



Informationen der Strahlenschutzkommission (SSK)
des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz

Nummer 7 (2023)

Strahlennotfallmedizin

Handbuch für die medizinische Versorgung und Ausbildung

Kurzfassung von Heft 70
der „Berichte der
Strahlenschutzkommission“

Herausgegeben im Auftrag des
Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz,
nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
von der Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission beim Bundesamt für
Strahlenschutz

Herausgegeben im Auftrag des
Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz
von der Geschäftsstelle der Strahlenschutzkommission beim
Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 12 06 29
53048 Bonn

Redaktion: Simone Genkel
Bonn, Februar 2023

© Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz · 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist
ohne Zustimmung unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfäl-
tigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Ver-
arbeitung in elektronischen Systemen.
Satz und Layout: Christa Siepenkötter, Bundesamt für Strahlenschutz, Bonn
Druck: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz
Printed in Germany

Strahlennotfallmedizin

Handbuch für die medizinische
Versorgung und Ausbildung

Kurzfassung von Heft 70
der „Berichte der
Strahlenschutzkommission“

Vorwort

Bei der Erstellung der Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK) „Strahlennotfallmedizin – Handbuch für die medizinische Versorgung und Ausbildung“ für im Strahlennotfall tätige Einsatzkräfte, kam der Wunsch auf nach einem aktuellen kurzen Leitfaden für die speziellen Aspekte der medizinischen Erstversorgung. Der Fokus des Leitfadens liegt auf der akut-medizinischen und psychosozialen Notfallversorgung einer kleinen Anzahl von Personen. Für die Versorgung einer großen Anzahl von Betroffenen verweisen wir auf die ausführliche Behandlung im o. g. Handbuch der SSK.

Der vorliegende Leitfaden hat als Zielgruppe medizinisches Personal und Notfalleinsatzkräfte wie Feuerwehren und Kräfte des Katastrophenschutzes, die eine für die Praxis taugliche kurze Information zur adäquaten Versorgung von Strahlennotfallpatient*innen benötigen. Er beinhaltet nur Handlungsanweisungen und Informationen, die für die präklinische Versorgung bei einem Notfall mit ionisierender Strahlung hilfreich sind, um zeitnah lebensrettende Sofortmaßnahmen zu ergreifen und gesundheitliche Auswirkungen für die zu behandelnde Person zu reduzieren. Es werden nützliche Hinweise zur Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung und zur frühen strahlenmedizinischen Beurteilung der Patient*innen aufgezeigt.

Ziel dieses Leitfadens ist es, ein zeitnahes operatives Handeln im Strahlennotfall zu ermöglichen und persönliche Schutzmaßnahmen für das Einsatzpersonal bei entsprechenden Szenarien so zu nutzen, dass das Hauptaugenmerk auf der Rettung und der Vermeidung weiterer Gesundheitsschäden des/der Patient*in liegen kann. Es werden Faustformeln für die Abschätzung der Strahlenexposition und Verhaltensregeln am Einsatzort gegeben.

Für weiterführende Informationen und Handlungsanweisungen zur klinischen Versorgung von strahlenexponierten Patienten wird auf die Empfehlung „Strahlennotfallmedizin – Handbuch für die medizinische Versorgung und Ausbildung“ der SSK verwiesen. Weiterhin ist die SSK der Ansicht, dass ein Studium dieser Kurzfassung nicht eine weitergehende Ausbildung im Strahlennotfallmanagement ersetzen kann.

Bonn, im Februar 2023

*Prof. Dr. Ursula
Nestle*

*Vorsitzende der
Strahlenschutz-
kommission*

*Prof. Dr. Matthias
Port*

*Vorsitzender des
Ausschusses
„Notfallschutz“*

*Dr. Werner
Kirchinger*

*Vorsitzender der
Arbeitsgruppe
"Überarbeitung der
Bände 4 und 32 der
Veröffentlichungen
der SSK"*

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Präklinische Maßnahmen.....	3
2.1	Rettung und Präklinische Sichtung.....	3
2.2	Lebensrettende Sofortmaßnahmen zur Erstversorgung von Strahlennotfallpatient*innen.....	5
3	Maßnahmen zur Dekontamination	7
3.1	Kontaminationsmessung	8
3.2	Ablaufschema der Dekontaminationsmaßnahmen	9
3.3	Durchführung der Personendekontamination	11
3.4	Vorgehen bei verbleibender Kontamination.....	14
3.5	Maßnahmen bei kontaminierten Wunden	15
4	Strahlungsmesstechnik	18
4.1	Strahlungsmessgeräte und Anwendungen	18
4.2	Personendosimetrie.....	18
5	Eigenschutz und persönliche Schutzausrüstung.....	19
5.1	Verhalten im Eigenschutz.....	19
5.2	Mögliche Gefährdungen	20
5.3	Persönliche Schutzausrüstungen (PSA).....	20
6	Transport kontaminierter Personen.....	22
7	Psychosoziale Versorgung von Betroffenen und Einsatzkräften	24
7.1	Psychosoziale Notfallversorgung: Grundlagen und Stand. 24	
7.2	Besonderheiten der psychosozialen Versorgung bei radiologischen Notfällen	26
8	Literatur	28

Anhang A

Unfallmeldung, Strahlenunfallerhebungsbogen	31
---	----

Anhang B

Liste der Regionalen Strahlenschutzzentren	35
--	----

Anhang C

Dekontaminationsmaßnahmen.....	39
--------------------------------	----

Anhang D

Faustformeln	53
--------------------	----

Anhang E

Begriffsbestimmungen.....	57
---------------------------	----

Literatur	66
-----------------	----

1 Einleitung

Wenn Strahlung auf den Körper einwirkt, können gesundheitliche Beeinträchtigungen sowohl in Folge einer externen Exposition durch ionisierende Strahlung als auch einer internen Exposition nach Inkorporation radioaktiver Stoffe auftreten (Abb. 1-1).

Dadurch verursachte Strahlenschäden bei betroffenen Personen reichen von lokalen Akutreaktionen bis zu lebensbedrohlichen Zuständen, die eine frühe und spezifische Diagnostik und Therapie erfordern. Darüber hinaus können Spätschäden auftreten, die sich erst in der Zukunft manifestieren z. B. als bösartigen Tumor.

Von einem Kombinationsschaden spricht man, wenn zusätzlich zu einer externen lokalen Strahlenexposition, einer Teil- oder Ganzkörperexposition, einer Kontamination oder Inkorporation, eine konventionelle Verletzung infolge thermischer, chemischer oder traumatischer Einwirkungen auftritt.

Die in dieser Broschüre betrachteten Szenarien beziehen sich in erster Linie auf Ereignisse, die nur wenige Personen betreffen.

	Externe Strahlenexposition			Interne Strahlenexposition	
Verursacht durch...	Umschlossene oder offene radioaktive Quelle, Röntgenanlage, Beschleuniger	Umgebungs-kontamination Gegenstände, Boden, Wasser, Luft	Kontamination des Körpers mit nicht resorbierbarem radioaktiven Stoff Haut, Kleidung	Kontamination des Körpers mit resorbierbarem radioaktivem Stoff Haut, Wunde	Inkorporation Ingestion, Inhalation, Injektion
Was tun?	Quelle sofort abschalten bzw. abschirmen; Schnell Patient*innen aus dem Gefahrenbereich entfernen	Kontaminierte Zone rasch verlassen!	Dekontaminieren	möglichst zeitnah dekontaminieren	Radionuklid/chemische Verbindung frühzeitig identifizieren; Dekorporation
Achtung!	Aufenthaltszeit im Strahlenfeld minimieren	Verschleppung der Kontamination möglich	Verschleppung der Kontamination möglich	Verschleppung der Kontamination möglich	Verschleppung der Kontamination durch Ausscheidung möglich
Risiko für Notfallpersonal	ggf. hoch, solange Quelle nicht abgeschaltet bzw. geborgen ist	ggf. hoch	gering	gering	sehr gering

Abb. 1-1: Externe und interne Strahlenexposition, Sofortmaßnahmen und assoziierte Risiken für Notfallpersonal



Es werden zwei Arten der Strahlenexposition unterschieden:

- die **externe** Exposition (Ganz- und Teilkörperbestrahlung) und
- die **interne** Exposition (Inkorporation durch eine Inhalation, Ingestion oder Aufnahme über Wunde/ intakte Haut).



Kontaminationen können sowohl zu einer externen als auch internen Exposition führen.

2 Präklinische Maßnahmen

2.1 Rettung und Präklinische Sichtung

Das Vorgehen bei der Rettung entspricht der Vorgehensweise bei allen anderen Notfall- und Katastrophensituationen, wobei der Selbstschutz des Einsatzpersonals zusätzlich beachtet werden muss.

Frühzeitig sollte ein/eine Ärzt*in mit speziellen Kenntnissen im Strahlenschutz oder ein/eine Strahlenschutzexpert*in hinzugezogen werden.

Wenige betroffene Personen

Bei Verdacht einer erhöhten Strahlenwirkung ist der Gefahrenbereich sofort zu verlassen und ggf. der betriebliche Strahlenschutz zu verständigen. Unter Beachtung des Selbstschutzes sind verletzte Personen aus dem Bereich der erhöhten Einwirkung zu bringen.



Bei lebensbedrohlichen Zuständen hat die konventionelle Notfallhilfe absoluten Vorrang.

Eine gut dokumentierte Strahlenanamnese / ärztliche Untersuchung und ggf. Blutentnahmen helfen bei der Einschätzung der Schwere und des Ausmaßes der Strahlenexposition und für das weitere Management bezüglich Dekontamination, Transport und ggf. erforderliche Behandlungsoptionen.

Dabei sollen zeitnah folgende Parameter der Strahlenexposition erhoben und dokumentiert werden:

- Strahlenquelle, Strahlenart, Energie, Intensität, Aktivität, Betriebsart etc.,
- Strahlungsfeld (Art und Umfang der Abschirmung, Streu- und Sekundärstrahlung),
- Abstand und Position der exponierten Person zur Strahlenquelle,
- Dauer der Bestrahlung, Dosisverteilung auf der Körperoberfläche,
- ggf. Dosimeterart und Dosimeteranordnung am Körper,

- ggf. Personendosis, Schätzwert der Körperdosis.

Bei Kontamination und Inkorporation sind zusätzlich festzustellen:

- Nuklidart und Eigenschaft,
- chemische Verbindung und Löslichkeit,
- kontaminierte Körperteile,
- Fläche der Kontamination in Quadratcentimeter,
- flächenbezogene Aktivität,
- Nuklidzusammensetzung,
- resultierende Hautdosen,
- ggf. Inkorporationsmechanismen.



Diese Angaben zur Strahlenanamnese sind sobald und soweit möglich zu dokumentieren und für die weitere Versorgung zur Verfügung zu stellen. Dies kann mit Hilfe des Erhebungsbogens der DGUV erfolgen.

Die Aufgaben der Einsatzkräfte im Gefahrenbereich bestehen in der Regel zunächst aus lebensrettenden Sofortmaßnahmen und der Rettung der Betroffenen in die Übergangszone. Diese Maßnahmen haben in jedem Fall Vorrang vor einer eventuell durchzuführenden Dekontamination. Aus der Übergangszone folgt die Weiterleitung in den Behandlungs-/Betreuungsbereich.

