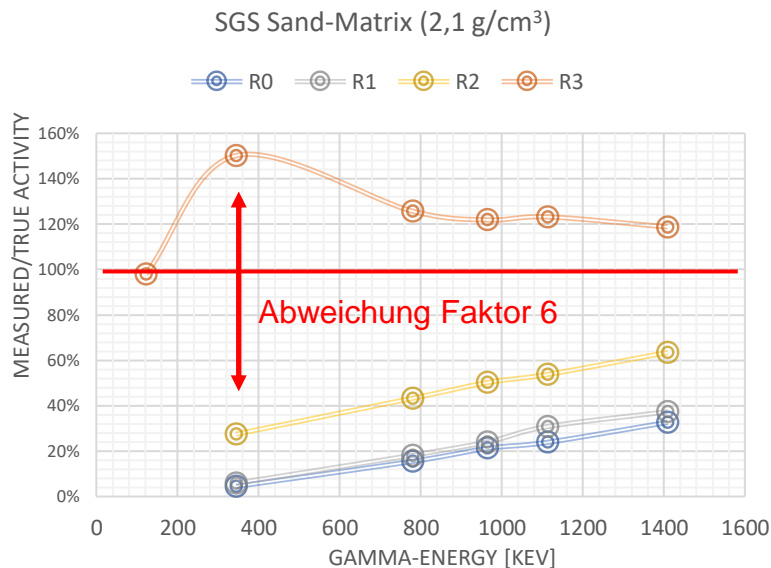
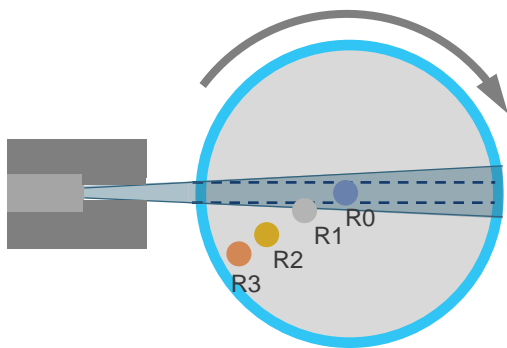
Dichte der Fassmatrix					Abweichung Cs-137 [%]	Abweichung Co-60 [%]
	Cs-137	Co-60	Cs-137	Co-60		
2 g/cm ³	17 MBq	19 MBq	25 MBq	25 MBq	47	32
1,5 g/cm ³	14 MBq	15 MBq	19 MBq	20 MBq	36	33
1 g/cm ³	11 MBq	13 MBq	13 MBq	15 MBq	18	15
0,5 g/cm ³	8 MBq	9 MBq	8,8 MBq	10 MBq	10	11

$$A = R_n / (p \cdot E)$$

Zählrate im Peak
 ↙ ↘
 Auswertemodell
 ↗ ↘
 Zerfallswahrscheinlichkeit

Die DIN ISO 11929 in der Abfalldeklaration

- Je näher die Quelle zur Fassmitte, desto größer die Abweichung

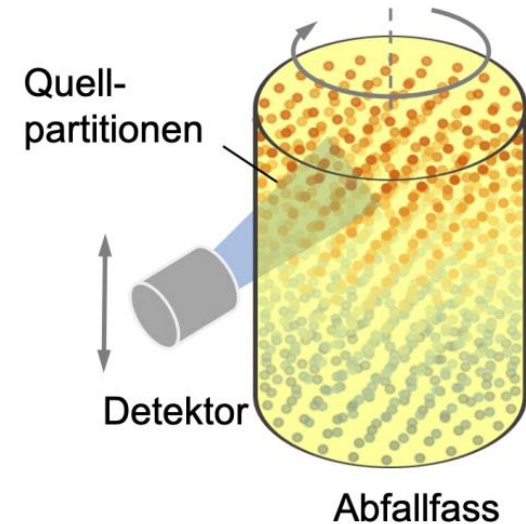


02

Advanced Sectorial Gamma Scanner (ASGS)

