curium™
LIFE FORWARD

Kleiner Ratgeber

NUKLEAR-MEDIZIN

Nagyivàn, Zach, Münzing, Strigl

Praktischer Strahlenschutz

Dieser Ratgeber wurde überreicht von Curium Deutschland.

Impressum

Pal Nagyivàn
MTRA-Schule am Universitätsklinikum Münster
Robert-Koch-Strasse 31, 48149 Münster

Dr. rer. nat. Christian Zach
Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin
Klinikum der Universität München
Campus Großhadern

Dr. Wolfgang Münzing
Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin
Klinikum der Universität München
Campus Großhadern

Dr. Markus Strigl
Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin
Klinikum der Universität München
Campus Großhadern

Fotos: P. Nagyivàn
Text: Nagyivàn, Zach, Strigl, Münzing

Danksagung

Wir möchten uns ganz herzlich bei allen bedanken, die diesen Ratgeber ermöglicht haben.
Unser Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. med. Peter Bartenstein, Direktor der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin der LMU München und den abgebildeten MTRA - Schülern sowie der Firma Curium.

Wichtige Links

Strahlenschutzverordnung zu beziehen:
www.bmub.bund.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/strahlenschutz/medizin

DIN–Vorschriften Nuklearmedizin
(müssen käuflich erworben werden)
www.nar.din.de

Landesamt für Umwelt
www.lfu.bayern.de/strahlung

Helmholtz Zentrum München

- Kurse im Strahlenschutz:
http://iss-kurse.helmholtz-muenchen.de

- Auswertestelle:
www.helmholz-muenchen.de/awst

Weitere Wichtige Informationen:

DGN - Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin
www.nuklearmedizin.de

Bundesamt für Strahlenschutz
www.bfs.de

Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin der LMU München
http://nuk.klinikum.uni-muenchen.de

Inhalt

Einleitung 7

Strahlenarten 8

Dosisbegriffe 10

Bereiche mit erhöhter Exposition 12

a) Kontaminationen 14

b) Applikation / Kamera 16

c) Heißlabor / Abklingraum 18

Praktische Schutzmaßnahmen

a) Arbeitsweise 20

b) im Kontrollbereich

Häufige Fehler beim Aufziehen von Aktivitäten 22

Fehlerbehebung beim Aufziehen von Aktivitäten 23

Richtiges Verwenden von Transportkoffern 24

c) Dosisüberwachung 26

d) Kleidung 28

e) Abschirmungen 30

f) Abstandshalter 32

g) Aufenthaltsdauer 34

Strahlungsmessung 36

a) Dosimeter 38

b) Proportionalzähler 40

c) Szintillationszähler 42

Kontaminationsüberprüfung 44

Dekontamination 48

Entsorgung 54

Organisation Strahlenschutz 58

Häufige Radionuklide 60

Einheiten 61

Notizen 63

Einleitung

Dem Strahlenschutz kommt in der Nuklearmedizin erhebliche Bedeutung zu. Das Personal: Arzthelfer, MTRA, Physiker sowie Ärzte arbeiten direkt mit offenen und umschlossenen radioaktiven Stoffen. Der richtige Umgang mit diesen Stoffen reduziert die Strahlenexposition des Personals und des Patienten. Diese Broschüre soll einfache Grundlagen des Strahlenschutzes vermitteln und praktische Hinweise und Strategien geben. Vieles kann allgemein in der Nuklearmedizin verwendet werden, einiges hingegen hängt von den individuellen Begebenheiten der Untersuchungen und Kliniken ab.

Strahlenarten

Für den Strahlenschutz relevante
Strahlenarten in der Nuklearmedizin:

1. Photonenstrahlung:

- Gammastrahlung
- Bremsstrahlung
- Charakteristische Röntgenstrahlung

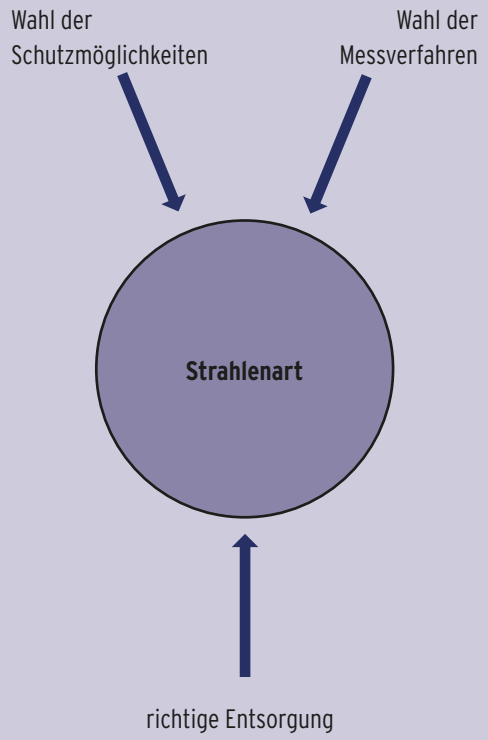
2. Teilchenstrahlung:

- β^- ; β^+ ; α (Radium-223)

Zur Diagnostik wird Gammastrahlung eingesetzt, in Einzelfällen auch Bremsstrahlung, was allerdings geringe Bildqualität zur Folge hat.

Zur Therapie wird β^- - Strahlung eingesetzt.

Seit einigen Jahren auch α–**Strahlung** (Radium-223) zur palliativen Behandlung von Skelettmetastasen beim Prostatakarzinom.



Äquivalentdosis, effektive Dosis

Die Äquivalentdosis berücksichtigt die verschiedenen biologischen Wirksamkeiten der Strahlenarten. Sie ist definiert als Produkt aus Energiedosis und einem Qualitätsfaktor.

Die effektive Dosis ist eine nicht messbare Größe. Sie ist definiert als Summe von gewichteten Organdosen, wobei die Wichtungsfaktoren die unterschiedliche Strahlenempfindlichkeit der Organe widerspiegeln. Sie sind z.B. in der StrlSchV nachzulesen.

Dosisleistung ist Dosis pro Zeitraum, in der Nuklearmedizin fast immer pro Stunde.

➡ **Strategie**

Beispiele beziehen sich auf die Exposition mit Gammastrahlung:

Personendosis: z.B. Ergebnis Plakette:
z.B.: Jahresdosis: 2 mSv
Grenzwert Kategorie B: 6 mSv / Jahr
Grenzwert Kategorie A: 20 mSv / Jahr
Wertung: übliche Dosis des Personals.

Teilkörperdosis: Ringdosismeter im Monat:
z.B.: 5 – 20 mSv (Arbeiten mit Fluor-18)
Grenzwert Kategorie A: 500 mSv / Jahr
Wertung: Verbesserungen der persönlichen Strahlenschutzmaßnahmen?

Dosisleistungsmessung in der Abklinganlage einer Therapiestation:
z.B.: 20 µSv / h am Behälter.
Wertung: Aufenthaltsdauer verkürzen oder Abstand zum Behälter vergrößern.

Bereiche mit erhöhter Exposition

Im Strahlenschutz unterteilt man die Arbeitsbereiche in:

Sperrbereich	> 3 mSv / h
Kontrollbereich	> 6 mSv / a
Überwachungsbereich	> 1 mSv / a

Beispiele:

Steuerstelle / Wartezimmer = Überwachungsbereich

Heißlabor / Abklingraum / Kamera = Kontrollbereich

Beispiele für den Kontrollbereich:

Abklingbehälter einer Therapiestation

Heißlabor für Arbeiten mit Fluor-18 und Jod-131

a) Kontaminationen

Die **Verunreinigung** von Arbeitsfläche, Material, Kleidung oder Körper mit radioaktiven Stoffen. Kontaminationen sind zu vermeiden.
Bei Kontaminationen besteht häufig die Gefahr der Weiterverbreitung / Verschleppung.

Nicht beseitigte Kontaminationen erhöhen die Strahlenexposition des Personals und beeinflussen die Untersuchungsergebnisse.

