



Jahrestagung des LIA.nrw 2017

Offene radioaktive Stoffe: Ein wichtiges Thema im Arbeitsschutz

Unfall mit einer Se-75 HRQ-Quelle

Dr. Clemens Scholl

LIA.nrw

Düsseldorf, 21.09.2017



**Umschlossene radioaktive Stoffe sollten
eigentlich kein Inkorporationsrisiko darstellen ...**



§3 (2) 29. StrISchV / offene und umschlossene Stoffe

- a) Stoffe, offene radioaktive: Alle radioaktiven Stoffe mit Ausnahme der umschlossenen radioaktiven Stoffe;
- b) Stoffe, umschlossene radioaktive:
 - aa) **Radioaktive Stoffe, die ständig von einer allseitig dichten, festen, inaktiven Hülle umschlossen oder in festen inaktiven Stoffen ständig so eingebettet sind, dass bei üblicher betriebsmäßiger Beanspruchung ein Austritt radioaktiver Stoffe mit Sicherheit verhindert wird; eine Abmessung muss mindestens 0,2 cm betragen;**



... HRQ

bb) Strahlenquellen, hochradioaktive: Radioaktive Stoffe nach Doppelbuchstabe aa, deren Aktivität den Werten der Anlage III Tabelle 1 Spalte 3a entspricht oder diese überschreitet, ausgenommen Brennelemente und verfestigte hochradioaktive Spaltproduktlösungen aus der Aufarbeitung von Kernbrennstoffen; ständig dichte und feste Transport- oder Lagerbehälter mit radioaktiven Stoffen sind keine hochradioaktiven Strahlenquellen;



Vielfältiger Einsatz von HRQ

- in der Medizin (Brachytherapie, Transfusionsmedizin, Teletherapie),
- bei der zerstörungsfreien Prüfung (Gamma-Radiografie, Materialanalyse),
- in Füllstands- oder Dichtemesseinrichtungen
- in der Forschung sowie in der Produktbestrahlung.



Gefährdungspotential

HRQ werden je nach Anwendung in den unterschiedlichsten Bauformen hergestellt. Dazu steht eine Vielzahl von unterschiedlichen radioaktiven Nukliden zur Verfügung. Im Falle von missbräuchlicher Verwendung, von Verlust, Diebstahl oder Fund besitzen HRQ ein sehr hohes Gefährdungspotential. Die Direktstrahlung einer HRQ kann bei Personen in unmittelbarer Nähe der Quelle bereits innerhalb kurzer Zeit zu schweren oder sogar tödlichen Strahlenschäden führen.



Anforderungen an HRQ in besonderer Form

Gemäß Teil A, Pkt. 2.7.4.1 ADR sind radioaktive Stoffe dann „Radioaktive Stoffe in besonderer Form“, wenn sie entweder ein nicht dispergierbarer fester radioaktiver fester Stoff sind oder von einer Kapsel umschlossen werden, die nur durch Zerstörung geöffnet werden kann und mindestens eine Abmessung von ≥ 5 mm aufweist.



Anforderungen an HRQ in besonderer Form

- „Radioaktive Stoffe in besonderer Form“ müssen darüber hinaus so beschaffen oder ausgelegt sein, dass sie unter vorgegebenen Belastungsbedingungen weder zerbrechen noch zersplittern, bei Erhitzung weder schmelzen noch dispergieren und das Aktivitätsinventar auch nach diesen Belastungsanforderungen dicht umschließen.