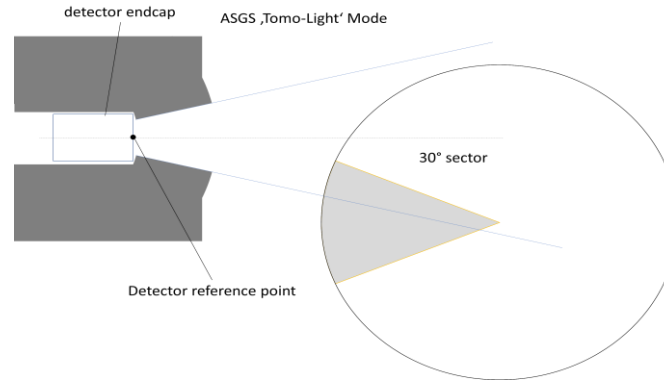
Advanced Sectorial Gamma Scanner (ASGS)

- Nutzung der Ortsinformation der von Radionukliden emittierten Gamma-Strahlung
 - Höhen- und winkeldiskrete Messungen
- Bestimmung der Effizienzkalibrierung basierend auf einer virtuellen räumlichen Unterteilung des Quellvolumens
 - Mathematische Berechnung der Photopeakeffizienz mittels Simulationen
- Efficiency Calibration for Inhomogeneous Activity Distributions (ECIAD)
 - Rekonstruktion der Aktivitätsverteilung und Bestimmung der Gesamtaktivität

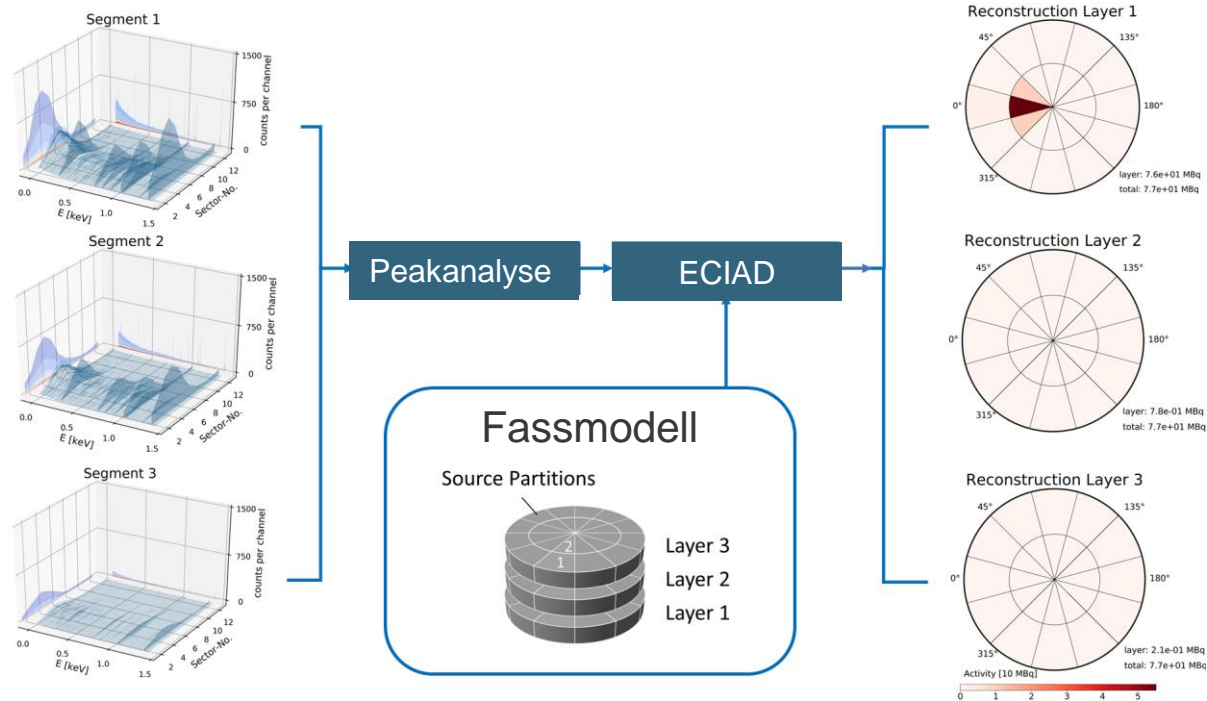


Advanced Sectorial Gamma Scanner (ASGS)

