

Medizinische Aspekte der Betreuung und Behandlung bei Strahlenunfällen, insbesondere bei Inkorporation

V.List

Leitender Arzt KIT/MED, RSZ Karlsruhe,
Liaison Inst. der WHO

1

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Strahlenschutzmedizin Bei KIT- MED. Dienste



Regionales Strahlenschutzzentrum

Anlauf- und
Beratungsstellen
bei Verdacht auf berufliche
Überexposition durch
ionisierende Strahlung

- **Strahlenunfall- Ambulanz**
- **Inkorporations- Messstelle**
für Ausscheidungsanalysen
- **Fortbildung, Übungen und Training**
zu Strahlenunfällen
- Mitarbeit im **Notfallschutz** in Umgebung
Kerntechnischer Einrichtungen
- Mitarbeit in **Kompetenzzentrum BW** für
radiologische Vorkommnisse im öffentlichen Bereich
- Vorsitz der **Deutschen Gesellschaft
für Medizinischen Strahlenschutz** (2010 – 15)
 - **Liaison- Inst der WHO**
 - EU- Projekte (RP 6, 7)
 - **TIARA 2005-2007**
 - **TMT- Handbook 2007- 2009**

2

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

StrlSchV vom 20.07.2001

Abschnitt 7: *Arbeitsmedizinische Vorsorge beruflich strahlenexponierter Personen*

§ 60 Erfordernis der arbeitsmedizinischen Vorsorge

§ 61 Ärztliche Bescheinigung

§ 62 Behördliche Entscheidung

§ 63 **Besondere arbeitsmedizinische Vorsorge**

§ 64 Ermächtigte Ärzte

§ 111 (4) Duldungspflicht

Generelle Aufgaben der Arbeitsmedizin nach ASiG und ArbSchutzG Unterstützung des Arbeitgebers bei der *Gefährdungsbeurteilung* *Organisation der Ersten Hilfe* im Betrieb

Besondere Arbeitsmedizinische Vorsorge § 63 StrSchutzV

Vorstellung beruflich strahlenexponierter Personen bei ermäßigtem Arzt

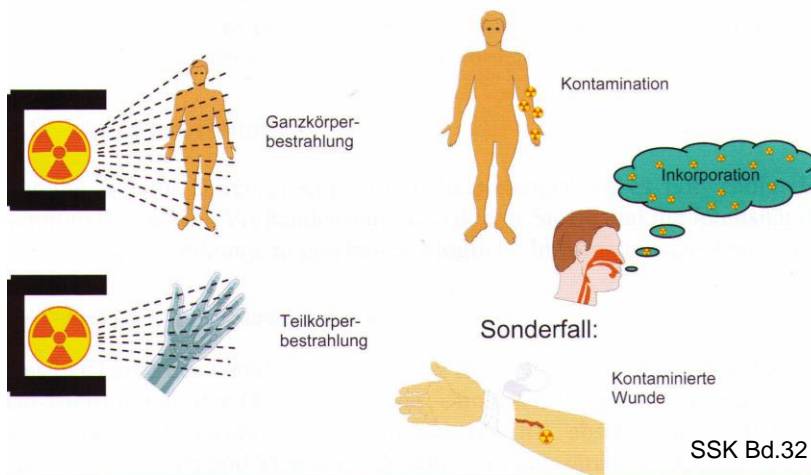
- (1) **Bei (Verdacht auf) Grenzwertüberschreitung im Kalenderjahr:**
- | | |
|--|---------|
| - effektive Dosis | 50 mSv |
| - Organdosis Augenlinse | 150 mSv |
| - Organdosis Haut, Hände, Unterarme, Füße, Knöchel | 500 mSv |
- (2) **Bei Besorgnis einer Gesundheitsgefährdung
behördliche Aufgabenbeschränkung**
- (3) **Dauer der arbeitsmedizinischen Vorsorge**

Inkorporation radioaktiver Stoffe



Strahlenunfallarten

Erhöhte Strahleneinwirkung durch:



SSK Bd.32

5

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Betriebliches Strahlenunfall- Management



GUV-I 668 (bisher GUV 20.22)
GUV-Informationen

Erste Hilfe bei erhöhter Einwirkung ionisierender Strahlung

- Liste und Adresse der Regionalen Strahlenschutzzentren
- Strahlenunfallerberhebungsbogen
 - Angaben Betriebl. Strahlenschutz/ Ersthelfer/ Betriebsanitäter
 - Angaben des Arztes

6

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Betriebliches Strahlenunfall- Management



BGI 668 Erste Hilfe bei erhöhter Einwirkung ionisierender Strahlung

Strahlenunfallerberhebungsbögen 1-2

■ Bogen 1: Betrieblicher Strahlenschutz

- **Verunfallte Person** : *Angaben zur Person*
- Allgemeine **Unfallbeschreibung**
Zeit – Ort- Art des Unfalls (Skizze)
- **Abgeschätzte Körperdosis:**

Ganzkörper – Teilkörper - Kontamination? - Inkorporation?

■ Bogen 2: Betrieblicher Strahlenschutz

- ggf. bei **Kontamination und / oder Inkorporationsverdacht**
 - **Messgeräte** : *Messwerte, Radionuklide*
 - vor -, ggf. nach **Maßnahmen der Dekontamination**
 - Massnahmen der **Inkorporationsüberwachung** ?
 - **Dekorporationstherapie** ?