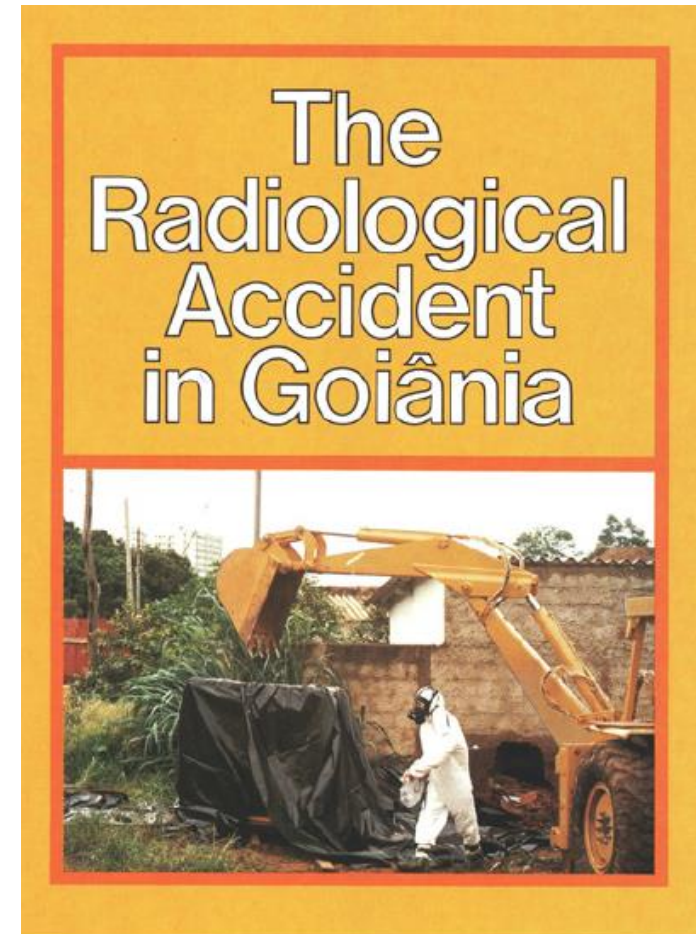
Prüfanforderungen (Auszug) an radioaktive Stoffe in besonderer Form (DIN 25426-2)

Prüfung	Durchführung	Anforderung
Stoßempfindlichkeitsprüfung <i>(nicht notwendig, wenn Masse des radioaktiven Stoffes < 200 g und Schlagprüfung mit 2 kg aus 1m Höhe (Klasse 4 gem. ISO 2919) erfolgt)</i>	Fallprüfung aus 9 m Höhe auf ein definiertes Aufprallfundament	nicht zerbrechen oder zersplittern
Schlagprüfung <i>(nicht notwendig, wenn Masse des radioaktiven Stoffes < 200 g und Schlagprüfung mit 2 kg aus 1m Höhe, entspricht Klasse 4 gem. ISO 2919, erfolgt)</i>	Schlag mit dem flachen Ende einer Baustahlstange, der dem Fall von 1,4 kg aus 1 m Höhe entspricht, Untergrund Bleiplatte, Abmessungen der Stange und Beschaffenheit der Bleiplatte vorgegeben	nicht zerbrechen oder zersplittern
Biegeprüfung <i>(nur für lange, dünne Quellen: Mindestlänge: 10 cm, Verhältnis Länge/min. Breite: 10)</i>	Schlag mit einer gemäß Schlagprüfung definierten Stange auf starr, waagrecht bis zur Hälfte eingespanntes Prüfmuster	nicht zerbrechen oder zersplittern

Doch auch eine besonders gesicherte Quelle kann (unbeabsichtigt) geöffnet werden!

- Diebstahl einer Therapiequelle (51 TBq Cs-137) in Goiânia, Brasilien (1987).
- Quelle wurde unabsichtlich geöffnet
- Mehrere Personen kommen in Kontakt mit dem freigesetzten Pulver
- Vier Todesfälle, 249 Inkorporationen oder Kontaminationen. Dosiswerte bis 7 Gy.
- 85 Häuser mit Kontamination, 41 davon wurden zunächst evakuiert (200 Personen). Der Großteil konnte nach kurzer Zeit wieder bezogen werden.

Bildquelle: IAEA, STI/PUB/815; (ISBN:92-0-129088-8)





Unfall im Dezember 2016 im Bezirk Düsseldorf

- Am 9.12.2016: Transport einer havarierten HRQ zur Service-Firma in NRW. Die Quelle steckte im Ausfahrtschlauch fest, Transportbehälter und Schlauch waren kontaminationsfrei
- Am 12.12.2016: In der Manipulatorzelle der Servicefirma wurde erfolglos versucht, die Quelle aus dem Schlauch herauszuziehen oder zu drücken.
- Beim Versuch, den Schlauch aufzuschneiden, wurde die Strahlerhülle beschädigt und Se-75 freigesetzt.

Radiographiegerät: GammaMat Se



Abschirmbehälter / Transport



Schlauch / Kurbel



Quellenhalter

Bildquelle: PACIFIC-TEC Scientific Pte Ltd



Eigenschaften von Se-75

- Zerfall: Elektroneneinfang, zu As-75
- Halbwertszeit 119.8 Tage
- Hauptemissionslinien:
 - 136 keV (58.3%)
 - 264.7 keV (58.9%)
 - 279.5 keV (25%)
 - 400.7 keV (11.5%)

Sehr gut messbar und nachweisbar!