- Bei Auswertung von mindestens zwei Gammalinien mit hinreichend unterschiedlicher Energie kann Aktivitätsverteilung aufgrund Absorptionseigenschaften der Matrix gut rekonstruiert werden
- Bei Radionukliden mit nur einer Gammalinie ist dies nicht ohne Weiteres möglich
- Zusätzliche Messposition erforderlich



Advanced Sectorial Gamma Scanner (ASGS)



03

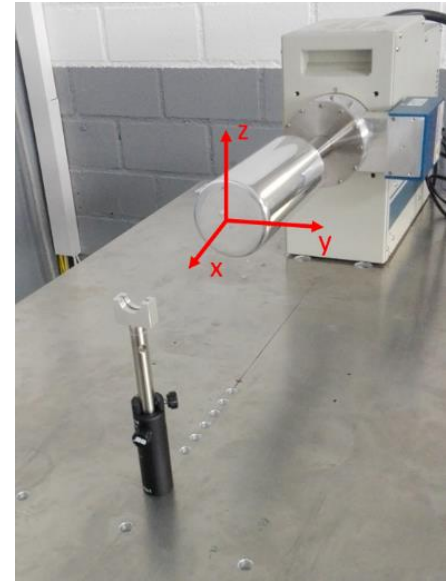
Experimentelle Validierung

Experimentelle Validierung

- Untersuchung mit MCNP Modellen zeigte bereits Vorteile von ASGS gegenüber Standardverfahren
- Validierung der Messergebnisse erforderlich
- Validierungskampagne in 3 Schritten
 - Detektoreffizienzmodellierung in ECIAD
 - Rekonstruktion der Aktivitätsverteilung
 - Vergleich der ASGS Methode mit herkömmlichen Methoden

Detektoreffizienzmodellierung in ECIAD

- Verwendung von Herstellerangaben zur Modellierung des Detektors in MCNP
- Messungen mit Prüfstrahler in diskreten Positionen
- Auswertung und Vergleich mit Modell
- Vergleich mit etablierten Methoden (ISOCS)
- **Gute Übereinstimmung!**



Aufbau einer Validierungsanlage

- Drehteller mit Decoder (zur schrittweisen Steuerung)
- Fahrbares Detektor- und Kollimatorsystem (Höhen- und Seitenposition)
 - Kollimator einstellbar
 - Tomo-Light Modus
 - Optimierung der Sensitivität



ASGS Software



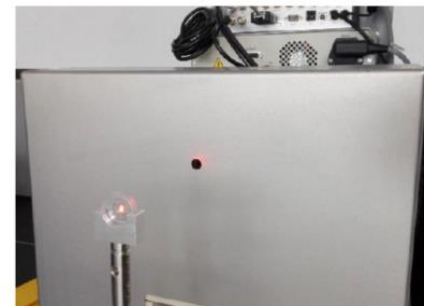
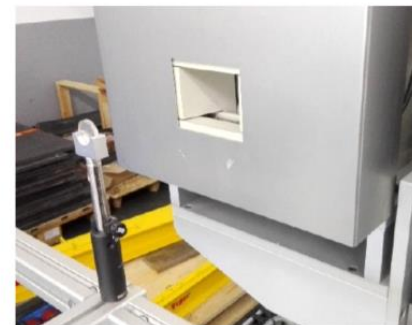
Herstellung von Kalibrierfässern

- Drei unterschiedliche Materialien mit unterschiedlichen Dichten
 - MDF (Holz $0,7 \text{ g/cm}^3$)
 - PE ($0,93 \text{ g/cm}^3$)
 - GMI (Sand $2,1 \text{ g/cm}^3$)
- Verifizierung der Matriceigenschaften unter Verwendung von Prüfstrahlern
- Durchführung von Messungen mit Strahlern an unterschiedlichen Positionen