7

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Strahlenunfall Management in Betrieben



BGI 668 Erste Hilfe bei erhöhter Einwirkung ionisierender Strahlung

Strahlenunfallerberhebungsbögen 3

Bogen 3: Angaben des Arztes

■ Beschwerden und Befunde

- **Verletzungen**
- **Allgemeinsymptomatik:** *Schwäche, Kopfschmerz, Übelkeit, Erbrechen*
- **Befunde:** *Kreislauf, Atmung, Haut, Schleimhäute*

■ Ärztliche Beurteilung:

- *keine weiteren Maßnahmen*
- *ambulant*
- *stationär*

■ Rücksprache mit RSZ

8

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Strahlenunfall Management in Betrieben



Regionale Strahlenschutzzentren

Inst für Strahlenschutz – IfS (BG ETEM und BG RCI)

Adressenliste in BGI 668

Anlauf- und Beratungsstellen
bei Verdacht auf berufliche
Überexposition durch
ionisierende Strahlung

- Bei 0,1 – 1, Sv:
**Biologische Dosimetrie -
Chromosomenanalyse**
nur über RSZ!
- Bei 2 – 5 Sv direkt in
**Spezialabteilung für
Strahlenverletzte**
durch Vermittlung über RSZ einweisen



9

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Betriebliches Strahlenunfall- Management



10

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Strahlenunfall Management in Betrieben



Strahlenschutzmedizinische Erfordernisse im Ereignisfall

- Kenntnis verschiedener **Strahlenunfallmuster und –szenarien**
- Erhebung der **individuellen Unfall- Vorgeschichte**
- Prüfung auf relevante deterministische **Symptome** und **Befunde**
- Ggf. Veranlassung der **biologischen Dosimetrie via RSZ**
- **Kontaminationsmessung, ggf. Dekontamination**
- Einbeziehung der Ergebnisse der **externen und internen Dosimetrie**
 - regelmäßig
 - aus besonderem Anlass
- Im Einzelfall **Veranlassung von**
 - In vivo Messung: **Ganz- oder Teilkörperzähler**
 - In vitro Messung: **Ausscheidungsanalysen** – Urin, Stuhl etc.
- Beteiligung bei **Dosisabschätzung und Prognosestellung**
- Erforderlichenfalls **Behandlung**

11

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Dekontamination



Strahlenunfall - Muster

- **lediglich äussere Bestrahlung:**
 - **Ganzkörper**
 - **Teilkörper**
- **äussere Kontamination**
- **Inkorporation (Inhalation, Ingestion, Wunde)**
- **äussere – und innere Kontamination (Inkorporation)**
- **Kombiniert Bestrahlung und Verletzung**
 - **Verbrennung**
 - **Wunde mit r.a. Splittern (Explosion)**
- **Kein Strahlenunfall – aber sonstiger dringender Notfall bei Person im Kontrollbereich, z.B. in Vollschutzanzug**

12

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Strahlenunfall Management in Betrieben



Behandlungspriorität entsprechend der Gefahr für die Opfer

1. Lebensbedrohende Verletzungen

Medizinische Stabilisierung und **sofort** Transport in Krankenhaus

– auch bei Kontamination!

ggf. Begleitung durch betrieblichen Strahlenschutz

2. Rasche radiologische Triage

Erbrechen < 4 Std: Sofortbewertung und früher Transport in Spezialklinik

Erbrechen > 4 Std: verzögerte Beurteilung (24-72 Std)

3. Ablegen und Sicherung kontaminierter Kleidung

4. Dekontamination von Haut und Wunden

5. Medizinische Anamnese und Untersuchung

Zeitlicher Ablauf von Prodromi und Symptomen

Initial großes Blutbild

Nasen-, Rachenabstriche, Urin-, Stuhl-, Wundproben etc

6. Frühbehandlung bei Inkorporation, wenn nötig

13

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Strahlenunfall Management in Betrieben



Prüfung deterministischer Effekte

■ Ganzkörperexposition:

- Blutbild- Lymphozyten

- Biologische Dosimetrie – Dizenrische Chromosomen, EPR

■ Teilkörper-, Organexposition:

- Haut

- Verlauf (mindestens 4 Wo Beobachtung) – Farbfoto Dokumentation

- Erythem, Haarverlust, Schmerz

- Flächen-, Tiefenausdehnung, Dynamik

- Ultraschall (7,5 – 20 MHz),

- NMR (tiefe Gewebe, Montecarlo Dosisabschätzung)

- Durchblutung: Thermographie, Kapillarmikroskopie

- Augenlinsen - Spaltlampenuntersuchung

- Männliche Keimdrüsen - Spermogramm

14

21.09.2017

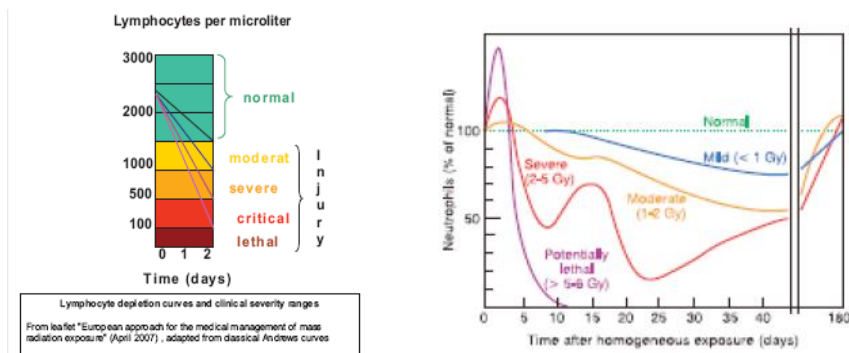
Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Strahlenunfall Management in Betrieben



Blutzellen-Abfall-Kurven bei Akutem Strahlensyndrom



15

21.09.2017

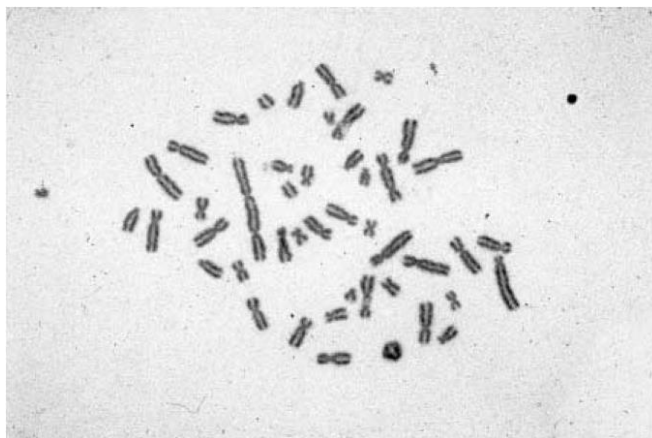
Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Strahlenunfall Management in Betrieben