Eignet sich gut für die Radiographie.

Eigenschaften der Quelle

- Aktivität: 1.35 TBq am 12.12.2016
- Hersteller: State Scientific Center of the Russian Federation – Research Institute of Atomic Reactors
- Gepresstes Se-75 Puder liegt in einer inneren Kapsel aus Vanadium (3mmx3mm), laserverschweißt
- Äußere Kapsel aus Edelstahl, Argon-verschweißt

Bildquelle: State Scientific Center of the Russian Federation – Research Institute of Atomic Reactors





Unfallverlauf

- Die Servicefirma hatte genehmigungsgemäß nur Umgang mit umschlossenen radioaktiven Stoffen
- Entsprechend gab es keinen wirkungsvollen Schutz gegen Kontaminationsverschleppung und Inkorporation
- Weiterhin erwies sich das freigesetzte Puder als sehr volatil

Inkorporationsmessungen am Ganzkörperzähler des LIA



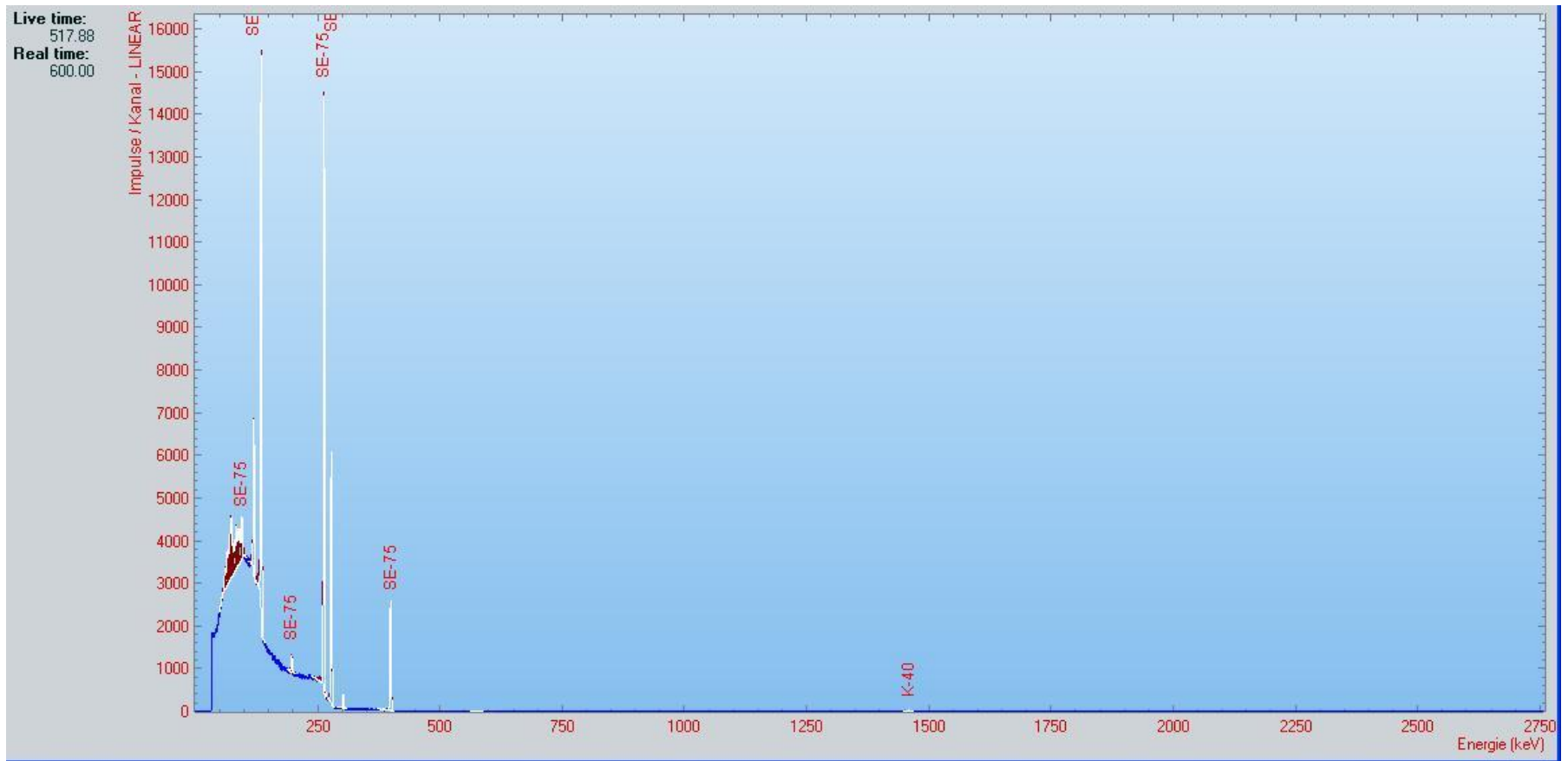
Ganzkörperzähler in
Liegegeometrie:
- 2 HPGe-Detektoren für den
Ganzkörper, Stickstoffkühlung mit
Stirling-Motor Unterstützung,
- 1 elektrisch gekühlter HPGe-
Teilkörperzähler