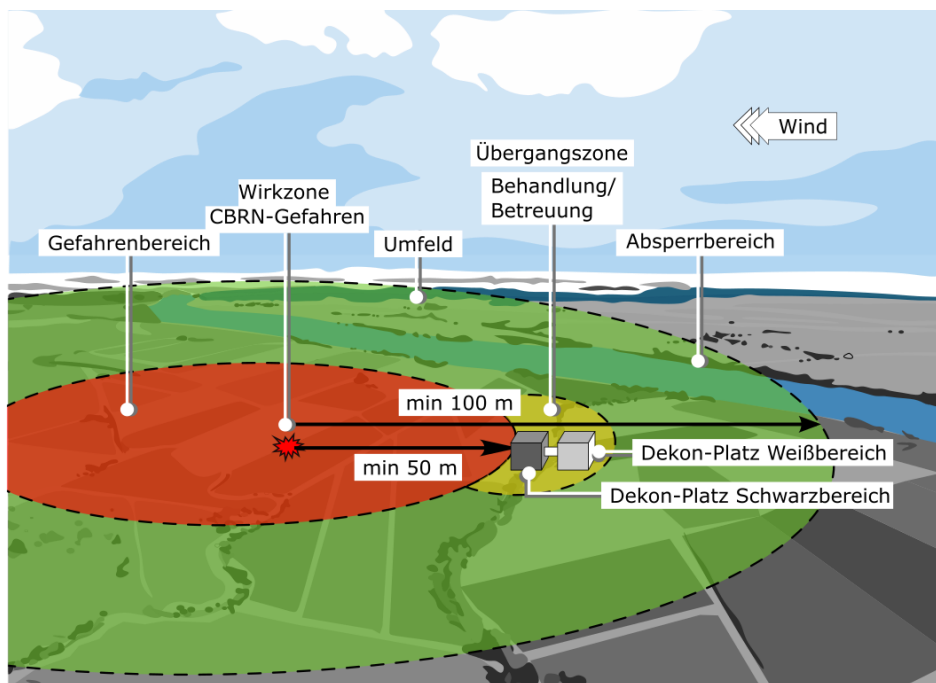


Abb. 2-1: Aufteilung von Gefahrenbereich (rot), Übergangszone (gelb) und Absperrbereich (grün) (modifiziert nach SKK 2008)

2.2 Lebensrettende Sofortmaßnahmen zur Erstversorgung von Strahlennotfallpatient*innen

Eine schnelle Rettung, also das Herausbringen des/der Patient*in aus dem Gefahrenbereich hat Vorrang.



Lebensrettende Sofortmaßnahmen sind vorrangig zu allen strahlenbedingten Prozeduren durchzuführen.

Nach der medizinischen Beurteilung können ein Trauma-Check und lebensrettende Sofortmaßnahmen nach dem c-ABCDE-Prinzip ohne Zeitverlust erforderlich sein. Die Buchstaben stehen für

- c: Critical Bleeding – kritische Blutungen,
- A: Airway – Atemwege (z. B. Verlegung der Atemwege, Verletzungen der Halswirbelsäule),
- B: Breathing – Respiratorische Probleme,
- C: Circulation – Kreislaufinsuffizienz,
- D: Disability – Einschränkungen des zentralen Nervensystems,
- E: Exposure – Ausgesetztsein z. B. Kälte.

In Bereichen mit hoher Dosisleistung kann – bei adäquaten Schutzmaßnahmen – eine Sofortrettung notwendig werden. Länger dauernde Maßnahmen an Verletzten, die sich in einem Bereich hoher Dosisleistung befinden, sind so weit als möglich zum Schutz der Einsatzkräfte (und des/der Patient*in) zu unterlassen.

Die weiteren medizinischen Maßnahmen entsprechen der Erstversorgung, die auch ohne Strahleneinwirkung durchzuführen wäre, z. B. Lagerung, Versorgung mit Medikamenten, Anlegen von venösen Zugängen, Verbände. Ihr Ziel ist, eine Verschlechterung des gesundheitlichen Zustandes sowie medizinische Komplikationen zu verhindern, Schmerzen zu lindern und den/ die Patient*in transportfähig zu machen.

Gegenüber konventionellen Unfällen weisen die medizinischen Erstmaßnahmen bei einem Strahlenunfall einige Besonderheiten auf, die zu beachten sind, sofern nicht der Zustand des/der Patient*in unmittelbare, lebensrettende Sofortmaßnahmen erfordert:

1. Informationen über die Strahlenquelle und die Art der Exposition

Informationen über die Strahlenquelle und die Art der Exposition sind, soweit sie vorliegen oder ohne Zeitverzögerung erfasst werden können, an das für die weitere Versorgung zuständige Team weiterzugeben.

2. Grobdekontamination

Im Zusammenhang mit lebensrettenden Sofortmaßnahmen wird bei Verdacht auf Kontamination gegebenenfalls nur eine Grobdekontamination durchgeführt:

- Anlegung einer partikelfiltrierende Halbmaske (FFP-Maske) möglichst mit Ausatemventil
- Entfernung kontaminierter Kleidung (ggf. Aufschneiden)

- Abkleben nicht kontaminierter Wunden
- möglichst nur geschultes Personal einsetzen
- Abwaschen der Haut soweit möglich und medizinisch vertretbar
- Achten auf mögliche Unterkühlung, z. B. Ersatzkleidung oder Rettungsdecken wärmen! Cave: Wärmestau. Keine Plastikfolien verwenden.

3. Erstversorgung von Wunden

Bei jeder kontaminierten Wunde ist, bis eine Inkorporationsmessung erfolgt ist, von einer Inkorporation radioaktiver Substanzen auszugehen.

- Spülen von Wunden mit steriler Kochsalz- oder Elektrolytlösung, ggf. sonst Leitungswasser (Spot-Dekontamination).
- Wasserdichtes Verbinden offener Wunden (Minimierung nachträglicher Inkorporationsgefahr)
- Ruhigstellung von Extremitäten, um eine Ausbreitung der Wundkontamination zu reduzieren
- Zeitnahe Gabe von Antidot, falls verfügbar und indiziert.

Diese Maßnahmen dienen auch der Vorbereitung des Transports des/der Patient*in (siehe Kapitel 6).

4. Kontaminationskontrolle

Die Kontaminationskontrolle bedarf der Unterstützung durch geschultes Personal. Messungen sollen nur durchgeführt werden, wenn notwendige lebensrettende Sofortmaßnahmen nicht verzögert werden.

3 Maßnahmen zur Dekontamination

Für alle Formen der Kontamination gilt, dass eine angemessene, möglichst vollständige Dekontamination auch zur Verhinderung von möglichen Folgeschäden (Verschleppung, Gewebeschädigung, Krebsentstehung) geboten ist.



Eine Kontamination darf nicht dazu führen, dass einem/einer Patient*in vor der Dekontamination dringliche lebenserhaltende Maßnahmen vorenthalten werden.

Die organisatorische Gestaltung ist kontextabhängig und wird sich bei einem Arbeitsunfall in einem Betrieb, in dem radioaktive Stoffe genutzt werden, deutlich von einer Situation bei einem Anschlag mit ionisierender Strahlung unterscheiden. Es können daher nur Behandlungsprinzipien angegeben werden, die im Einzelfall der Lage anzupassen sind.

3.1 Kontaminationsmessung

Zur Feststellung einer eventuellen Kontamination bedarf es dafür geeigneter Messgeräte, z. B.:

- Messgerät mit Szintillationsdetektor,
- Messgeräte mit Durchflusszählrohr,
- Messgeräte mit Festgasfüllung.

Ausmaß und Ausdehnung von Kontaminationen der Körperoberfläche können ohne solche Messgeräte nicht beurteilt werden. Die erforderliche Messung sollte durch geschultes Personal mit geeigneten Messgeräten erfolgen. Bei Unfällen im beruflichen Umfeld ist häufig die Einrichtung, aus der die kontaminierte Person stammt, in der Lage, die erforderlichen Messungen vorzunehmen. Weiterhin verfügen Hilfsorganisationen, wie die Feuerwehr, evtl. nuklearmedizinische Abteilungen und behördliche Stellen, über geeignete Messgeräte.

Die Messung muss systematisch und mit langsamer Bewegung des Detektors erfolgen (Abb. 3-1). Hat die Messung an einer bekleideten Person einen positiven Messeffekt gezeigt, muss die Person noch einmal in unbedecktem Zustand nachgemessen werden. Zeigt sich dann immer noch ein positiver Messeffekt muss eine möglichst gezielte Dekontamination durchgeführt werden, eine Ganzkörperdekontamination ist in der Regel nicht erforderlich.

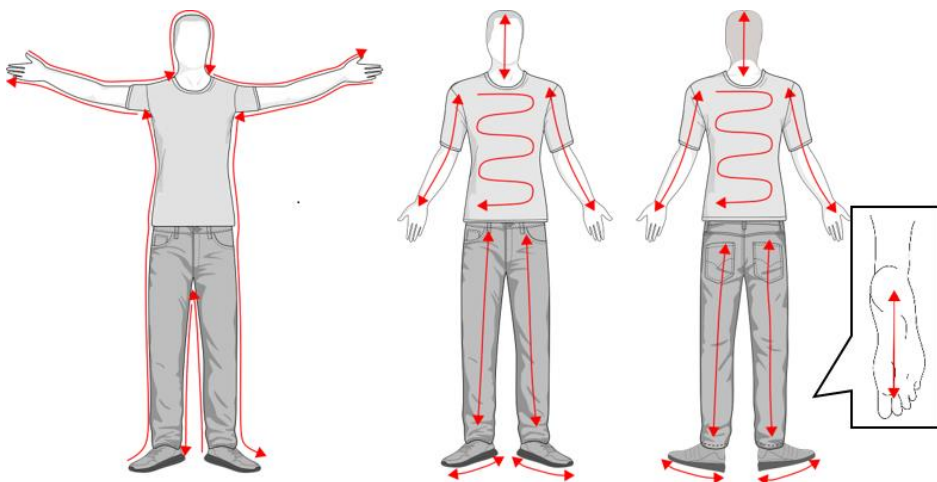


Abb. 3-1: Schema zur Messung der Personenkontamination. Die Pfeile zeigen, wie das Messgerät zu führen ist.

Je nach Stärke und Ausdehnung der Kontamination ist zu entscheiden, ob und wie dekontaminiert werden soll.