Biologische Dosimetrie Dizentrische Chromosomen



Chromosomen
eines peripheren
Lymphozyts (Blut):

2 **Dizentrische**
Chromosomen,
ein zentrischer **Ring**
und 2 **azentrische**
Fragmente

Aus IAEA
TRS Nr. 405,
2001

16

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

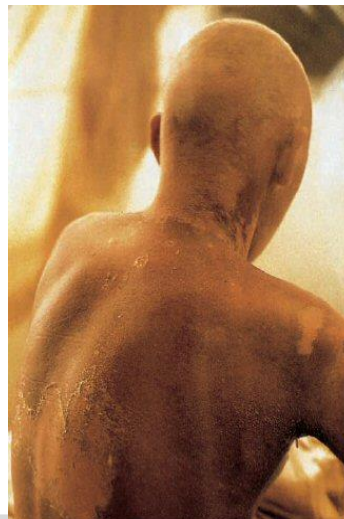
Strahlenunfall Management in Betrieben



Teilkörperexposition der Haut

akute Schwellendosis (Organdosis Haut)

	in Gy
■ Haarausfall (nach ca. 3 Wochen)	
■ vorübergehend	> 3
■ bleibend	ca. 10
■ Hautrötung mit Hautabschilferung <i>bis zu 4 Wochen nach Einwirkung</i>	3 – 5
■ Blasenbildung bei Strahlendermatitis	ca. 20
■ Geschwürbildung	
■ Strahlendermatitis mit Gewebeerfall	> 50



17

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Strahlenunfall Management in Betrieben



akuter Strahlenschaden der Haut



Fall 16: 3 Wochen
nach Exposition

Fall 16: 45 Tage nach
Exposition



18

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Dekontamination



Erste Hilfe / Notfallmaßnahmen

(s. auch **BG-Information BGI 668**)

Ablauf - Prioritäten

1. Falls möglich, **Entfernung** der betroffenen Person **aus der Gefahrenlage**
2. **Lebensrettende, funktions-/organerhaltende Maßnahmen**
3. **Fachkompetenz** zuziehen: - SSB und Strahlenschutzarzt, RSZ
4. **Minimierung der** Radionuklidkontamination und **-zufuhr**
5. Ggf. **Spezielle Dekorporationsbehandlung**
6. Ggf. **Verlegung**
7. **Verlaufskontrollen**

19

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Dekontamination

Allgemeine Grundregeln beim Transport

- Vermeidung der Ausbreitung von Kontamination bei der Erstversorgung
- Beachtung der Notfallpriorität



Foto REACTS

20

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Vorsorge zur Behandlung

bei akzidenteller Radionuklid-Inkorporation/ -kontamination

1. Planung
 - Gefährdungsanalysen
 - Schriftliche Ablaufprotokolle intern
 - Absprachen extern
2. Vor-Ort-Einrichtung
3. Ausrüstung
4. Personal
5. Ausbildung
6. Regelmäßige Übungen
7. Transport
8. Krankenhausaufnahme

21

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Dekontamination



Allgemeine Grundregeln Vorbereitung der Patientenannahme

- Möglichst getrennter Zugang
- Vorbereitung des Behandlungsraumes
Gemäß Notfallplan und Checkliste s.u.



22

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Dekontamination

Allgemeine Grundregeln Vorbereitung der Patientenannahme (2)



- **Boden** abdecken (Papierrollen, Klebeband)
- **Unnötiges Inventar** entfernen
- **Zugangskontrolle**: Warnzeichen-radioaktiv, Klebeband, Ketten
- **Selbstschutz** + Pers. Dosimeter
- **Abfallkörbe**: groß, Plastik, ausgekleidet mit Plastiktüten, ggf. auch als Aufnahme**behälter** für Dekontaminationswasser
- **GM- Zähler**, Kontamin.**messgerät**
- **Plastikbeutel** div. Größen für Abfall, Kleider, Proben ...
- **Doku-bögen**, Schreibmaterial-wasserfest
- **Unterlagen**, Tücher, **Folien** ...
- **Spüllösung**, langstielige Kornzangen, Bleibehälter ...

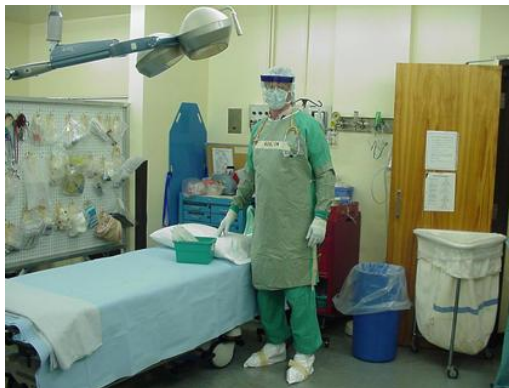


Foto REACTS

23

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Dekontamination

Strahlenschutz der medizinischen Einsatzkräfte



Schutzmaßnahmen

- Arbeitsschutzkleidung – OP-Kleidung/ Einmalanzug
- Mundschutz/ partikelfiltrierende Halbmaske (FFP3)
- Dosisüberwachung
- Sachgerechte Entfernung kontaminierter Kleidung
- keine Schwangeren oder stillenden Frauen als Helfer

24

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Dekontamination Strahlenschutz der Einsatzkräfte



25

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Konzepte zur R- Personendekontamination



Grundsätze bei R-Kontamination



Health Physics Society

No health care workers who have adhered to appropriate guidelines have become contaminated or suffered from radiation injuries from handling a contaminated patient (Waselenko, 2004)

- Lebensbedrohliche Verletzungen:
erst behandeln, dann dekontaminieren
- Nicht-lebensbedrohliche Verletzungen:
erst dekontaminieren, dann behandeln
- Unverletzte nicht in der Klinik
dekontaminieren
- Strahlenschutzärzte/
Regionale Strahlenschutzzentren
hinzuziehen

26

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Dekontaminationsmaßnahmen



KIT – Universität des Landes Baden-Württemberg und nationales Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.kit.edu