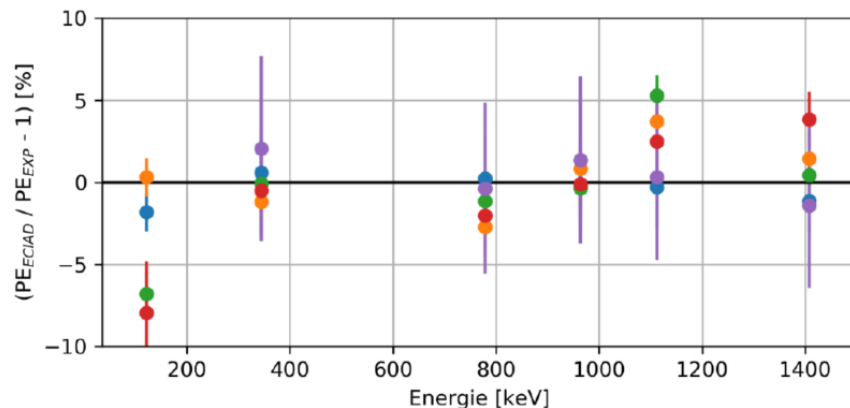
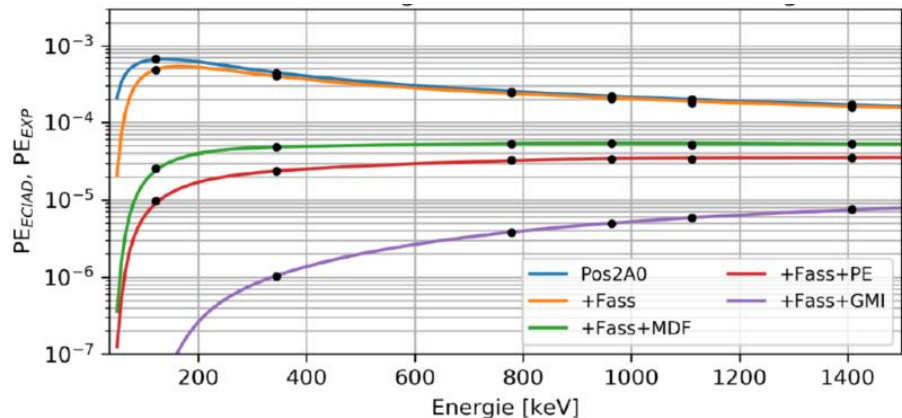
Validierung von ECIAD

- Messung mit Prüfstrahlern an verschiedenen Positionen mit Gestell auf Drehteller
 - Prüfung und Korrektur der Positionen von Detektor und Kollimator (Maximal erlaubte Abweichung $<1\text{mm}$)
- Messung Mit Prüfstrahler in leeren Fass
- Messung mit Prüfstrahler in Fass mit Matrix



Validierung von ECIAD

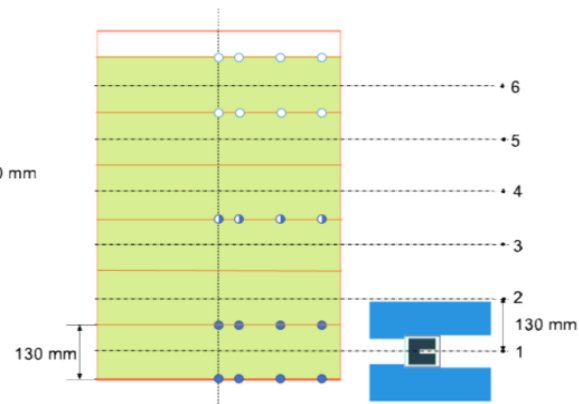
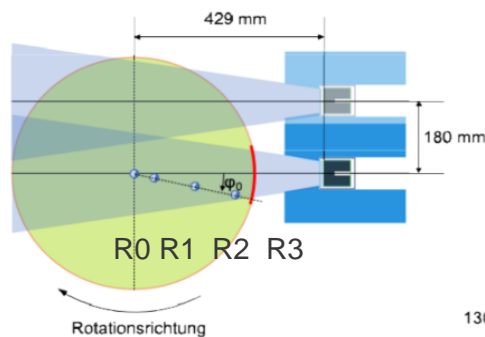
■ Abweichungen im Bereich $\pm 5\%$