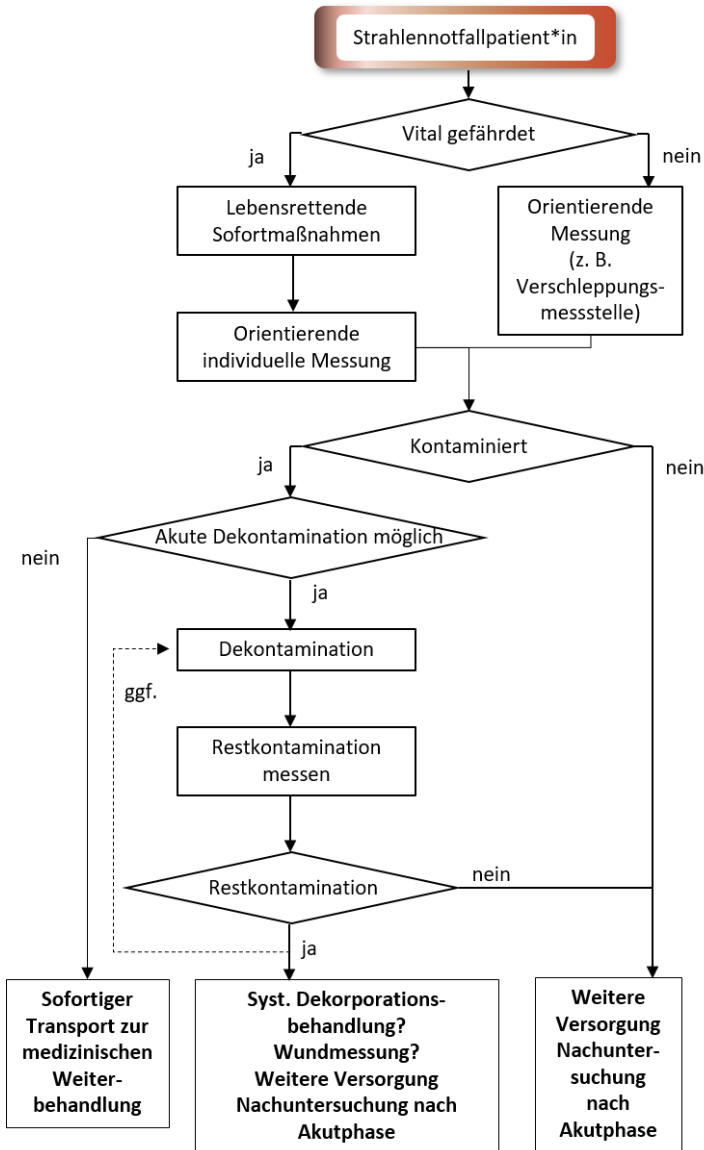


Für die orientierende Dosisabschätzung bieten sich einfache Abschätzungsformeln an:

- Eine Flächenkontamination von 1 Bq pro cm^2 eines Beta/Gammastrahlers ruft eine maximale Beta-Hautdosisleistung von $2 \mu\text{Sv h}^{-1}$ hervor.
- Die Gamma-Hautdosisleistung beträgt dabei nur ca. 1/100 dieses Wertes, d. h. in der Größenordnung von $0,01 \mu\text{Sv h}^{-1}$.

3.2 Ablaufschema der Dekontaminationsmaßnahmen

Zunächst gilt, dass vorbeugende Maßnahmen zur Vermeidung oder zur Einschränkung einer Kontamination den wirkungsvollsten Schutz darstellen. Grundsätzlich bietet die gesunde Haut einen guten Schutz vor perkutaner Inkorporation radioaktiver Stoffe. Die Versorgung von potenziell kontaminierten Strahlennotfallpatient*innen sollte einem systematischen Ablaufschema folgen, das in Abb. 3-2 dargestellt ist.



*Abb. 3-2: Versorgung von kontaminiertem Strahlennotfallpatient*innen*

Eine systematische Dekontamination besteht aus folgenden Maßnahmen, die regelmäßig geübt werden (Anhang C) müssen:

1. Entfernung kontaminierter Kleidung,
2. hautschonendes Abwaschen des kontaminierten Bereiches, wenn verfügbar unter Benutzung einer schonenden, im schwach sauren pH-Bereich gepufferten Flüssigseife,
3. Verhinderung der Kontaminationsverschleppung,
4. Vermeidung der sekundären Inkorporation,
5. psychosoziale Betreuung von Beginn an.



Entfernung kontaminierter Kleidung reduziert erfahrungsgemäß die Kontamination um bis zu 90 %.

3.3 Durchführung der Personendekontamination

Um Inkorporationen zu vermeiden, sollte eine Personendekontamination in folgender Reihenfolge durchgeführt werden: Wunden → Körperöffnungen → intakte Haut. Es ist von zentral nach peripher, ggf. unter Schutzabdeckung nicht kontaminierter Körperteile, zu dekontaminieren.

Personal ist angehalten, während der Dekontamination ein Dosimeter, einen Schutzanzug, Handschuhe, adäquaten Atemschutz (mindestens FFP2-Masken) und eine Schutzbrille zu tragen, um die Inkorporation von Radionukliden zu verhindern. Eine relevante Gefährdung des Personals durch kontaminierte Personen ist bei Einhalten des Selbstschutzes in aller Regel nicht gegeben.



Bei Einhalten von gängigen und einfachen Strahlenschutzmaßnahmen stellt eine kontaminierte Person keine Gefahr für das Behandlungsteam dar.



Grundsätzlich beinhaltet der Dekontaminationsvorgang die Reduktion von gesundheitsgefährdenden Substanzen bzw. Partikeln auf Oberflächen mit physikalischen Mitteln.

- Mit der Dekontamination soll so früh wie möglich begonnen werden. Kontaminierte Personen sind mit mindestens FFP2-Masken und Schutzbrille auszustatten.
- Das Entfernen der Kleidung soll durch aktive Assistenz durch Einsatzkräfte durchgeführt werden, um Aufwirbeln von radioaktiven Stoffen so weit wie möglich zu vermeiden. Dabei kann das Aufschneiden von geschlossener Oberbekleidung notwendig sein. Allein das Ausziehen der kontaminierten Kleidung erbringt in der Regel einen Dekontaminationseffekt von bis zu 90 % (Anhang C).
- Kontaminierte Kleidung wird in markiertem und personalisiertem Plastiksack an geeigneter Stelle (kein Personenverkehr) bis zur weiteren Untersuchung zwischengelagert.
- Für die Dekontamination von Personen, bei denen eine Kontamination der Haut mit Radionukliden gemessen wurde, bietet sich das Abwaschen mit idealerweise lauwarmen Wasser in Form eines weichen Duschstrahls an, um eine sekundäre Aerosolbildung der Partikel zu verhindern.
- Sofern vorhanden, kann der zusätzliche Einsatz von Seife, alkali-freier Waschlösung oder anderen Detergenzien (bspw. Geschirrspülmittel) die Ablösung von Partikeln unterstützen. Ergänzend kann die Anwendung mild abrasiver Reiniger erwogen werden.
- Der Vorgang sollte gezielt auf exponierte Hautareale, die zuvor nicht durch dichte Kleidung abgeschirmt waren (bspw. Kopf und Hände), beschränkt werden („Spot-Dekontamination“).
- Eine Spot-Dekontamination kann auch mit Feuchttüchern, die mit kreisenden Bewegungen über kontaminierte Areale geführt und im Anschluss gesondert entsorgt werden, durchgeführt werden.
- Eine grundsätzliche Alternative kann die sogenannte „Trocken-Dekontamination“ lokal begrenzter Hautareale darstellen. Dabei werden mittels Klebestreifen Partikel in den oberen Hornschichten kontaminierter Haut entfernt.
- Bei speziellen Lagen, wie etwa bei lokal begrenzten Kontaminationen in nuklearmedizinischen Einrichtungen, kann die Dekontamination durch lokale Anwendung von nuklidspezifischen Komplexbildner-Lösungen mit EDTA oder DTPA bzw. bei Radioiodverbindungen durch Kaliumiodidlösung ergänzt werden.

- Wenn die Messungen auf eine diffuse oder generalisierte Kontamination hinweisen, sollte eine Ganzkörperdusche durchgeführt werden.
- Bei sämtlichen Personen-Dekontaminationsverfahren haben der Erhalt der Barrierefunktion der Haut sowie die Vermeidung sekundärer Kontaminationsverschleppung oder gar Inkorporation oberste Priorität.

Spätestens bei beginnender Hautrötung ist die Dekontamination einzustellen. Keinesfalls darf die intakte Haut durch Dekontaminationsmaßnahmen verletzt werden, da sonst ihre Barrierefunktion beeinträchtigt wäre. Die dekontaminierte Haut ist mit saugfähigem Material zu trocknen (tupfen, nicht wischen). Nach jedem Dekontaminationsvorgang ist der Erfolg in Form der Messwerte aus den Kontrollmessungen zu dokumentieren.

Nach Beendigung der Dekontamination und messtechnischer Freigabe sollten Hautpflegemittel benutzt werden.

Dekontamination spezifischer Körperteile:

- Die **Haare** mit nach hinten geneigtem Kopf von einem Helfer (mit Handschuhen) waschen und gut nachspülen lassen. Dabei kein kontaminiertes Wasser ins Gesicht oder die Ohren gelangen lassen. Dazu den Gehörgang mit z. B. Vaseline-Tupfer verschließen. Vor dem Trocknen ist eine Kontrollmessung mit einem Kontaminationsmonitor empfehlenswert (Cave. Alphastrahler). Sollte das Kürzen der Haare im Gegensatz zum Waschen deutliche Vorteile haben oder keine ausreichende Waschkapazität zur Verfügung stehen, sollte dies mit dem Betroffenen zeitnah vereinbart werden.
- Spülen der **Augen** mit geeigneter Spülflüssigkeit vom inneren Augenwinkel nach außen.
- Die Dekontamination des **Mundes** erfolgt durch Ausspülen mit reichlich Wasser, die Dekontamination der Nase durch Schnäuzen.
- Eine Kontamination der **Ohren** kann durch Ohrspülung oder Austupfen mit Wasser entfernt werden.



Bei Kontamination von Mund, Nase und Ohren besteht immer Inkorporationsgefahr, ihre Dekontamination hat Priorität. Zur Erfassung müssen ggf. nuklidabhängig erforderliche diagnostische Maßnahmen veranlasst werden.

- Spülflüssigkeiten und Körpersekrete sowie Schleimhautwischproben ggfs. zur Nachmessung aufbewahren.
- Wenn in **Hautfalten**, im **Nagelfalz** oder unter den **Fingernägeln** eine Kontamination nachgewiesen wird, ist diese gezielt zu entfernen. Hierfür sind einfache Instrumente wie Nagelreiniger, weiche Bürste oder Klebestreifen geeignet.

Bei jeder Personenkontamination ist sorgfältig zu prüfen, ob weitere Maßnahmen zur Feststellung einer Inkorporation notwendig sind.

3.4 Vorgehen bei verbleibender Kontamination

Falls der erste Dekontaminationsvorgang nicht zum Erfolg führt, kann die Maßnahme wiederholt werden; der jeweilige Dekontaminationseffekt ist an der Person zu messen. Dabei muss bedacht werden, dass eine intensive Dekontamination ihrerseits die Haut schädigen und eine Inkorporation begünstigen kann.



Wenn es die Einsatzlage zulässt, sollte die Dekontamination gezielt fortgeführt werden, so lange der Dekontaminationseffekt größer als 10 % ist, und der Hautzustand es erlaubt.

Ist der Dekontaminationseffekt kleiner als 10 % und die verbleibende flächenbezogene Aktivität geringer als 10 Bq cm^{-2} (gemittelt über 100 cm^2 bei einer überwiegend über die gesamte Fläche verteilten Kontamination mit Beta- oder Gammastrahlern), kann die Dekontamination beendet werden.