Begleitschein zur Personendekontamination und Inkorporationsüberwachung gemäß § 44 StrlSchV

Kst.-St. _____

Lfd. Nr. _____

Dekontaminationsmaßnahmen

Name _____ Vorname _____ Geb.-Datum _____ ID.-Nr. – Pers.-Nr. _____

Inst. / Abt. / Fremdfirma _____ Strahlenschutzbeauftragter _____ Überwachungskategorie: A B nicht überwacht

Ort des Zwischenfalls (Inst. / Abt.) _____ Geb.-Nr. _____ Raum-Nr. _____ Datum des Zwischenfalls oder der Inkorporation _____ Uhrzeit: _____

Ursache des Zwischenfalls: _____

Grund: **Personendekontamination** **Verletzung** **Inkorporationsverdacht** ja nein

Körperteil: α _____ β _____ Atemschutz kein Filter Isoliergerät

Kopf _____ Bq/cm² (Maximaler Messwert) Bq/cm² Strahler α β I ³H

Hand (re^{*)} / (li^{*)}) _____ Bq/cm² (Maximaler Messwert) Bq/cm² Nuklid: _____ Form: _____

Sonstiger _____ Bq/cm² (Maximaler Messwert) Bq/cm² Raumluft-Aktivitätsk. AK E Bq/m³

Verletzung _____ Bq/cm² (Maximaler Messwert) Bq/cm² Aufenthaltszeit t h

Kleiderkontamination beim Verlassen des Kontrollbereichs ja nein Schutzfaktor Sch kein 1. Filter 20, Isoliergerät 200

Betroffener Teil: α _____ β _____ Atemrate AR 1,2 m³/h

_____ Bq/cm² (Maximaler Messwert) Bq/cm² Aktivitätszufuhr Z = AK · t · AR/Sch = E Bq

_____ Bq/cm² (Maximaler Messwert) Bq/cm² Interventionschwellen in Bq: (α = 1,2, β = 1 E3, ¹³⁷I = 6 E5, ³H = 4 E8)

Bemerkungen: _____

Datum _____ Uhrzeit _____ Bearbeiter HS/UM _____ Telefon _____

Nach Personendekontamination: **Nasenabstrich:** (ohne Aufarbeitung) α _____ Bq β _____ Bq

Nuklid: _____ **Maßnahmen:** Überweisung an HS/UM/Doe

Bestätigt: _____

MED Dienste KIT

Dekontamination

Entkleiden stehfähiger Personen



> 80%! der Kontamination i.a. an Oberbekleidung

- Einrollen der Kleider von der Innenseite zur Außenseite,
- Vom Hals zu den Händen, vom Gürtel zu den Füßen.



Nach guide national
ASN France 2008

29 21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Dekontamination



Entkleiden nicht stehfähiger Personen



Fotos REACTS

30 21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Personen-Dekontamination



31

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Dekontamination

Allgemeines Dekontaminationsschema der Haut

1. Waschen mit Dekontaminationslotion
maximal 3 - 4 mal wiederholen!
 Hände: Sorgfältige Reinigung von Hautfalten, Nagelfalz und Fingernägeln (evtl. Nägel kurz schneiden)
2. Waschen mit mild reibender Dekontaminationspaste
maximal 3 – 4 mal wiederholen!
3. Waschen mit Komplexierungslösung
maximal 2 – 3 mal wiederholen!
4. Auftragen von Kaliumpermanganat-Lösung abspülen.
 Braunfärbung mit Natriumdisulfit-Lösung entfernen.
maximal 2 – 3 mal wiederholen!

Pro Waschgang 2-3 Minuten
 mit lauwarmem Wasser



32

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Dekontamination



Ablauf der Hautdekontamination

- Inspektion der Haut
- Hautschonende Dekontamination
- Auf Hautrötung achten
- Dekontamination ggf. mehrmals wiederholen

Bei $< 10 \text{ Bq/cm}^2$ oder 10% Effekt-
unterschreitung Abbruch möglich

Weitere Dekontamination abhängig
von chemischen Eigenschaften und

Lokalisation, ggf. Wechsel des Dekont. mittels

- Hautpflege



33

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Dekontamination



Hautdosisabschätzung

erforderlich
bei Restkontamination $> 10 \text{ Bq/cm}^2$

$$H_T = A_{F,0} \times I_C \times t \quad (\text{für } T_{1/2} \gg t)$$

A_F = Aktivität/Fläche [Bq / cm²]

I_C = Äquivalentdosisleistungsfaktor (Haut) [$\mu\text{Sv} / \text{Std} \times \text{Bq}$]
aus SSK-Bd. 43

t = Zeitdauer der Kontamination [Std]

34

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Dekontamination



- Wundnahe Stauung
- Dekontamination der umgebenden Haut
- Ausmessung
der Wunde
- Wundspülung
- bei Restkontamination
Evtl. chirurgische
Maßnahmen
- Blutentnahme
- 24- Std. Urin / BodyCounter

Wunddekontamination



35 21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Konzepte zur R- Personendekontamination in Deutschland bei Massenanfall



Richtwerte zur Dekontamination (SSK)

Faktoren:

- Art der Radionuklide
- Kontaminationsausmaß
- Anzahl der Betroffenen

Ziel: Stufe I
(aber höchstes
2x reinigen)

Stufe:	I	II	III	IV	V
Kontamination (kBq/cm ²)	< 0,04	0,04-0,4	0,4-4	4-40	> 40
Gammadosisleistung in 1 m Abstand ^{a)} (µSv/h)	< 0,1	0,1-0,4	0,4-4	4-40	> 40
Zählrate ^{b)} von Kontaminationsmessgeräten in Ips, nah (nicht abgedeckt)	≤ 1 500	1 500-15 000 ^{c)}	15 000-150 000 ^{c)}	*)	*)
Dekontaminationsmaßnahmen:	nicht erforderlich	zu erwägen	empfohlen	erforderlich	vorrangig erforderlich
- Beta-Hautdosis (mSv in 24 h)	< 1	1-10	10-100	100-1 000	> 1 000
- Gammadosis durch äußere Bestrahlung (mSv in 24 h)	< 0,02	0,02-0,2	0,2-2	2-20	> 20

36 21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Radiological Screening of public

March 13-June 15, 2011

No. people screened	No. those with $>10^5$ cpm
201,831	102 (0.05%)

Fukushima Pref.