Behördlich bestimmte Messstelle
für NRW und Hamburg

Akkreditiert nach DIN ISO 17025

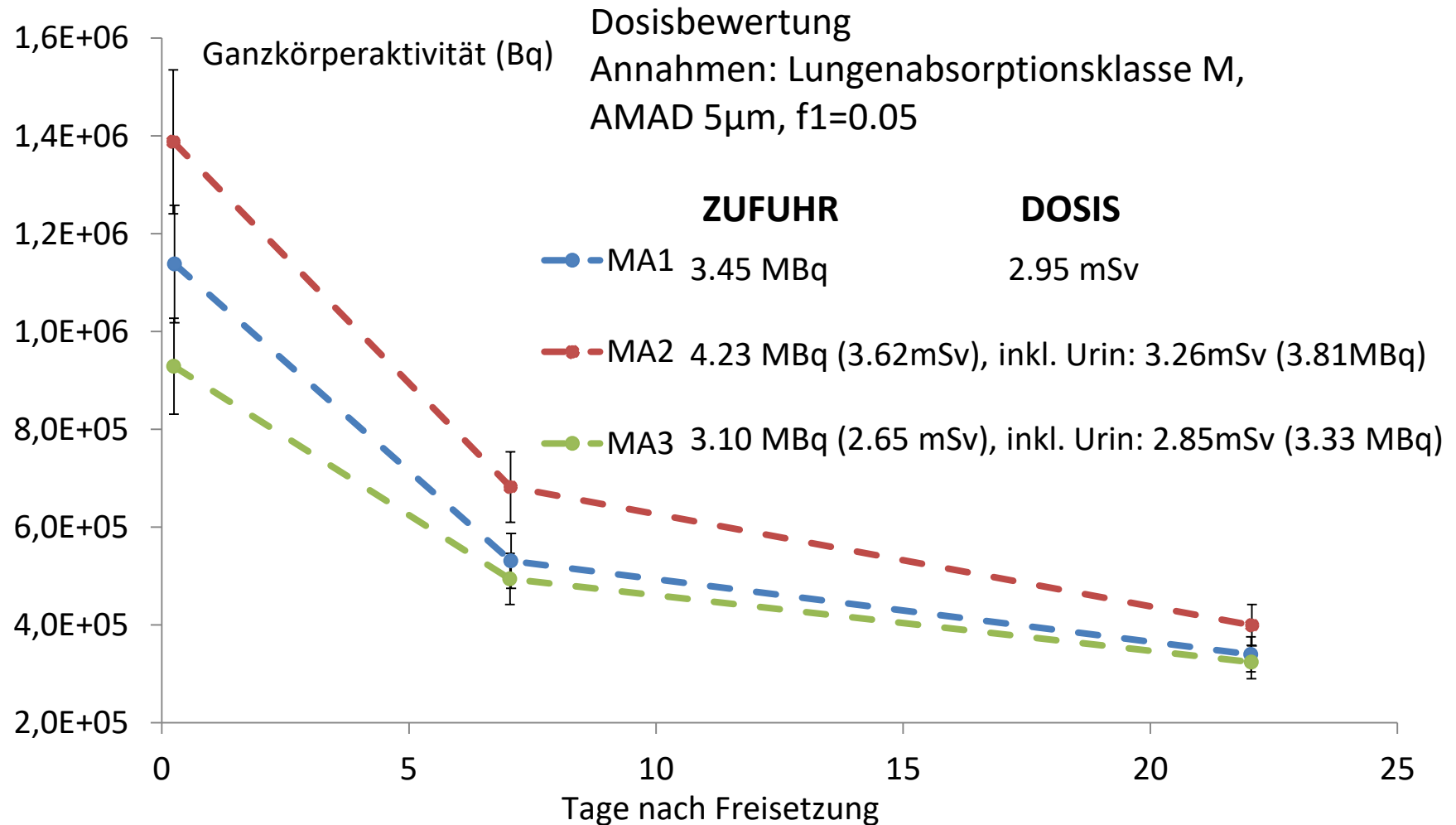
Bildquelle: LIA.nrw

Spektrum einer Person mit Se-75 Inkorporation





Messung der drei unmittelbar betroffenen Mitarbeiter





Weitere Messungen

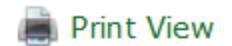
- In dem betroffenen Gebäude ist ein weiterer Betrieb ansässig
- Die Kontamination wurde in weitere Teile des Gebäudes verschleppt (Luftzug, Schuhe, Hände, Kleidung...)
- In der Folge wurden insgesamt 78 Personen am Ganzkörperzähler auf Inkorporation untersucht, ebenfalls wurden die Wohnungen der Beschäftigten auf Kontamination überprüft.
- Inklusive Mehrfachmessungen wurden 127 Ganzkörpermessungen durchgeführt im Zeitraum 12.12.2016 bis 04.09.2017
- Bei 8 weiteren Personen lag die Folgedosis über 1mSv (max: 1.9mSv) (Annahmen: keine Kontamination, Absorptionsklasse M, AMAD 5 μ m, f1=0.05). Der Überwiegende Teil (~75%) erfuhr keine bzw. nur eine sehr geringe Dosisbelastung durch Inkorporation (<250 μ Sv)



Meldung an IAEA, Einstufung: INES-2

Inadvertent damage of a Se-75 source

Posted on: 23 December 2016



Event Date: **12 December 2016**

Event Type: **Radiation Source**

Event Location: **Germany, Düsseldorf region**

INES Rating: **2 (Final)**

On December the 12th, 2016, a Se-75 source was inadvertently damaged during re-pair work on faulty radiography equipment. The work was performed in Düsseldorf region in North Rhine-Westphalia by a specialized company within a controlled area. The source contained about 1.3 Terabecquerel Se-75. The radioactive substance was released during the repair work and contaminated persons and zones within and out-side of the controlled area. Besides the two workers performing the repair work, other persons were also contaminated. The contamination was spread to pathways outside of the building, but within the site, clothings and private cars. In total more than 80 persons have been tested for intake of Se-75. Committed effective doses greater than 1 mSv were measured for three workers; the maximum dose was well beneath the allowed annual doses limit for workers of 20 mSv (between 1 and 3 mSv). The maximum doses for persons of the general public were in three instances slightly above the yearly dose limit of 1 mSv as specified in the German radiation protection ordinance, in 6 further instances the doses were slightly below 1 mSv. The event was rated INES level 2 because of the accidental release of radioactive substances.