Falls der Dekontaminationseffekt zwar kleiner als 10 % ist, aber die flächenbezogene Aktivität weiterhin mehr als 10 Bq cm^{-2} beträgt, ist wie folgt vorzugehen:

Nach Hinzuziehen von im Strahlennotfallmanagement ausgebildeten Expert*innen und des/der Strahlennotfallärzt*in ist die Hautdosis abzuschätzen und über erweiterte Dekontaminationsmaßnahmen zu entscheiden. Dazu können der Einsatz von Komplexbildnern ebenso wie abrasive Verfahren gehören.



Sinnvoll ist die Aufzeichnung auf einem speziellen Protokoll (Muster für einen Notfall mit wenigen Betroffenen siehe Anhang A).

3.5 Maßnahmen bei kontaminierten Wunden

Grundsätzlich ist eine offene Verletzung beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen wegen der damit erhöhten Inkorporationsgefahr als radioaktiv verunreinigt anzusehen, solange dies nicht durch Messung ausgeschlossen wurde. Eine grobe und zügige Kontaminationsmessung reicht, um hochgradige Kontaminationen orientierend zu erfassen. Im Rahmen der Ersten Hilfe sollte die Wunde mit sterilen Kompressen gedeckt werden (ggf. getränkt mit Ca(DTPA) -Lösung zur Bindung zahlreicher Metalle (Ionen); empfohlen werden 3 g bis 4 g, d. h. drei bis vier Ampullen 25 %, die nicht verdünnt werden sollten).

Im Falle einer Explosion können multiple Verletzungen durch zahlreiche Fragmente oder Partikel entstehen (sekundäre Explosionsverletzung). Eine differenzierte Betrachtung jeder einzelnen kleinen Wunde ist ggf. nicht mehr praktikabel. Die Aktivitätsmessung sollte dennoch über allen Wundarealen stattfinden und dabei als konservativer Ansatz die höchste gemessene Aktivität pro Flächeneinheit zugrunde gelegt werden. Zur vorläufigen Abschätzung der Gesamtexposition (eingesprengte Aktivität) und ggf. für nachfolgende Berechnungen der internen Dosis nach Radionuklidabsorption, kann die höchste gemessene Aktivität/Fläche mit der

gesamten Wundfläche, ermittelt nach der Neuner-Regel aus der Verbrennungsmedizin (Sefrin und Schua 2012), multipliziert werden.

Vorgehen bei gesicherter Wundkontamination

Während die gesunde Haut in der Regel eine gute Barriere gegen die Inkorporation von Radionukliden darstellt, können durch Wunden rasch Radionuklide in den Körper gelangen. Eine sichere und schnelle Wunddekontamination vermindert die Folgedosis für die betroffene Person. Folgendes pragmatisches Vorgehen ist angeraten:

- Klärung der Indikation zur dringlichen chirurgischen Intervention,
- Schnelldekontamination der an die Wunde angrenzenden Haut mit Feuchttüchern (weg von der Wunde wischen),
- Abkleben der Wundränder,
- Nassdekontamination der Wunde (vorsichtig) unter anderem mit Sprühdekontamination; Verwendung von primär steriler Kochsalz/ Elektrolytlösung, alternativ Wasser,
- Handschuhwechsel sobald die Möglichkeit einer Rekontamination besteht,
- Auffangen von gebrauchter Spüllösung und kontaminierten Materialien (Tücher, Verbandstoffe, Handschuhe, ...) in dichtem Gefäß, das gesondert gekennzeichnet ist; ggf. Einsatz von Absorptionsmaterial zur Verfestigung kontaminierter Flüssigkeiten,
- Abdecken der Wunde,
- Entfernung der Abklebung,
- Erneute Evaluation/Messung (bei Alphastrahlern zuvor Wunde trocknen),
- ggf. Wiederholung,
- Suche nach Fremdkörpern,
- ggf. Debridement oder auch apparative Debridementverfahren.

Ob eine chirurgische Intervention indiziert ist, hängt weitgehend von dem durch die Wunde aufgenommenen radioaktiven Stoff und dem Zustand der Wunde ab. Radioaktive Stoffe, die leicht löslich sind und damit vom Körper schnell aufgenommen und gelöst in ihm transportiert werden,

können eine lokale und eine allgemeine Behandlung erfordern. Im Gegensatz dazu ist bei schwer löslichen Radionukliden eine chirurgische Entfernung zu erwägen. Unter Umständen müssen stark kontaminierte Gewebeteile entfernt werden. Grundsätzlich ist es wichtiger, die Funktion der Organe und deren Struktur und Aussehen zu bewahren, als die vollständige Entfernung der Kontamination anzustreben, sofern nicht im Einzelfall mit deterministischen Gesundheitsschäden durch eine Langzeitwirkung radioaktiver Stoffe im Körper gerechnet werden muss.

Bestehen Zweifel, ob die Wunde vollständig dekontaminiert werden konnte, kann diese wiederum, wie oben beschrieben, mit Kompressen abgedeckt werden, die auch mit Dekorporationsmitteln (z. B. Ca(DTPA)) getränkt sind, die für das Radionuklid passen.

Bei stark verunreinigten Wunden ist auf allgemeine Prinzipien der Wundversorgung wie Tetanusschutz oder antibiotische Abdeckung zu achten. Nach der (auch chirurgischen) Versorgung einer radioaktiv kontaminierten Wunde ist eine besonders engmaschige fachchirurgische Betreuung des/der Patient*in sicherzustellen, da das Risiko für Wundheilungsstörungen möglicherweise erhöht ist.

Bei allen Personen mit bedeutsamen Wundkontaminationen sollten abhängig von infrage kommenden Radionukliden Urin- (24 h-Sammelurin) und Stuhlproben sowie das ggf. exzidierte Gewebe asserviert werden, um eine eventuelle Aktivitätsaufnahme mit Hilfe einer geeigneten Inkorporationsmessstelle nachweisen zu können.



Offene Wunden können zu einer Inkorporation von Radionukliden führen. Die komplexeren Dekontaminationsverfahren mittels Feuchttüchern, Nassdekontamination oder sogar chirurgisches Debridement müssen trainiert werden. Die Erfolgskontrolle mit lokaler Dosimetrie schließt im Verlauf auch Ausscheidungsanalytik, klinische und biologische Dosimetrie mit ein.

4 Strahlungsmesstechnik

4.1 Strahlungsmessgeräte und Anwendungen

Um ionisierende Strahlung nachweisen zu können, bedarf es geeigneter Messgeräte. Dabei ist die Spezifikation des Messgerätes abhängig von der Art und der Energie der Strahlung sowie vom Einsatzzweck.

Die **Ortsdosisleistung** wird mit **Dosisleistungsmessgeräten** ermittelt.

Die Menge und die Verteilung von **Kontaminationen**, d. h. auf Oberflächen abgelagerten radioaktiven Stoffen, werden direkt mit Kontaminationsmonitoren oder indirekt mittels Wischtests gemessen.

Die **Personendosis** kann mit **Personendosimetern** erfasst oder aus dem Produkt der Ortsdosisleistung und der Einwirkzeit ermittelt werden.

Die Auswahl des für den jeweiligen Fall geeigneten Messgerätes sowie die Auswertung der Messergebnisse muss von einer Person mit Erfahrungen in der Strahlenmesstechnik durchgeführt werden. In die Auswertung sollten, wenn vorhanden, auch die Messergebnisse früherer Messungen der natürlichen Umgebungsstrahlung am Messort eingehen.

4.2 Personendosimetrie

Für alle Dosimeter gilt, dass sie an einer für die Strahlenexposition repräsentativen Stelle zu tragen sind und die Tragerichtung zu beachten ist. Das Dosimeter soll körpernah, nicht auf der Schutzkleidung selbst getragen werden.

Als Mindestausrüstung eingesetzt werden sollten sogenannte Dosiswarner, Personen zugeordnete Messgeräte für Dosis und Dosisleistung mit einstellbaren Alarmschwellen. Neben einer Überwachung der Dosis bieten diese auch einen Hinweis auf einen unbemerkten Aufenthalt in einem Strahlenfeld. Empfehlenswert ist, alle Einsatzkräfte mit solchen Messgeräten auszurüsten, die möglicherweise einer Strahlenexposition ausgesetzt sein könnten.



Als persönliches Messgerät ist mindestens ein Dosiswarner mit eingestellten Alarmen für Dosisleistung und Dosis erforderlich.

Auch für Personen, die kein Dosimeter getragen haben, lässt sich eine Personendosis durch retrospektive Dosimetrie ermitteln:

- dem Vergleich mit Dosiswerten von Einsatzkräften, die ähnliche Tätigkeiten durchgeführt und Dosimeter getragen haben,
- der Abschätzung über Ortsdosisleistungsmessungen und der Einsatzzeit und
- biologische Dosimetrie, speziellen Verfahren der physikalischen Dosimetrie.

5 Eigenschutz und persönliche Schutzausrüstung

5.1 Verhalten im Eigenschutz

Grundvoraussetzung des Eigenschutzes ist das Verständnis für die organisatorisch möglichen Maßnahmen der sog. „4As“ unter Berücksichtigung der GAMS-Regel (Gefahr erkennen, Absperren, Menschenrettung durchführen, Spezialkräfte alarmieren):

- Sofern möglich, **Abschalten** von stromführenden Geräten wie Röntgenröhren oder Beschleunigern. Bei radioaktiven Quellen an die Möglichkeit des Einfahrens der Quelle in einen vorhandenen Abschirmbehälter denken.
- Lage der Strahlenquelle beachten und möglichst großen **Abstand halten** (Quadratisches Abstandsgesetz).
- Die **Aufenthaltszeit** im Gefahrenbereich (auch bei lebensrettenden Sofortmaßnahmen) **so gering wie möglich halten**. Patient*innen aus dem Gefahrenbereich bringen.
- Schon vorhandene **Abschirmungen** (Mauern, Geräteblöcke etc.) **nutzen**. Patient*innen hinter Abschirmungen platzieren, um die Dosis bis zur endgültigen Transportfähigkeit zu reduzieren.

5.2 Mögliche Gefährdungen

Besteht die Gefährdung durch ionisierende Strahlung ausschließlich durch eine externe Strahlenexposition und gibt es kein Kontaminations- oder Inkorporationsrisiko (z. B. Unfall mit einer umschlossenen, nicht abgeschirmten Materialprüfungsquelle), dann stellt der/die Verunfallte/Patient*in selbst kein Risiko für die medizinischen Einsatzkräfte dar. Handelt es sich um eine externe Bestrahlung durch Röntgen- oder Beschleunigeranlagen, so besteht nach Abschaltung kein Gefahrenbereich mehr. Anderenfalls ist ein ausreichender Abstand zur Strahlenquelle sicherzustellen.



Bei bestrahlten Patient*innen, die keine Kontamination/Inkorporation aufweisen, ist für die Einsatzkräfte keine spezifische PSA notwendig.

Beim Umgang mit kontaminierten Strahlennotfallpatient*innen muss mit einer Kontamination und evtl. Inkorporation der Einsatzkräfte und des Einsatzmaterials gerechnet werden. Hier ist die Verwendung geeigneter persönlicher Schutzausrüstung durch Einsatzkräfte und Transportpersonal erforderlich. Kontaminierte Patient*innen sollten nach den Empfehlungen der 7. und 8. Sichtungskonsensus-Konferenz mit einem schwarzem „K“ gekennzeichnet sein (BBK 2017, 2019). Die klinische Weiterversorgung muss ebenfalls mit geeigneter Persönlicher Schutzausrüstung (PSA) erfolgen, solange Kontaminationen des/der Patient*in nicht ausgeschlossen sind.