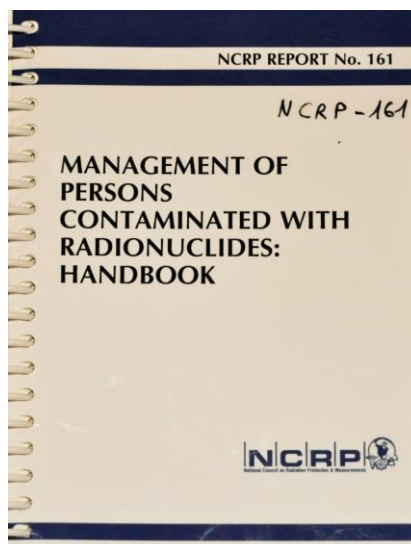
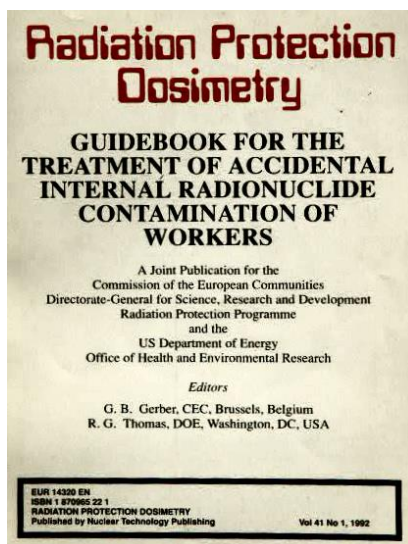
37

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



38

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Abwägung der Behandlungserfordernis

Ziel: Risikominimierung durch Dosisreduktion

- Akute Strahlenschäden
- Stochastische Spätschäden (ICRP 1990 und 2007) ca. 5 %/ Sv

Behandlungsrisiken

- Iv. Injektionen – Luftembolie 1 : 20 000
- Allgemeinnarkose – Komplikationen 1 : 50 000
- Wundexzision – Funktionseinschränkung 1 von 40
- Toxische- / Allergische Nebenwirkung

Entscheidungsschwellen

- < 20 mSv Folgeeffektivdosis : keine Maßnahmen
- 20-200 mSv Folgeeffektivdosis : **Behandlung erwägen**
- >200 mSv Folgeeffektivdosis : **behandeln**

Maßnahmen nach Inkorporation



TIARA booklet Radionuclides of interest

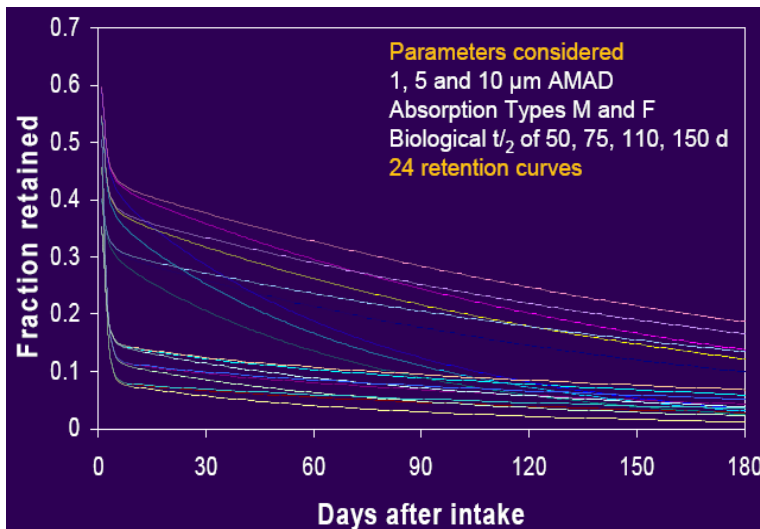


Element	Isotope	Half life	Emission
Americium	Am-241	432 y	$\alpha\gamma$
Caesium	Cs-137	30 y	γ
Cobalt	Co-60	5.2 y	γ
Iodine	I-131	8 d	γ
Iridium	Ir-192	74 d	γ
Molybdenum/Technicium	Mo-99/Tc-99 ^m	66 h/6 h	γ
Plutonium	Pu-238	88 y	α
	Pu-239	2.4 10 ⁴ y	α
Polonium	Po-210	138 d	α
Radium	Ra-226 ⁺	1600 y	α, β, γ
Selenium	Se-75	120 d	γ
Strontium	Sr-89	51 d	β
	Sr-90/Y-90	29.1 y/64 h	β
Uranium	Depleted (DU)		α, β, γ
	Natural		α, β, γ
Ytterbium	Yb-169	32 d	γ

Maßnahmen nach Inkorporation



Ganzkörper Retention von ¹³⁷Cs : Alle'bekannten Unbekannten'?



41

21.09.2017

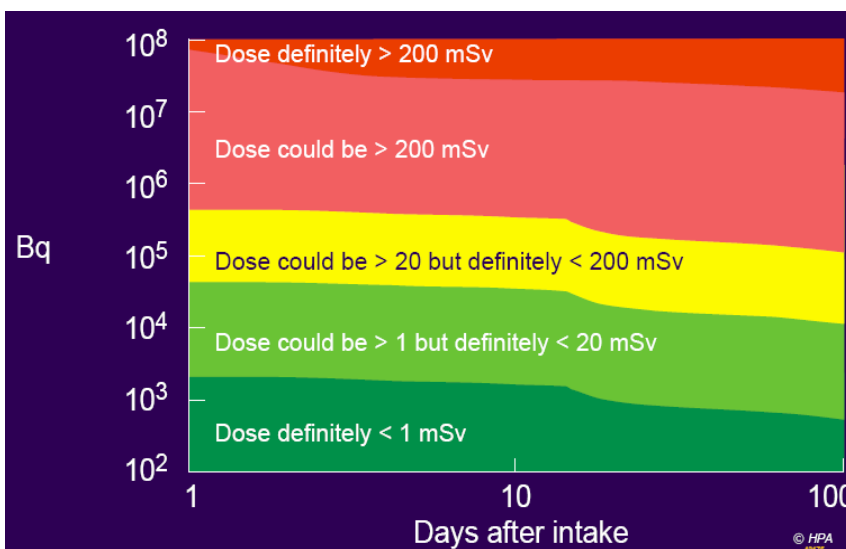
Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Caesium-137 Whole Body Measurements