QUELLE: <https://www-news.iaea.org>



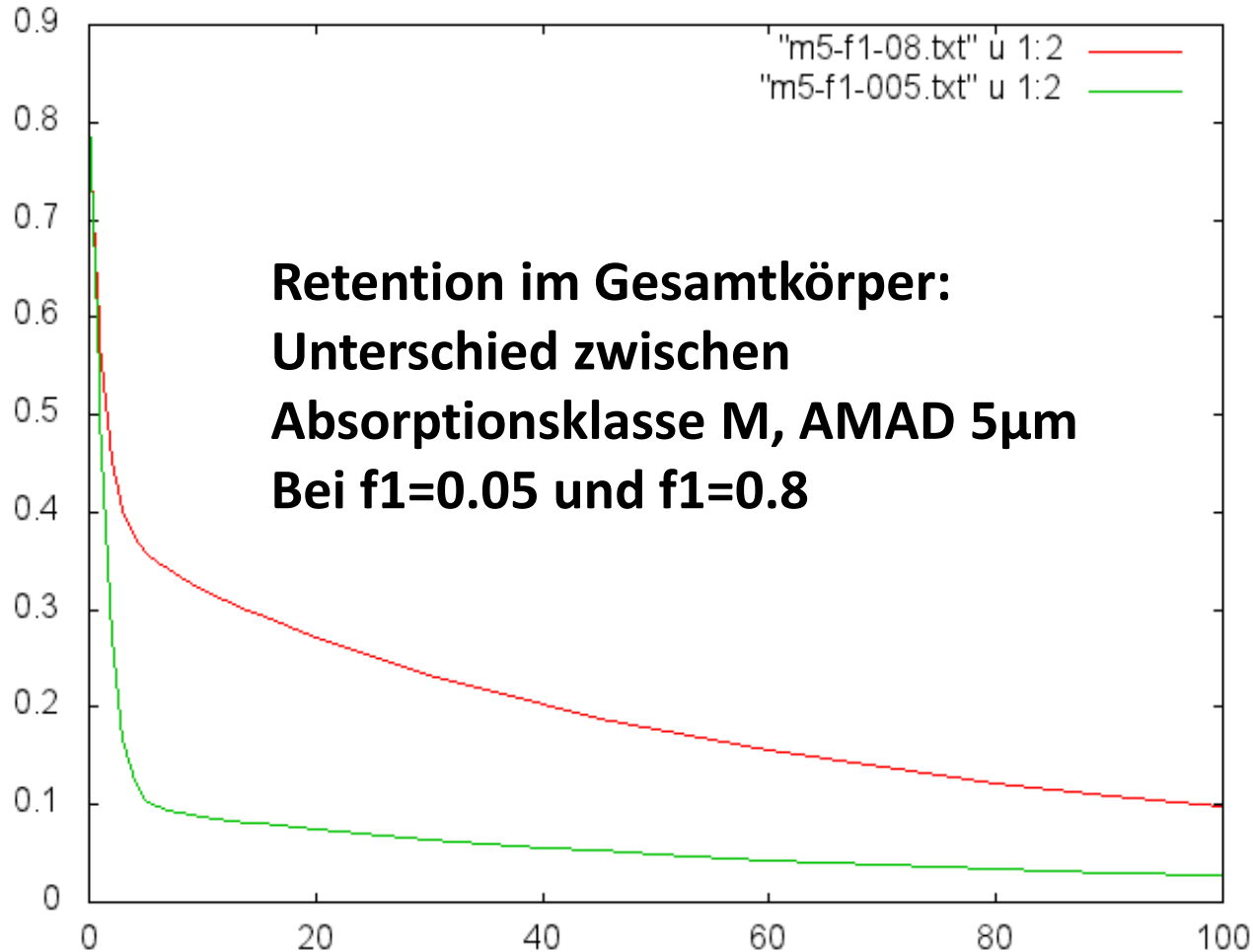
Klärung der biokinetischen Parameter

Nach Richtlinie ist für Se-75 die Lungenabsorptionsklasse M zu wählen, bei unbekannter Partikelgröße ist ein AMAD von $5\mu\text{m}$ anzunehmen

Problem: für elementares Selen und Selenide ist ein f_1 -Wert von 0.05 anzusetzen – jedoch waren nur die Dosiskoeffizienten und Retention/Ausscheidungskurven für $f_1=0.8$ tabelliert