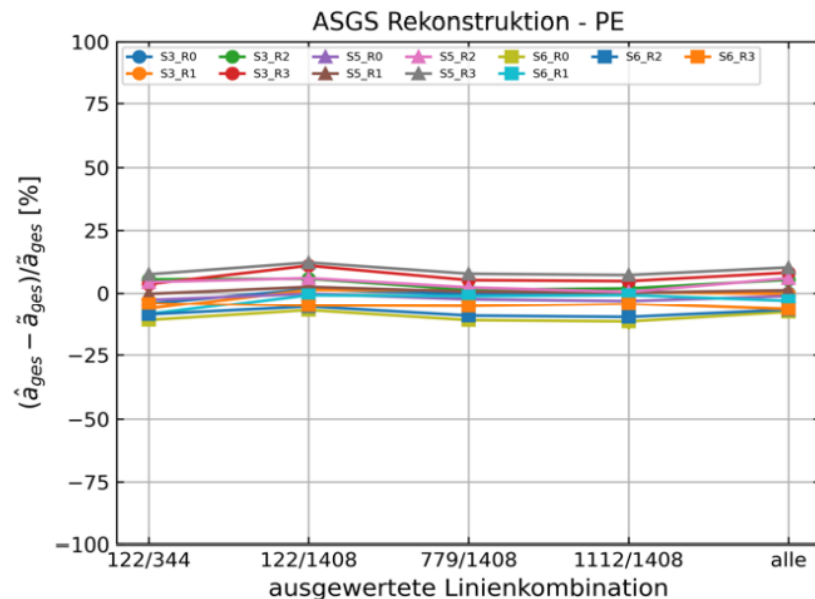
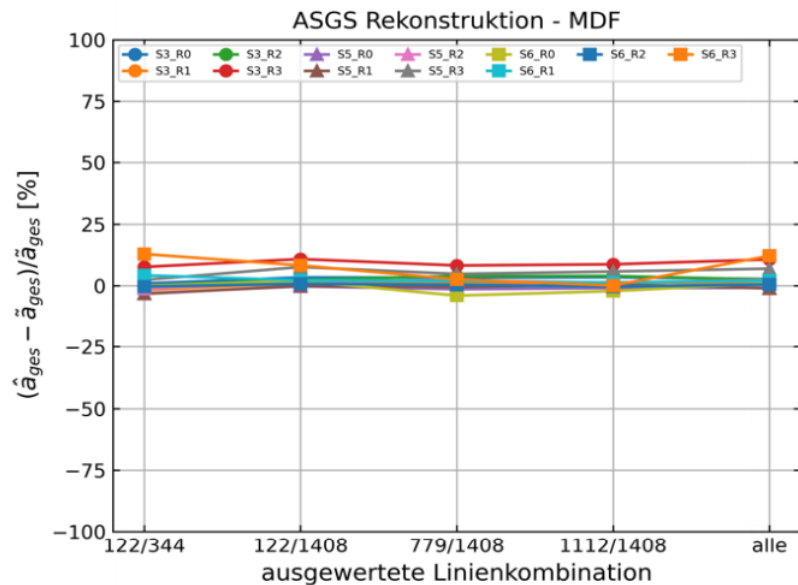
Rekonstruktion der Aktivitätsverteilung

- Positionierung von Prüfstrahlern an unterschiedlichen Positionen
 - Gefüllt: GMI Matrix
 - Kreise: MDF und PE
 - Halbgefüllt: alle Typen
- Quantifizierung der rekonstruierten Aktivität relativ zum wahren Wert
- Untersuchung der ungünstigsten Position

Matrix	Eu-152 Aktivität [kBq]	Messzeit/ Sector [s]	Gemessene Quellpositionen
MDF	555	300	[S3, S5, S6] x [R0, R1, R2, R3]
PE	555	300	[S3, S5, S6] x [R0, R1, R2, R3]
GMI	8210	30	[S0, S1, S3] x [R0, R1, R2, R3]