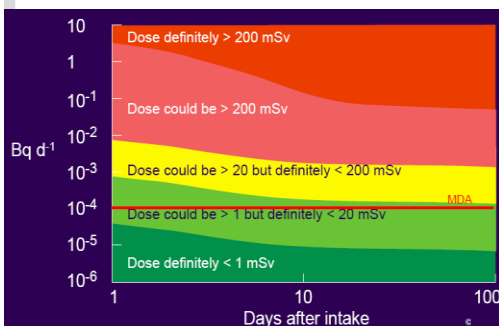
42

21.09.2017

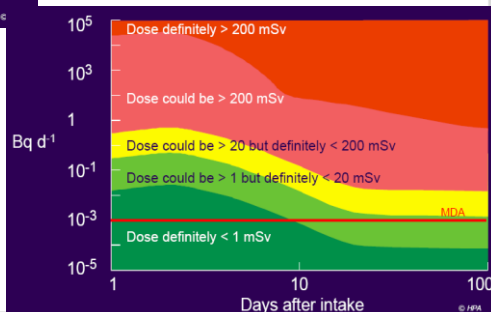
Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Plutonium-239 – Urine and Fecal Excretion



43

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation

V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Therapeutische Maßnahmen nach Inkorporation 1. Hemmung der Resorption – des Uptake

Verletzung:

- Wundspülung
- Wundnahe venöse Stauung
- Wundrandexzision

Inhalation:

- Spülung von Mund, Nase, Rachen
- Lungenspülung

Ingestion:

- Mundspülung, Magenausheberung, Emetica
- Blockierung der Darmresorption
- Beschleunigung der Darmpassage

44

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation

V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Therapeutische Maßnahmen nach Inkorporation

2. Beschleunigung der RN- Ausscheidung

- **Verdünnungstherapie**
- **Beeinflussung der Organfunktion**
- **Blockade der RN- Rückresorption aus dem Darm**
- **Komplexbildner, Chelatbildner**
- **Hämodialyse**

45

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Therapeutische Maßnahmen nach Inkorporation (nach Wirksubstanz) Teil 1

Wirksubstanz	Radionuklide	Prinzip	Red. intest. Resorption	Ausscheid Intensivg	Anwendung
<i>Ca-/ Zn- DTPA</i>	Fe,Co,Ni,Cr, Mn, Zn,Zr Aktiniden- Am,Pu,Cm,Cf Lanthanide	Chelat- bildner		+	iv- Infusion 0,5 - 1g/d
<i>Ferrihexa- cyanoferrat</i>	Cs, Tl, Rb	Adsorp- tion	+	+	6x0,5 g/d Kps. oral
Ba-sulfat	Ba, Ra, Sr	Adsorp- tion	+		100 ml oral
Al-phosphat	Ba, P,Ra,Sr	Adsorp Neutral	+		100 ml oral

46

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Therapeutische Maßnahmen nach Inkorporation (nach Wirksubstanz) Teil 2

Wirksubstanz	Radionuklide	Prinzip	Red. intest. Resorption	Ausscheidung Intensivg.	Anwendung
Alginat	Ba, Ra, Sr	Adsorption	+		2x5g oral
DMPS	Hg, Pb, Po	Chelator		+	oral
Kalium-Iodid	I	Dilution	+	+	130 mg oral
Na-Bicarbonat	U	Komplexbildung		+	250 ml Infusion
Al-Hydroxid	F, Hg, K, P, Po	Adsorption Neutralisation	+		100 ml oral

47

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Therapeutische Maßnahmen nach Inkorporation (nach RN)

Radio-nuklid	T ½ effektive	Bq/20mSvP / GI	Red. intest. Resorption	Effekt	Ausscheidung Intensivg.	Effekt
Am-241	45 y	E +2 P	Adsorbens	+-	DTPA	+++
Pu-239	50 y	E +2 P	Adsorbens	+-	DTPA	+++
Cs-137	109 d	E +5 GI	Pr. Blau	++	Pr. Blau	++
I-131	7,5 d	E +5 GI	Iodid	++	Iodid, Perchlorat	++
H-3		E +9	Forc. Diurese	+-	Forc. Diurese	+-
U - 235	14 d	E +4 P	Adsorbens	++	Bicarbonat	(+)
Sr-90		E +4 P	Sulfat, Alginat Phosphat,	++	Ca, (Sr), NH4Cl	++

48

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Therapeutische Maßnahmen nach Inkorporation Frühbehandlung bei Inkorporation – selten nötig!

Indikation abhängig von

Toxizität des Nuklids, Behandlung vor Ablagerung in Zielorganen, nachweislichem Therapieeffekt, Nebenwirkungsrisiko

Relevante Medikamente

Ca- oder ZN- DTPA-Lösung bei gut-löslichen Pu-Verbindungen auch ohne Dosisabschätzung

K- Iodid -Tbl.: max. 6-12 Std nach Inhalation von Radio-Iod

Berliner Blau. Tbl.-Radiogardase: nach frühzeitiger-relativ einfacher Dosisabschätzung