5.3 Persönliche Schutzausrüstungen (PSA)

Wenn die radiologische Lage auch das Vorhandensein offener radioaktiver Stoffe in verteilter Form umfasst, muss PSA unterschiedlicher Schutzstufen getragen werden, insbesondere zur Vermeidung der Verschleppung radioaktiver Stoffe und zum Schutz der Einsatzkräfte vor Kontamination und Inkorporation. PSA soll die Sicherheit und Handlungsfähigkeit von Einsatzkräften in radiologischen und nuklearen Gefahren- und Schadenslagen gewährleisten.

Um adäquaten PSA-Schutz zu gewährleisten, muss das An- und Ablegen der Schutzkleidung beständig im Team (SSK 2017) geübt werden. Eine

im Strahlennotfallmanagement ausgebildete Person sollte dafür zur Verfügung stehen. Dabei sind auch die Vorgaben des Arbeitsschutzes zu beachten.

Die Festlegung, welche PSA zu tragen ist, erfolgt abhängig von der radiologischen Lage durch den/die Einsatzleiter*in idealerweise mit Unterstützung entsprechender Fachberater*innen.



In allen radiologischen und nuklearen (RN-) Lagen gilt striktes Ess-, Trink-, Rauch- und Schminkverbot. Einsatzkräfte, bei denen eine verminderte Barrierefunktion der Haut zu befürchten ist (z. B. offene Wunden), sind wegen der Inkorporationsgefahr aus dem Einsatz zu nehmen. Das korrekte An- und Ablegen von PSA muss vorab trainiert werden, um einen adäquaten Schutz zu erreichen und eine Kontaminationsverschleppung zu vermeiden.

Normalerweise verfügt der Rettungsdienst einschließlich Notärzt*innen nicht über eine spezielle PSA. Die Rettung von Verletzten aus Bereichen mit möglichen CBRN-Gefährdungen wird durch spezielle Einsatzkräfte, wie z. B. die Feuerwehr, das THW durchgeführt. Die Übergabe des/der Verletzten an den Rettungsdienst erfolgt an der Grenze des Gefahrenbereiches. Es sind jedoch Szenarien vorstellbar, bei denen aufgrund der medizinischen Situation auch der Rettungsdienst inkl. Notärzt*in innerhalb des Gefahrenbereichs tätig werden muss, um lebensrettende Sofortmaßnahmen durchzuführen. Auch in diesen Fällen ist der notwendige Schutz des Personals durch den/die Einsatzleiter*in festzulegen, unter Berücksichtigung der besonderen Situation.



Abb. 5-1: Persönliche Schutzausrüstung des medizinischen Einsatzpersonals in RN-Lagen (Bsp. Regionales Strahlenschutzzentrum Neuherberg)

Die Grundausrüstung erlaubt den gefahrlosen Umgang mit kontaminierten Personen. Darüberhinausgehende PSA ist für die medizinische Versorgung der Patient*innen eher hinderlich und erhöht die Schutzwirkung für die Einsatzkräfte nicht wesentlich, das betrifft auch das Tragen von Röntgenschürzen bei Exposition durch Gammastrahlung.



PSA schützt vor Kontamination, aber nicht vor externer Gammastrahlung.

6 Transport kontaminierter Personen

Ein Transport kontaminierter Personen und Patient*innen stellt besondere Anforderungen. Eine Gefährdung des Transportpersonals und eine Ausbreitung der Kontamination sollten vermieden werden. Besonders der Transport intensivpflichtiger Patient*innen stellt hohe Anforderungen an

das durchführende Personal, hier ist die Gefährdung durch die Kontamination gegenüber der medizinischen Versorgung nachrangig.



- Die medizinische Versorgung hat immer Vorrang vor der Vermeidung einer möglichen Kontamination des Fahrzeuges.
- Bei einem notwendigen Transport kontaminierter Personen müssen unterschiedliche Dringlichkeiten berücksichtigt werden. Die Anzahl der Personen und eine eventuelle medizinische Behandlungsbedürftigkeit entscheiden vordringlich über die Wahl der Transportmittel und deren Ausstattung.

Der Transport kontaminierter Personen sollte von im Strahlenschutz fachkundigem Personal begleitet werden. Dieses Personal muss in der Lage sein, eine Kontamination messtechnisch zu erfassen und die resultierende Gefährdung zu beurteilen.

Allgemein gilt, dass mit einer Kontamination des Transportfahrzeuges gerechnet werden muss, und dieses nach dem Transport dekontaminiert oder ggf. sogar als radioaktiver Abfall entsorgt werden muss. Die Fahrzeuge und andere eventuell kontaminierte Gegenstände, wie z. B. Rettungstragen, EKG-Geräte etc. sind vor einem erneuten Gebrauch mit nicht kontaminierten Personen auf Kontaminationsfreiheit zu überprüfen.

Es sind, wenn möglich, Fahrzeuge zu wählen, die über eine einfach dekontaminierbare Innenausstattung verfügen, z. B. Kunstledersitzbezüge und glattflächige Kunststoffinnenverkleidung. Während der Fahrt durch kontaminierte Gebiete ist die Lüftungsanlage aus oder in den Umluftbetrieb zu schalten. In anderen Gebieten ist die Lüftungsanlage im Fahrerbereich in Maximalleistung zu betreiben. Dieses bewirkt einen möglichst großen Luftwechsel im Aufenthaltsbereich des Transportpersonals. Innenflächen des Fahrzeuges sollten nach Möglichkeit mit Kunststoffolie



Zum Schutz der/des Fahrer*in sollen möglichst Fahrzeuge verwendet werden, die über eine Trennung zwischen Fahrerbereich und Fahrgast- oder Patientenbereich verfügen.

Strahlenschutzspezialist*innen entscheiden, ob das Transportpersonal mit PSA (Persönlicher Schutzausrüstung) ausgestattet werden muss.

abgedeckt werden, um sie vor einer Kontamination zu schützen. Für Fahrzeugsitze eignen sich hier Schutzfolien, wie sie z. B. in Kfz-Werkstätten als Schutz vor Verschmutzungen eingesetzt werden oder Rettungsfolien aus dem Verbandskasten.

Die kontaminierten Personen sollten, wenn möglich vor dem Transport, ausgekleidet werden. Kontaminierte Bekleidung ist in Kunststoffsäcke zu verpacken. Für den Transport sind die Patient*innen mit leichter Schutzkleidung wie Papieroveralls, Handschuhen aus Baumwolle und Überschuhen auszustatten. Dieses minimiert das von dem/der Patient*in ausgehende Kontaminationsrisiko.

Der Unterkühlung der Patient*innen ist durch geeignete Maßnahmen vorzubeugen.

Der Einsatzzentrale oder der Rettungsleitstelle sind neben den medizinischen Informationen des/der Patient*innen auch Angaben zur Expositionssituation und, falls vorhanden, Ergebnisse von Kontaminations- und Dosisleistungsmessungen mitzuteilen, damit die empfangende Organisationseinheit entsprechend vorbereitet werden kann. Die Meldung umfasst

- Anzahl der Personen,
- medizinische Dringlichkeit,
- Kontaminationsniveau,
- Risiko und Potenzial einer Kontaminationsverschleppung,
- Gefährdungspotenzial,
- mit Strahlenschutzbegleitung ja/nein.

7 Psychosoziale Versorgung von Betroffenen und Einsatzkräften

7.1 Psychosoziale Notfallversorgung: Grundlagen und Stand

Seit rund 20 Jahren ist die Psychosoziale Notfallversorgung (PSNV) integraler Bestandteil des Krisenmanagements und der Katastrophenhilfe. Informations- und Lehrmaterial steht beim Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) zur Verfügung. Zielgruppen für die

PSNV sind die betroffenen Personen (Geschädigte, Überlebende, Angehörige (auch von vermissten Personen), Hinterbliebene, Zeug*innen) einerseits und die Einsatzkräfte andererseits.



Die Zielgruppen für die psychosoziale Notfallversorgung bei radiologischen Notfällen unterscheiden sich nicht von anderen, konventionellen Notfällen.



Die PSNV-Maßnahmen sollen den betroffenen Personen und den Einsatzkräften dazu verhelfen, das belastende Ereignis psychisch so gut wie möglich zu verarbeiten und anhaltende Folgen – wie eine posttraumatische Belastungsstörung (PTBS) – nach Möglichkeit zu verhindern oder zumindest zu mildern.

PSNV-Maßnahmen für haupt- und ehrenamtliche Einsatzkräfte umfassen in Umsetzung der Fürsorgepflicht der Arbeitgeber*innen bzw. der jeweiligen Organisationen (BBK 2013, BBK 2012):

- Die Einsatzvorbereitung sowie eine umfassende Primärprävention.
- Die Einsatzbegleitung durch Führungskräfte, Peers und psychosoziale Fachkräfte als sekundäre Prävention während des Einsatzes.
- Die Einsatznachsorge als sekundäre Prävention einige Tage bis Wochen nach dem Einsatz durch Vorgesetzte, Peers; insbesondere sind hier zum einen Einsatz(kräfte)nachsorgeteams (ENT) zu nennen, sowie Seelsorger*innen in Feuerwehr, Rettungsdienst, Polizei und Militär.
- Die mittel- und langfristige Einsatznachsorge, untergliedert in Beratungsangebote innerhalb und außerhalb der Behörden und Organisationen (als sekundäre Prävention) sowie (Früh-)Interventionen als Maßnahmen der Feststellung, Behandlung oder Linderung psychischer Störungen mit Krankheitswert.
- Das Wiedereingliederungsmanagement (als tertiäre Prävention).



Die frühzeitige Aufklärung und Beschäftigung mit radiologischen und nuklearen Notfallszenarien ist für die Prävention von psychischen Spätfolgen bei Einsatzkräften unerlässlich.

7.2 Besonderheiten der psychosozialen Versorgung bei radiologischen Notfällen

Der radiologische Notfall ist dadurch bestimmt, dass man die Strahlung und deren Risikopotenzial mit den menschlichen Sinnen nicht erfassen kann. Die Bedrohung wird grundsätzlich als groß bis sehr groß erlebt; entsprechend hoch ist die damit verbundene Verunsicherung.



Die Bedrohung durch ionisierende Strahlung wird grundsätzlich als groß empfunden, weil man sie mit den menschlichen Sinnen nicht erfassen kann.

Eine große Rolle spielt auch die Tatsache, dass Betroffene in der Regel wenig bis gar nicht über Strahlung und deren Risiken informiert sind, zusätzlich aber die Gefahr möglicher Strahlenfolgeerkrankungen wie strahleninduzierte Tumoren, kindliche Fehlbildungen und Erbschäden direkt und häufig stark überschätzen und mit jeglicher notfallbedingten radiologischen Exposition verbinden. Auch bei kleineren Unfällen trägt die Erinnerung an nukleare Unfälle in der Vergangenheit zu weiterer Verunsicherung bei. Es ist deshalb damit zu rechnen, dass sich auch bei Notfallszenarien mit wenigen möglicherweise oder tatsächlich exponierten Personen eine große Zahl von Personen betroffen fühlt und deshalb Hilfe sucht.