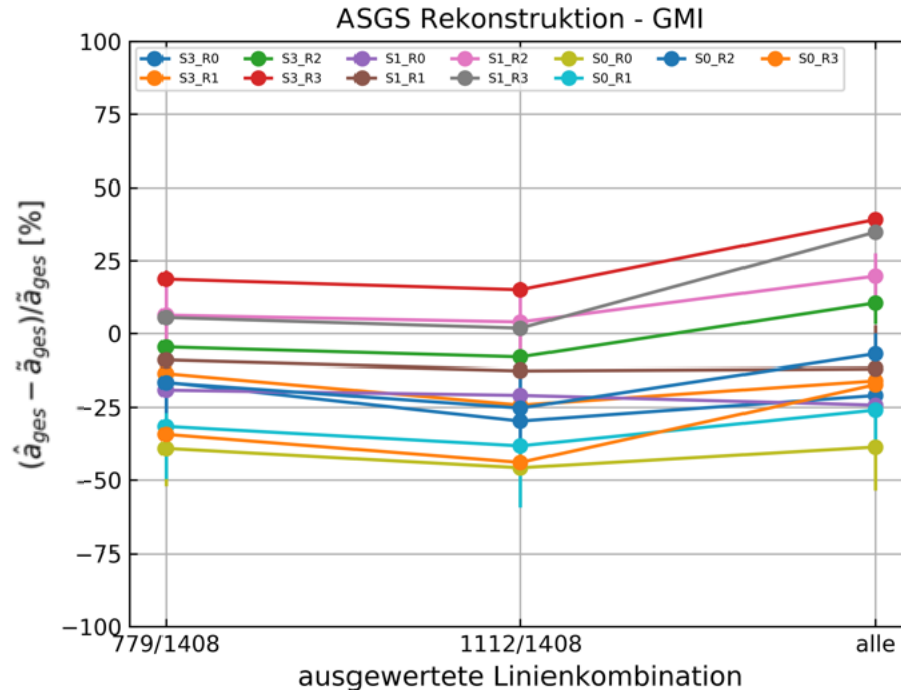


Rekonstruktion der Aktivitätsverteilung



Rekonstruktion der Aktivitätsverteilung

- Rekonstruktion der Aktivitätsverteilung durch Matrixdichte beeinflusst
- Abweichungen besonders hoch an ungünstigen Bereichen (Randbereich Boden oder Deckel)
- Berücksichtigung im Modellfehler (Typ-B Unsicherheit)



Vergleich ASGS mit herkömmlicher Messmethode (SGS)

Modellfehler bei SGS dominiert durch Unterschätzung der Aktivität im Fasszentrum

- Korrektur nicht möglich, da nicht orts aufgelöst gemessen werden kann
- Annahme des ungünstigsten Falls

Modellfehler des Besten Schätzwerts bei ASGS bestimmt durch maximale relative Abweichung vom wahren Wert in der Auswertung

Maximale Überschätzung des wahren Wertes bei konservativer Bestimmung der Oberen Vertrauensgrenze mit Berücksichtigung des Modellfehlers

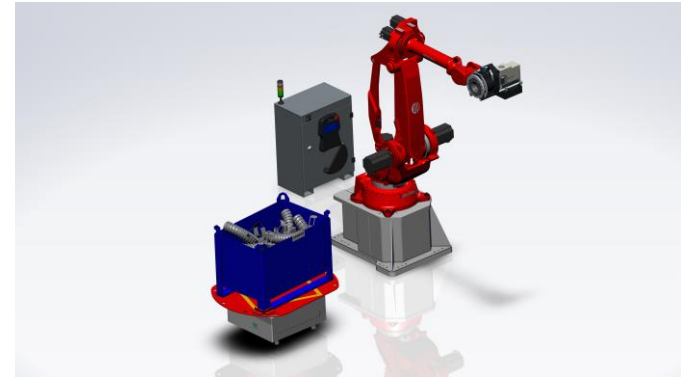
Matrix	Cs-137		Co-60	
	SGS	ASGS	SGS	ASGS
MDF	1,4	1,5	1,3	1,1
PE	2,4	1,7	1,3	1,3
GMI	55	1,6	7,4	1,5

05

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung und Ausblick

- Die Ortsaufgelöste Gammaskpektrometrie an Abfallfässern ermöglicht Reduktion der Modellfehler und somit der Typ B Unsicherheiten
- Reduktion der Überschätzung um bis zu Faktor 55 (Cs-137) und Faktor 7 (Co-60) bei hohen Matrixdichten gegenüber SGS
- Kostenreduktion bei Endlagerkonditionierung möglich
- Erste Kundenprojekte laufen
- Erweiterung auch für Roboter-gestützte Anwendungen für flexible Geometrien möglich



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dr. Matthias Fritzsche

mfritzsche@mirion.com

Tel: +(49)6142-7382-123