Magen Darm- Adsorptiva : Ingestion von Erdalkali-Elementen

Lungenspülung : bei Inhalation von unlöslichem Pu-oxid und Lungendosis > 5 Sv

49

21.09.2017

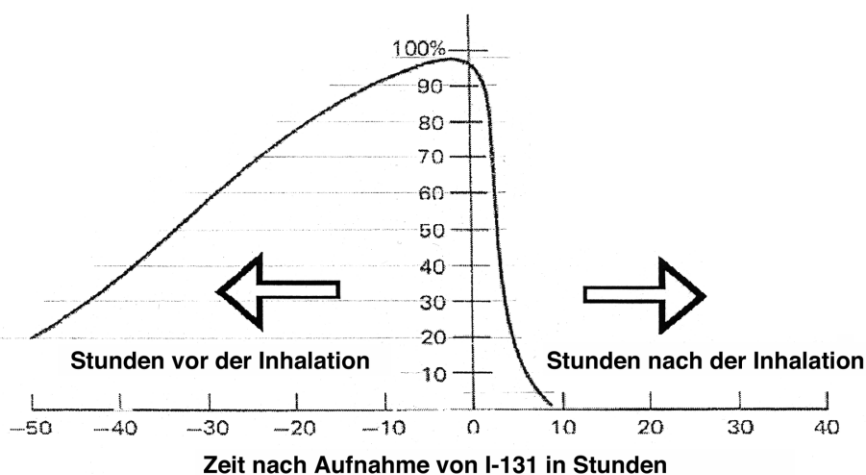
Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Effektivität der **Schilddrüsen-Blockade**
durch einmalige Gabe von 100 mg Jod



50

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Eingreifrichtwerte Einnahme von Jodtabletten

Unterer Eingreif-Richtwert 50 mSv
gilt für **Kinder bis 18 Jahre**

Oberer Eingreif-Richtwert 250 mSv
gilt für **Personen 18 bis 45 Jahre**

■ **Dosierung zunächst nur einmal nach Mitteilung, ggf. weitere Aufforderung (1 Tbl. Kaliumiodid a 65mg enthält 50 mg Iodid)**

■

■ **Erwachsene - 13 bis 45 Jahre, Schwangere und Stillende:** 2 Tbl.
(100 mg Iodid)

■ **Kinder von 3 bis unter 13 Jahren:** 1 Tbl. (50 mg Iodid)

■ **Kleinkinder von 1 Monat bis unter 36 Monate :** 1/2 Tbl. (25 mg Iodid)

■ **Neugeborene < 1 Monat :** 1/4 Tbl. (12,5 mg Iodid)

51

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Biokinetische Daten von Caesium-137

ICRP 23,30 und 78, Bundesanzeiger 2001

■ **Körpergehalt** (Ref. Man) v.a. intracellulär, ähnlich K+

■ Gesamtkörper 1,5 mg

■ Muskulatur 0,57 mg

■ Knochen 0,16 mg

■ **Zufuhr** (v.a. Ingestion) tgl. 10 µg

■ Ingestion : $f_1 = 1,0$; Inhalation : Kl. F (fast)

■ Ingestion Dosiskoeffizient ED : $1,3 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq

Folge-Effektivdosis 20 mSv entspricht ca. 1,5 MBq Zufuhr

■ **Ausscheidung** (v.a. glomeruläre Filtration)

■ Bei akuter Zufuhr Urin : Stuhl = 4 : 1

■ Bei chronischer Zufuhr Urin : Stuhl = 9 : 1

52

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Dekorporation von Radiocaesium

Durch orale Gabe von **Ferrihexacyanoferrat (Berliner Blau)**

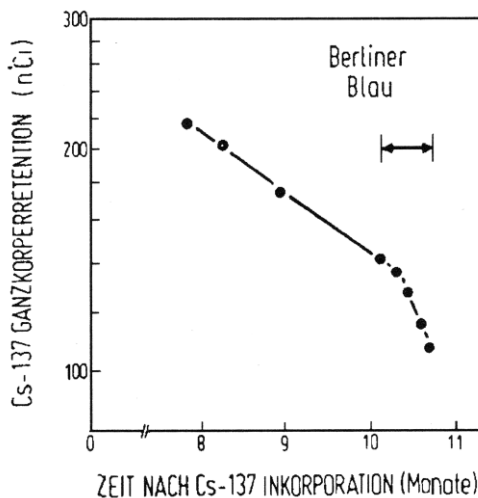
Deutliche Reduktion der Halbwertszeit von Cs insgesamt auf ca. 1/3

Bei **Beginn innerhalb**

24 Std. Erhöhung der ersten, raschen

Ausscheidungsfraktion auf das 4-fache

und der 2. Fraktion auf das 2-fache (Richmond, Volf, Stather)



53

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Der Goiania Unfall 1987

Strahlenquelle für Therapie

Cs-137-CI- Pulver
dispers, kompaktiert

Masse	91,2 g
Volumen	30 cm ³
Aktivität	50,9 TBq
Dosisleistung (1m)	4,56 Gy/h

Betroffene Personen

- überwacht	112800
- Kontamination	249
- Inkorporation	155
- Teilkörper Syindr.	28
- Hospital	20
- Km-insuffizienz	14
- Akutes Str.Syindr.	8
- Todesfälle	4

54

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Der Goiania Unfall 1987

Daten zur Radiogardase- Behandlung

Alter 4-38 Jahre	Dosis 3xtgl. bis 2-stdl.	HWZ verkürzt auf	Reduktion der Folgedosis um Faktor
Kinder	1 - 3 g tgl.	43 %	1,7 – 2,0
Jugendliche	3 - 10 g tgl.	45%	1,7 - 4
Erwachsene	3 – 10 g tgl.	69%	1,7 – 6,2

Therapiebeginn erst nach Tagen bis Wochen, Dauer bis zu Monaten.
Kaum Dosisabhängigkeit: Max. bei 10 g/d ohne tox. Nw, darüber aber zunehmend gastrointestinale Beschwerden .