Im englischen Sprachraum bezeichnet man gesunde Personen, die ärztliche Hilfe in Anspruch nehmen oder das Krankenhaus aufsuchen, weil sie glauben, eine Krankheit oder ein gesundheitliches Problem zu haben, als „worried well“ (besorgte Personen).

Auch somatisch gesunde, aber besorgte Personen bedürfen einer aufklärenden und angepassten Krisen- und Risikokommunikation.



Bei radiologischen oder nuklearen Notfällen können sich zahlreiche nicht oder wenig exponierte Personen betroffen fühlen, nach Hilfe suchen und deshalb die Versorgung der höher exponierten Personen behindern, die der medizinischen Versorgung bedürfen.



Personen aus vulnerablen Gruppen wie Kinder, Schwangere, Personen mit (psychischen) Vorerkrankungen, Ersthelfer*innen und Aufräumarbeiter*innen bedürfen bei radiologischen oder nuklearen Notfällen der besonderen Beachtung. Auch die Sorgen von vermeintlich strahlengeschädigten Personen müssen ernst genommen werden.

Wesentliche Bausteine für eine erfolgreiche psychosoziale Unterstützung und Hilfe sind die sektorübergreifende Koordination und die Implementierung einer Krisen- und Risikokommunikation inklusive möglicher schützender Maßnahmen. Die Sorgen exponierter und besorgter Personen müssen vorhergesehen und aktiv bei ihnen angesprochen werden. Betroffene Kollektive und Gemeinden sind in die Entscheidungsprozesse zu Hilfen einzubinden. Die psychosoziale Kompetenz ist für Notfallpersonal und langfristige Unterstützungsgruppen vorab auszubilden. Ferner sollen ethisch fundierte Handlungsoptionen gruppenübergreifend etabliert werden, insbesondere in Hinblick auf die Vorbeugung und Abwehr von Ausbeutung, Missbrauch und Diskriminierung (WHO 2020).

Abschließend ist nochmals hervorzuheben, dass es von herausragender Bedeutung ist, dass psychosoziales Fachpersonal angemessen in Hinblick auf radiologische Notfälle ausgebildet ist. Ansonsten ist zu befürchten, dass sich eigene Ängste der Fachkräfte bei der PSNV auf die Betroffenen übertragen.



Generell gilt, dass nur spezifisch ausgebildetes und trainiertes Fachpersonal bei radiologischen Notfällen eingesetzt werden sollte.

8 Literatur

- BBK 2012 Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Psychosoziale Notfallversorgung: Qualitätsstandards und Leitlinien Teil I und II.
https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/PiB/PiB-07-psnv-qualitaet-stand-leitlinien-teil-1-2.pdf?__blob=publicationFile&v=6, zuletzt aufgerufen am 07.06.2022
- BBK 2013 Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Katastrophenmedizin. Leitfaden für die ärztliche Versorgung im Katastrophenfall. 6. Auflage.
- BBK 2017 Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Protokoll der 7. Sichtungskonsensus-Konferenz 2017.
https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Downloads/GesBevS/7_Sichtungskonsensus-Konferenz.pdf, zuletzt aufgerufen am 05.01.2021
- BBK 2019 Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Protokoll der 8. Sichtungskonsensus-Konferenz 2019.
https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Downloads/GesBevS/8_Sichtungskonsensus-Konferenz.pdf, zuletzt aufgerufen am 05.01.2021
- Sefrin und Schua 2012 Sefrin P, Schua R. Notfall-Manual. Elsevier GmbH, 2012, ISBN 978-3437219931
- SSK 2017 Strahlenschutzkommission (SSK). Erforderliche medizinische Kapazitäten für die Versorgung und Betreuung der Bevölkerung im radiologischen

und nuklearen Notfall. Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 287. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 23./24.03.2017. Bekanntmachung im BAnz AT 10.04.2018 B4. urn:nbn:de: 101:1-201804238529

WHO 2020

World Health Organization (WHO). A framework for mental health and psychosocial support in radiological and nuclear emergencies. Geneva, ISBN 9789240015456

Anhang A

Unfallmeldung, Strahlenunfallerhebungsbogen

Strahlenunfallerhebungsbogen 1

Angaben des Betrieblichen Strahlenschutzes/des Ersthelfers bzw. der Ersthelferin/der Sanitäterin bzw. des Sanitäters

(Ausfüllen soweit verfügbar)

Name: _____
 Vorname: _____
 Geburtsdatum: _____ Geschlecht: männlich ☐ weiblich ☐

1. Anschrift:

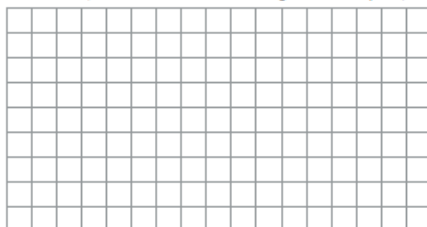
Privatanschrift: _____
 Straße/Nr.: _____
 Ort: _____
 Telefon: _____
 Arbeitgeber: _____
 Straße/Nr.: _____
 Ort: _____
 Telefon: _____

2. Allgemeine Unfallbeschreibung

Zeit des Unfalls: ☐☐ Tag ☐☐ Monat ☐☐☐☐ Jahr ☐☐ Std. ☐☐ Min.

Ort des Unfalls (gegebenenfalls Anschrift, Gebäude, im Freien, etc.): _____

Unfallskizze (Position des Verletzten in Bezug auf Strahlenquelle):

**3. Abgeschätzte Körperdosis**

☐ Ganzkörperexposition ☐ Teilkörperexposition, wo? _____

unter 0,1 Sv		Kontamination	ja ☐ nein ☐
0,1 - 0,5 Sv			
0,5 - 2 Sv		Verdacht auf Inkorporation	ja ☐ nein ☐
mehr als 2 Sv			

Ort, Datum, Uhrzeit

Unterschrift

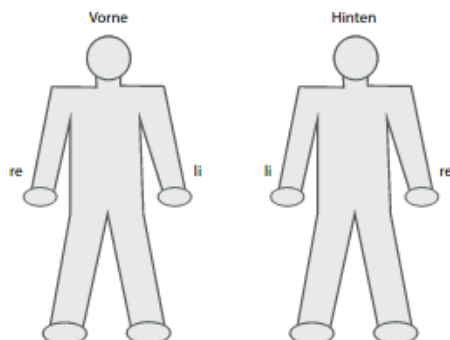
Strahlenunfallerhebungsbogen 2

Angaben des Betrieblichen Strahlenschutzes/des Ersthelfers bzw. der Ersthelferin/der Sanitäterin bzw. des Sanitäters

1. Personenkontamination ☐ keine Kontamination

Messgerät und Sonde _____
 a-Aktivität ☐ a + b Aktivität ☐

Imp/min. oder Bq/cm²: _____
 (Unterhalb eines Wertes von 10 Bq/cm² sind keine Strahlenschutzmaßnahmen erforderlich)



Lokalisation:
 Kontaminierte Flächen als Schraffur unter Angabe der Höhe der Kontamination eintragen (Imp/min. oder Bq/cm²).

Wurde Kontamination beseitigt? ja ☐ nein ☐

Falls Restkontamination, wo _____
 Imp/min oder Bq/cm² _____

Kontaminierte Verletzung ja ☐ nein ☐

Lokalisation: _____

2. Inkorporation

Inkorporationsverdacht ja ☐ nein ☐

Vermutete Radionuklide _____

Inkorporationsüberwachung veranlasst ja ☐ nein ☐

(welche) _____

Dekorporationstherapie eingeleitet ja ☐ nein ☐

(welche) _____

Ort, Datum, Uhrzeit

Unterschrift

203-009

Anhang B

Liste der Regionalen Strahlenschutzzentren



Regionale Strahlenschutzzentren der Berufsgenossenschaften ¹

Charité – Universitätsklinikum Berlin Klinik für Nuklearmedizin Charitéplatz 1 10117 Berlin	Telefon: (030) 450 557 338 (030) 450 657 024 ²
Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin Universitätsklinikum Carl Gustav Carus an der Technischen Universität Dresden Fetscherstraße 74 01307 Dresden	Telefon: (03 51) 458-2226
Medizinische Hochschule Hannover Klinik für Nuklearmedizin / Stabsstelle Strahlenschutz und Abt. Medizinische Physik – OE 0020 Carl-Neuberg-Str. 1 30625 Hannover	Telefon: (0176) 1532-3082 (0176) 1532-2295 (Nuklearmedizin)
Universitätskliniken des Saarlandes Abteilung für Nuklearmedizin Gebäude 50 66421 Homburg/Saar	Telefon: (06841) 162-2201 (06841) 162-3305 ²
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Medizinische Abteilung Hermann-von-Helmholtz-Platz 1 76344 Eggenstein-Leopoldshafen	Telefon: (0721) 6082-3333

¹ Für weitere Hinweise steht auch das Institut für Strahlenschutz der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse und der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Telefon: (0221) 37 78 6232. Dort sind auch aktualisierte Telefonnummern zu erfragen. Eine aktuell gehaltene, modifizierte Liste der Regionalen Strahlenschutzzentren befindet sich unter www.bgetem.de und im Suchfeld den Webcode 12178646 eingeben.

² = außerhalb der üblichen Dienstzeit

Helmholtz Zentrum München, Medizinischer Dienst und Werkfeuerwehr Ingolstädter Landstr. 1 85764 Neuherberg	Telefon: (089) 3187-3990
Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin der Universität Würzburg Oberdürrbacherstr. 6 97080 Würzburg	Telefon: (0931) 201-44400

Stand: 12.01.2022

² = außerhalb der üblichen Dienstzeit

Anhang C

Dekontaminationsmaßnahmen

Personendekontamination

(Fotostrecke, Institut für Radiobiologie der Bundeswehr)

Geräte und/oder mitgeführte
Materialien ablegen für gesonderte
Freimessung.

**01**

Person auf mögliche Kontamination
abspüren.

**02**

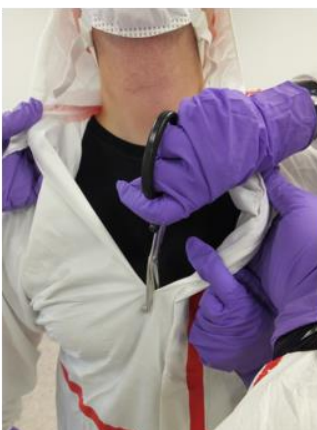
Überhandschuhe vorsichtig entfernen.

**03**

Verklebung der unteren Handschuhe lösen.

**04**

Den Anzug vom Hals abwärts bis zur Leiste aufschneiden.
Beachten: Schnittkante nach außen wölben und
eindrehen; mit der Schere, den Händen und dem
Schutzanzug die Unterbekleidung nicht berühren.

**05a**

Schutzanzug wird seitlich am Kopf aufgeschnitten. Der
Schnitt geht dann über den Rücken bis zum Gesäß.
Währenddessen werden die Schnittkanten nach außen
aufgerollt und über die Schultern gezogen. Analog zur
Variante a, dürfen Schere, Hände und Schutzanzug die
Unterbekleidung nicht berühren.