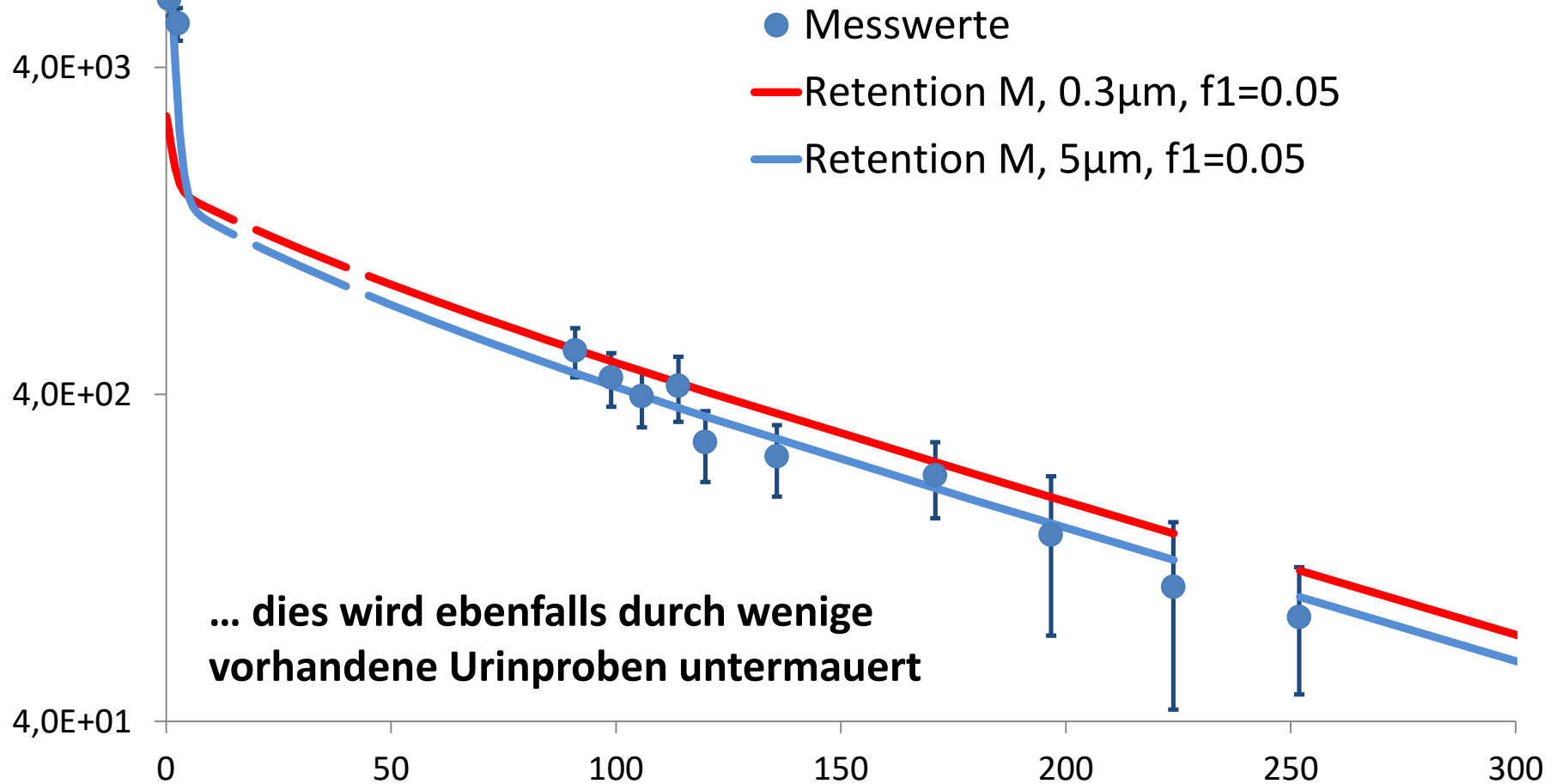


Deutlich anderes Retentionsverhalten – bedeutet ca. Faktor 2 in der Dosisbewertung!





Langzeitmessungen bestätigen dass die Partikelgröße $5\mu\text{m}$ eine passende Annahme ist.





Häufigkeitsverteilung der ermittelten Folgedosen

- Basierend auf den ersten Messungen, mit Annahme Absorptionsklasse M, AMAD=5 μ m, f1=0.05, keine Kontaminationen

Dosis	Häufigkeit
< 0.1 mSv	46
0.1 – 0.25 mSv	11
0.25 – 0.50 mSv	6
0.50 – 0.75 mSv	1
0.75 – 1.00 mSv	3
> 1 mSv	11

Höchste Folgedosen: 2.95mSv, 3.26mSv, 2.85mSv (3 unmittelbar Betroffene)

Weitere: 1.19mSv, 1.46mSv, 1.15mSv, 1.06mSv, 1.20mSv, 1.90mSv, 1.05mSv,

1.79mSv



Zusammenfassung

- Auch als sicher umschlossen geltende radioaktive Stoffe können ein Inkorporationsrisiko darstellen, wenn diese unbeabsichtigt geöffnet werden
- Durch die Freisetzung in einem geschlossenen Raum, dem mit Radioaktivität vertrautem Betroffenenkreis, der (vergleichsweise) niedrigen Gesamtaktivität und Halbwertszeit konnte schlimmeres vermieden werden
- Kontaminationen blieben auf das Betriebsgelände, sowie vereinzelt Gebrauchsgegenstände/Kleidung der Mitarbeiter beschränkt
- Nachbarn und Bevölkerung waren nicht betroffen



LIA.nrw



gesünder arbeiten und leben.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.