Maßnahmen nach Inkorporation

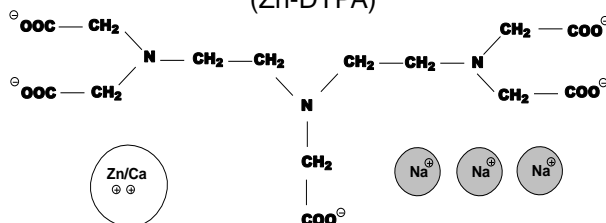


Chelatbindung von Actiniden

Diethylen-triamin-penta-
Essigsäure

Ditripentat-Heyl®
(DTPA)

Zink-Trinatrium-pentetat
(Zn-DTPA)



Maßnahmen nach Inkorporation



Fall: Akute Inhalation von Am-241: Teilkörperaktivitäten

Zeit nach Zufuhr in Tagen	Teilkörperaktivitäten in Bq Am-241		
	Atemtrakt (Al+BB+bb)	Leber	Skelett
0,25	533 ± 53	< 27	-
1	435 ± 44	< 22	-
4	376 ± 38	< 19	26 ± 11
21	313 ± 31	< 16	< 22
28	312 ± 31	< 16	-
53	211 ± 21	< 11	< 28
91	130 ± 13	9 ± 4	30 ± 11
208	47 ± 5	< 6	36 ± 11
279	43 ± 4	< 6	46 ± 11
648	18 ± 4	9 ± 4	45 ± 11
1418	12 ± 4	10 ± 4	57 ± 11

57

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

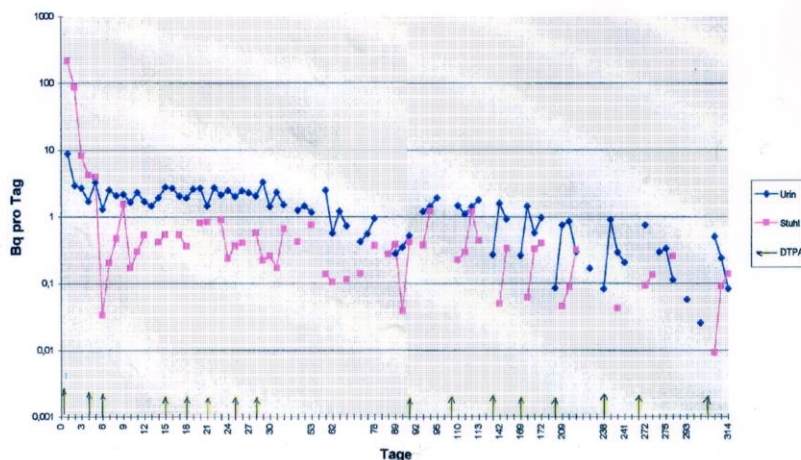
MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Fall: Akute Inhalation von Am-241

Ausscheidungsverlauf Am-241



58

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Maßnahmen nach Inkorporation



Fall: **Akute Inhalation von Am-241**: Folgeäquivalentdosis in mSv

	Organ bzw. Gewebe	effektiv neue Wichtung (ICRP 60)
Lunge	54	6
Leber	120	6
R. Knochenmark	180	22
Knochenoberfläche	2240	22
gesamt		56

59

21.09.2017

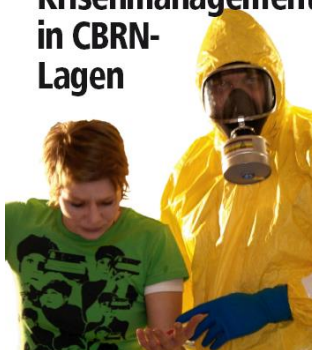
Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Betriebliches Strahlenunfall-

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
Management

Psychosoziales Krisenmanagement in CBRN-Lagen



Stand Dezember 2009

Typische Belastungen bei radiologischen/nuklearen Lagen



- Radioaktivität bzw. ionisierende Strahlung ist nicht wahrnehmbar und wird als schwer kontrollierbar empfunden.
- Aber: Strahlung kann mit Spezialausrüstung schnell und zuverlässig gemessen werden.
- Schädigungen durch Strahlenbelastungen sind zum Teil durch die Strahlendosis einzuschätzen. Aber auch bei einer geringeren Strahlendosis ist eine längerfristige Schädigung nicht mit Sicherheit auszuschließen. Gleichzeitig ist natürliche Radioaktivität immer vorhanden.
- Kinder und auch Schwangere gelten als besonders gefährdet, gesundheitliche Folgen davonzutragen.
- Schädigungen durch Strahlenbelastungen können zeitverzögert (Jahre oder Jahrzehnte) auftreten.
- Nachfolgende Generationen können betroffen sein.
- Das individuelle mittel- und langfristige Erkrankungsrisiko durch Strahlung (z.B. spätere gesundheitliche Einschränkungen, Krebserkrankungen oder Erbschäden) ist schwierig einzuschätzen.

Auf einen Blick

Basisregeln der psychischen ersten Hilfe durch Einsatzkräfte

- Sag, dass du da bist, wer du bist und was geschieht!
- Sprich, halte das Gespräch aufrecht, höre „aktiv“ zu!
- Schirme den Patienten vor Zuschauern ab!
- Suche / biete vorsichtig Körperkontakt (Hand, Arm, Schulter)!
- Stärke das Selbstwirksamkeitsgefühl des Patienten, gib ihm einfache Aufgaben!
- Gib Informationen über Verletzungen und weitere Maßnahmen in verständlicher Sprache!
- Belüge den Patienten nicht!
- Sag, dass alles Menschenmöglichste getan wird!
- Beziehe Angehörige möglichst mit ein!
- Sag, wenn du den Patienten verlassen musst!

Keinesfalls!

- Vorwürfe machen,
- Beschuldigungen aussprechen,
- beunruhigende Einschätzungen oder Diagnosen äußern,
- Ursachen diskutieren,
- Vorgänge bagatelisieren.

60

21.09.2017

Med. Aspekte bei Inkorporation V.List LIA.NRW 2017

MED Dienste KIT

Kontakt



Dr. med Volker List
Leitender Arzt
Medizinische Dienste
KIT- Karlsruher Institut für Technologie, Campus Nord
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein- Leopoldshafen

Tel. 0721/608 22068
Fax 0721/608 22154
E-mail: volker.list@kit.edu
Internet www.kit.edu
Regionales Strahlenschutz Zentrum
Liaison Institut der WHO für Strahlenunfälle