**05b**

Kapuze vorsichtig abziehen und den oberen Teil des Anzuges über die Schultern ziehen.
Beachten: Auch hier die Kanten einrollen und die Unterbekleidung nicht berühren.


06a


Analog zur Variante a wird der Schutzanzug mit Unterstützung des zu Entkleidenden über die Arme abgestreift.


06b


Den Schutzanzug bis auf Höhe der Hände herunterstreifen. Zu entkleidende Person zieht die Hände selbständig aus den Ärmeln. Der Anzug wird bis unterhalb der Knie aufgerollt.

**07a**

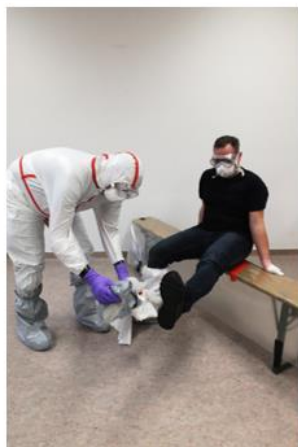
Variante a und b ab hier identisch.
Die Unterhandschuhe vorsichtig abziehen.

08

Zu entkleidende Person setzt sich auf einen markierten Platz, die Hände im „sauberen“ Bereich der Bank abgestützt, hin. Schutzanzug und Überschuhe werden nun entfernt.

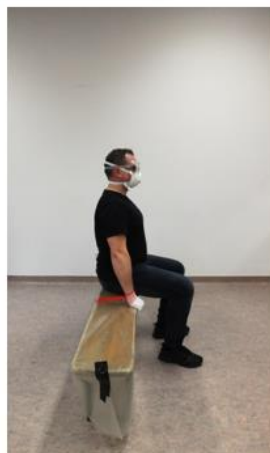


09

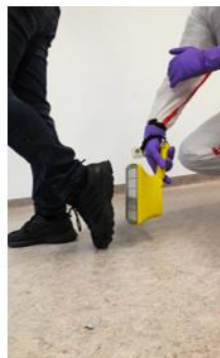


Sobald bei einem Bein der Schutzanzug und die Überschuhe entfernt wurden, wird dieses Bein über die Bank in den sauberen Bereich geschwenkt und abgestellt. Sobald das zweite Bein von Anzug und Überschuh befreit ist, dreht sich die Person komplett in den sauberen Bereich.

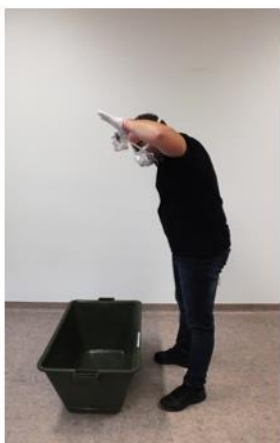
10



Die zu entkleidende Person steht nach Aufforderung auf und wird durch Personal erneut auf Kontamination abgespürt.



Im letzten Schritt legt die Person selbstständig die Schutzbrille, -maske und Baumwollhandschuhe ab.

12

Wunddekontamination

(Fotostrecke, Institut für Radiobiologie der Bundeswehr)

Wunddekontamination mit feuchtem Tuch

Verletzung wird auf mögliche Kontamination geprüft.



Bei Feststellung Kontamination wird saugfähiges Material mit einer sterilen Kochsalzlösung befeuchtet. Alternativ kann auch die Wunde vorsichtig besprüht werden (hier NaCl-Spray).



Danach wird die Wunde Schritt für Schritt gesäubert. Eine leichte Drehbewegung des saugfähigen Materials sollte bevorzugt werden, da Wischbewegungen zu einer Kontamination weiterer Bereiche führen könnte.

**03**

Dies sollte solange wiederholt werden bis eine Reduzierung der Strahlung nicht mehr messbar ist. Gegebenenfalls muss eine operative Säuberung der Wunde stattfinden. Abfall sollte fachgerecht entsorgt werden.

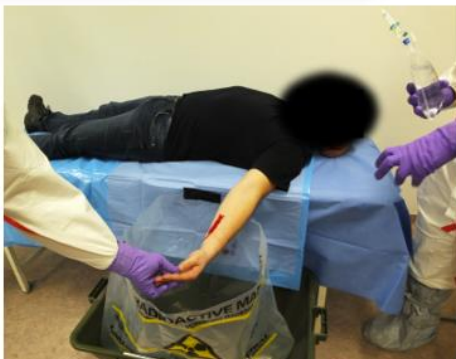
**04**

Wunde spülen

Damit die Wunde gespült werden kann, sollte unter der Wunde eine Möglichkeit bestehen, die Flüssigkeit aufzufangen. Zur Spülung wird sterile isotonische Kochsalzlösung benutzt.



05



Um gezielt die Wunde ausspülen zu können, empfiehlt sich ein gekürztes Infusionsbesteck. Den Bereich großzügig ausspülen.



06



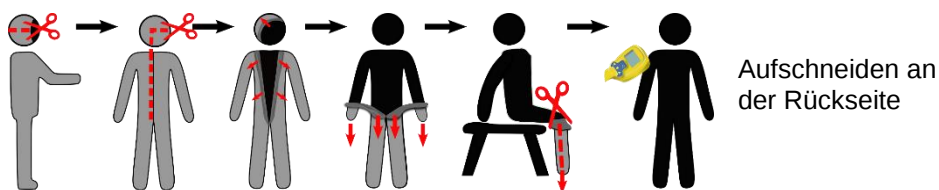
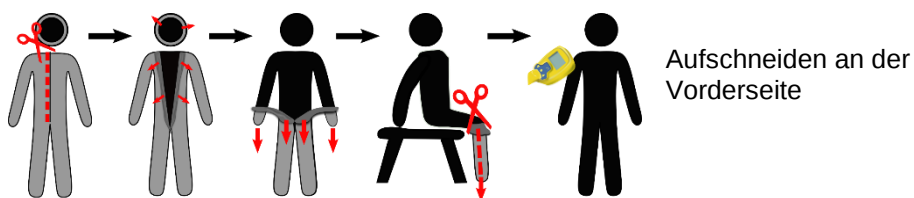
Analog zur Dekontamination mit einem feuchten Tuch, wird auch hier die Wunde, zwischen den Spülvorgängen, mit einem sterilen saugfähigem Material in einer leichten Drehbewegung, gesäubert.

**07**

Ist der Bereich gereinigt bzw. keine Reduzierung der Strahlung mehr messbar, wird die Wunde verbunden. Gegebenenfalls muss über eine operative Sanierung der Wunde entschieden werden.

**08**

Schneideschema



Anhang D

Faustformeln

Faustformeln¹

Abschätzung der Gamma-Dosisleistung einer externen

Punktquelle von ^{60}Co

Eine Aktivität von **3 GBq** erzeugt in **1 m** Abstand eine Dosisleistung von ca. **1 mSv h⁻¹**.

Abschätzung der Beta-Dosisleistung einer externen Punktquelle

von ^{32}P

Eine Aktivität von **1 MBq** ergibt in **10 cm** Abstand eine Dosisleistung von ca. **1 mSv h⁻¹**.

In geringem Abstand von der Quelle ist bei gleicher Quellstärke die Oberflächendosisleistung der Betastrahlung etwa 30mal so groß wie die der Gammastrahlung.

Abschätzung der Beta/Gamma-Hautdosisleistung

bei Kontaminationen

Eine Flächenkontamination von **1 Bq pro cm²** eines Beta/Gammastrahlers ruft eine maximale **Beta-Hautdosisleistung** von **2 μSv h⁻¹** hervor.

Die **Gamma-Hautdosisleistung** beträgt dabei nur ca. **1/100** dieses Wertes, d. h. **0,01 μSv h⁻¹**.

¹ aus: Handbuch für Mitarbeiter Regionaler Strahlenschutzzentren (RSZ-Handbuch). Kursmaterial der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse, n.d.

Anhang E

Begriffsbestimmungen

Abschirmung Beim Durchgang durch Materie wird Strahlung geschwächt. Alpha- und Beta-Strahlung verliert dabei Energie und hat deshalb eine definierte Reichweite. Für Alphastrahlung beträgt die Reichweite in Luft einige cm, im Gewebe einige Tausendstel mm (μm). Bei Beta- oder Elektronenstrahlung liegt die Reichweite im Gewebe im Zentimeterbereich.

Bei Gamma- und Röntgenstrahlung folgt die Schwächung einem Exponentialgesetz, dies gilt ebenso für Neutronen. Man kann daher keine maximale Reichweite angeben und rechnet mit der Halbwertsschicht, das ist die Dicke einer Materieschicht, in der die Strahlung auf die Hälfte geschwächt wird. Nach 10 Halbwertsschichten ist die Strahlung auf weniger als 1 ‰ abgeschirmt.

Alphastrahlung Alphastrahlung ist eine Korpuskularstrahlung (Alpha-Teilchen), welche beim Alphazerfall von Atomkernen emittiert wird. Alphateilchen besitzen diskrete Anfangsenergien. Das Energiespektrum weist diskrete Linien auf, die für das emittierende Radionuklid charakteristisch sind. Alphastrahlung ist eine direkt ionisierende Strahlung. Die Reichweite von Alphastrahlung in Luft liegt bei einigen Zentimetern, in Wasser oder Gewebe bei einigen zehn Mikrometern (Rühle et al. 2009).

Äquivalentdosisleistung Die Äquivalentdosisleistung $\dot{H}$ ist die Äquivalentdosis H pro Zeit t :

$$\dot{H} = \frac{H}{t}$$

Die Einheit ist Sv h^{-1} . 1 Sv ist eine relativ hohe Dosis, deshalb gibt man die Dosisleistung üblicherweise in mSv h^{-1} an.

Becquerel (Bq) Becquerel (Bq) ist die SI-Einheit der Aktivität. Das Einheitenzeichen ist Bq.

Definition: $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$.

Die alte Einheit der Aktivität ist das Curie (Ci). Für den Zusammenhang zwischen den Einheiten gilt: $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$.

Anmerkung: Das menschliche Körpergewebe enthält etwa 100 Bq/kg natürlicher Radioaktivität.

Besorgte Person Eine Besorgte Person ist eine Person, die einer geringen oder keiner Strahlenexposition ausgesetzt war (u. a. ermittelt auf der Basis von Dosisermittlung, Plausibilitätstest). Sie ist besorgt und fühlt sich betroffen z. B. krank, objektiv ist sie aber physisch bei guter Gesundheit. Sie bedarf keiner spezifischen strahlenmedizinischen Behandlung, jedoch einer qualifizierten Beratung und ggf. einer individuellen psychosozialen und psychiatrischen Betreuung.

Betroffene Person Der Begriff Betroffene Person umfasst alle exponierten und besorgten Personen.

Betastrahlung Die Betastrahlung ist eine Korpuskularstrahlung, die aus Elektronen (β^- -Strahlung) oder Positronen (β^+ -Strahlung) besteht, welche beim Betazerfall vom Atomkern emittiert werden. Die Betastrahlung weist ein kontinuierliches Energiespektrum auf, das sich von der Energie Null bis zu einer für das betreffende Radionuklid charakteristischen Maximalenergie erstreckt. Die Betastrahlung ist eine direkt ionisierende Strahlung. Die Reichweite der Betastrahlung beträgt in Abhängigkeit von der Energie in Luft einige Meter, in Wasser oder Gewebe bis etwa 1 cm (Rühle et al. 2009).

Dosisleistung Wenn eine Dosisgröße, z. B. die Energiedosis oder die effektive Dosis, auf eine Expositionsdauer bezogen wird, dann heißt die resultierende Dosisgröße pro Zeitintervall Dosisleistung (z. B. Energiedosisleistung für die Energiedosis pro Stunde mit der Einheit Gy h^{-1}).

Effektive Dosis Die effektive Dosis ist die Summe der mit den zugehörigen, von der ICRP empfohlenen und in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Gewebe-Wichtungsfaktoren w_T multiplizierten Organ-Äquivalentdosen H_T in relevanten Organen und Geweben

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R \cdot D_{T,R}.$$

H_T ist die Organ-Äquivalentdosis in einem Gewebe oder Organ T ; w_T ist der Gewebe-Wichtungsfaktor, w_R der Strahlungs-Wichtungsfaktor. Die Einheit der effektiven Dosis ist J kg^{-1} . Um deutlich zu machen, dass es sich um eine gewichtete Dosisgröße handelt, wird wie bei der Äquivalentdosis anstelle von Gray (Gy) die Einheit Sievert (Sv), verwendet.

Anmerkung Zur Bewertung des stochastischen Strahlenrisikos dient die effektive Dosis.

Effektive Folgedosis Die effektive Folgedosis $E(\tau)$ ist die Summe der Produkte aus den über die Geschlechter gemittelten Folge-Organ-Äquivalentdosen und den zugehörigen Gewebe-Wichtungsfaktoren (w_T), wobei τ die Integrationszeit in Jahren nach einer Aktivitätszufuhr ist. Der Folgezeitraum beträgt 50 Jahre für Erwachsene und erstreckt sich bei Expositionen im Kindesalter bis zum Alter von 70 Jahren. (Nach ICRP 2007)

Exponierte Person Eine Exponierte Person ist eine Person, die exponiert wurde und eventuell einer spezifischen strahlenmedizinischen Behandlung bedarf.

Gammastrahlung Die Gammastrahlung ist eine hochenergetische, kurzwellige elektromagnetische Strahlung, die von angeregten Atomkernen ausgesandt wird, wenn sie in einen Zustand geringerer Energie übergehen, oder die bei Elementarteilchenprozessen entsteht. Die Energien der Gammastrahlung der in Umweltmedienvorkommenden natürlichen

und künstlichen Radionuklide liegen gewöhnlich zwischen 0,01 MeV und 10 MeV. Im Allgemeinen sind Alpha- und Betazerfälle, aber immer Kernspaltungsvorgänge, von Gammastrahlung begleitet. Das Spektrum der Gammastrahlung angeregter Atomkerne ist ein diskretes Linienspektrum mit Photonenenergien, die für den betreffenden Atomkern charakteristisch sind. Die Gammastrahlung ist in erster Linie eine indirekt ionisierende Strahlung. Nach einer Kernumwandlung befindet sich der verbleibende Atomkern meistens in einem angeregten (höherenergetischen) Zustand. Bei dem dann folgenden Übergang in den Grundzustand können ein Gammaquant oder bei Kaskadenübergängen auch mehrere Gammaquanten emittiert werden, weshalb dieser Vorgang auch als „Gammazerfall“ bezeichnet wird (Rühle et al. 2009).

Gray (Gy) Gray (Gy) ist die SI-Einheit der Energiedosis. Das Einheitenzeichen ist Gy.

Definition: $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J kg}^{-1}$

Halbwertszeit, biologische Die biologische Halbwertszeit t_{biol} ist die Zeit, in der ein biologisches System, z. B. ein Mensch, die Hälfte einer aufgenommenen Menge eines radioaktiven Stoffes in Abhängigkeit von dessen chemischer Beschaffenheit aus dem Körper oder einem speziellen Organ wieder ausscheidet. (Nach Rühle et al. 2009)

Halbwertszeit, effektive Die effektive Halbwertszeit t_{eff} ist die Zeit, in der in einem biologischen System die Menge eines radioaktiven Stoffes auf die Hälfte abnimmt und zwar infolge radioaktiven Zerfalls und biologische Elimination. Sie wird aus der physikalischen und biologischen Halbwertszeit nach folgender Gleichung berechnet:

$$t_{\text{eff}} = \left[\frac{1}{t_R} + \frac{1}{t_{\text{biol}}} \right]^{-1}$$

(Nach Rühle et al. 2009)

Halbwertszeit, physikalische Die Halbwertszeit t_R eines Radionuklids R ist diejenige Zeitspanne, in der dessen Aktivität auf die Hälfte abnimmt.

$$t_R = \frac{\ln 2}{\lambda_R}$$

Dabei ist λ_R die Zerfallskonstante des Radionuklids R . Nach Ablauf von drei Halbwertszeiten sind noch ca. 10 %, nach sieben Halbwertszeiten noch ca. 1 % und nach zehn Halbwertszeiten noch ca. 0,1 % einer Ausgangsaktivität vorhanden. Die Halbwertszeiten von Radionukliden reichen von weniger als 10-12 s bis zu mehr als 1 012 a (Rühle et al. 2009).

Inkorporation Als Inkorporation bezeichnet man die Aufnahme eines Stoffes in den Organismus. Die Inkorporation von Radionukliden kann über Atmungsorgane (Inhalation), den Magen-Darm-Trakt (Ingestion) die Haut (intakt oder nicht intakt, perkutane Resorption) oder durch Verletzungen mit radioaktiven Gegenständen (u. a. Spritzen, Stichen, Schrapnelle) erfolgen. (Nach Rühle et al. 2009)

Kontamination Kontamination ist eine unerwünschte Verunreinigung durch radioaktive Stoffe.

Organ-Äquivalentdosis Die Organ-Äquivalentdosis H_T ist das Produkt aus der mittleren Energiedosis in einem Organ, Gewebe oder Körperteil und dem Strahlungs-Wichtungsfaktor w_R nach ICRP. Die Werte des Strahlungs-Wichtungsfaktors w_R nach ICRP richten sich nach Art und Qualität der Strahlung (Photonen, Elektronen, Neutronen, Protonen, Alpha-Teilchen).

Organdosis Siehe Organ-Äquivalentdosis

Ortsdosis Die an einem bestimmten Ort gemessene Äquivalentdosis H heißt Ortsdosis. Dabei wird zwischen der Dosis infolge durchdringender Strahlung, d. h. der Umgebungs-Äquivalentdosis $H^*(10)$, und der Dosis durch Strahlung mit geringer Eindringtiefe, d. h. der Richtungs-Äquivalentdosis $H'(0,07)$, unterschieden (Rühle et al. 2009).

Anmerkung: Strahlenschutzmessgeräte (Ortsdosimeter) messen in der Regel die Ortsdosis. Sie gibt eine Abschätzung für die effektive Dosis aus externer Strahlung, die eine Person erhalten würde, wenn sie an diesem Messort stünde.

Radioaktiver Stoff Radioaktive Stoffe (Kernbrennstoffe und sonstige radioaktive Stoffe) im Sinne dieses Gesetzes sind alle Stoffe, die ein Radionuklid oder mehrere Radionuklide enthalten und deren Aktivität oder spezifische Aktivität nach den Regelungen dieses Gesetzes oder einer aufgrund dieses Gesetzes von der Bundesregierung mit Zustimmung des Bundesrates erlassenen Rechtsverordnung nicht außer Acht gelassen werden kann (StrlSchG 2017, § 3 Abs. 1).

Radionuklid Als Radionuklid bezeichnet man ein radioaktives Nuklid im Grundzustand oder metastabilen Zustand. Es wird durch die Angabe des Elementsymbols sowie der zugehörigen Massenzahl gekennzeichnet, z. B. ^{90}Sr , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (Rühle et al. 2009).

Sievert (Sv) Das Sievert ist die SI-Einheit der Äquivalentdosis, der Organ-Äquivalentdosis und der effektiven Dosis. Das Einheitenzeichen ist Sv.

Definition: $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J kg}^{-1}$

Die alte Einheit der Äquivalentdosis ist das Rem (rem). Für den Zusammenhang zwischen den Einheiten gilt: $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$

Ebenso gilt für die Äquivalentdosisleistung: $1 \text{ Sv s}^{-1} = 100 \text{ rem s}^{-1}$

(Nach Rühle et al. 2009)

Anmerkung: Aus einer Aktivität kann nicht einfach auf die biologisch wirksame Dosis (Einheit Sievert) geschlossen werden. Die aus einer gegebenen Aktivität resultierende Dosis ist z. B. davon abhängig, ob nur eine externe Bestrahlung erfolgt, ob eine Kontamination oder gar eine Inkorporation vorliegt.

Es führt kein einfacher Weg von den „Becquerel“ zu den Sievert!

Strahlenexposition Strahlenexposition ist die Einwirkung ionisierender Strahlung auf den menschlichen Körper. Ganzkörperexposition ist die Einwirkung ionisierender Strahlung auf den ganzen Körper. Teilkörperexposition ist die Einwirkung ionisierender Strahlung auf einzelne Organe, Gewebe oder Körperteile. Äußere Strahlenexposition ist die Einwirkung durch Strahlungsquellen außerhalb des Körpers. Innere Strahlenexposition ist die Einwirkung durch Strahlungsquellen innerhalb des Körpers.

Hinweis: In diesem Glossar werden Expositionen mit ionisierender Strahlung entsprechend dem gängigen Sprachgebrauch als Strahlenexposition bezeichnet. Im Strahlenschutzrecht werden Expositionen mit ionisierender Strahlung dagegen aufgrund des eindeutigen Kontexts lediglich als Expositionen bezeichnet.

Anmerkung: Die mittlere Strahlenexposition in Deutschland durch natürliche Strahlenquellen beträgt etwa 2,4 mSv im Jahr.

Strahlennotfallarzt Ein Strahlennotfallarzt ist ein Arzt mit besonderer Qualifikation, der in einem Notfall zur Versorgung bzw. Behandlung der Strahlennotfallpatienten tätig wird.

Strahlennotfallmanagement Zusammenwirken von Strahlennotfallärzten, Medizinphysikern, Technikern und medizinischem Assistenzpersonal zur Bewältigung eines Strahlennotfalls.

Strahlennotfallpatient Strahlennotfallpatienten sind alle exponierten Personen und Besorgte, die einer individuellen Behandlung bedürfen.

Literatur

- ICRP 2007 International Commission on Radiological Protection (ICRP). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann ICRP 37(2-4):1-332, Elsevier, Oxford, 2007, ISBN 9780702030482, doi: 10.1016/j.icrp.2007.10.003
- Rühle et al. 2009 Rühle H, Kanisch H, Vogl K, Keller H, Bruchertseifer F, Schkade U-KW, H. Glossar zu den Messanleitungen für die Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung.
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Strahlenschutz/strlsch_messungen_glossar.pdf, zuletzt aufgerufen am 25.10.2022
- StrlSchG 2017 Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz - StrlSchG) vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), das zuletzt durch Artikel 11 des Gesetzes vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2510) geändert worden ist