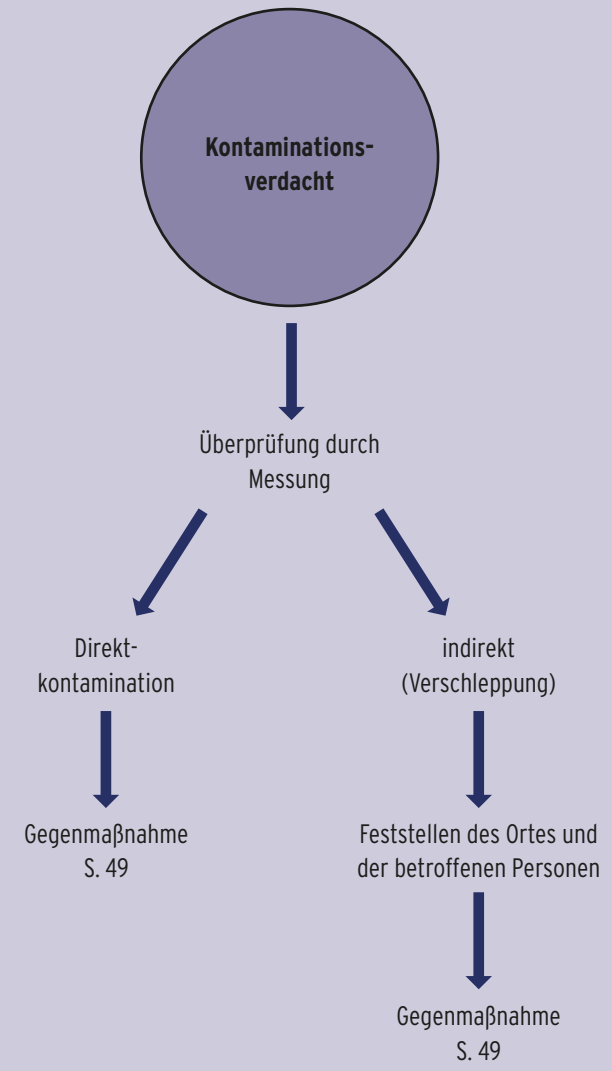
Ursachen

- Keine Benutzung von Handschuhen im Heißlabor!
- Keine Freimessung nach Beendigung von Arbeiten im Kontrollbereich
- Keine Freimessung und keine Händehygiene – Inkorporation bei Nahrungsaufnahme.
- Verschleppkontaminationen; zum Beispiel Kontamination Türklinken, Griffe, Telefonhörer, Computermaus durch anderes Personal.

Dosisleistungen beim Kontakt mit einer 5ml Spritze pro GBq

Tc-99m	350	mSv/h
F-18	2,88	Sv/h
Ga-68	31,4	Sv/h

(Angaben aus dem Merkblatt des Bundesamtes für Strahlenschutz: Strahlenschutz beim Umgang mit Betastrahlern in der Nuklearmedizin einschließlich der Positronen-Emissions-Tomografie.
Mit freundlicher Genehmigung)



b) Applikation / Kamera

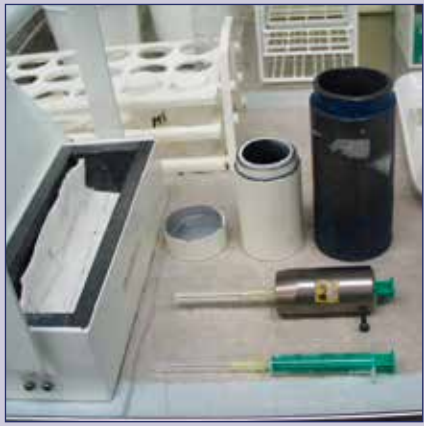
Kontaminationen an Arbeitsplatz, Boden oder Kleidung können z.B. durch nicht verschlossene Kanülen oder schlecht fixierte Gummistopfen bei der Applikation entstehen. Bei Verdacht **sofort** Kontaminationskontrolle durchführen und ggf. Kontamination **beseitigen**.

Gefahr von verschleppten Kontaminationen bei weiterer Berührung von Gegenständen wie Telefon, Türklinken etc.

Weitere **Exposition** an der Gammakamera durch Patienten!

Nach der Lagerung **nicht** in **unmittelbarer Nähe** der **Patientenliege** aufhalten (Abstand) oder Abschirmwand aus Blei benutzen.

Erhöhte Exposition bei Patienten im PET und bei posttherapeutischen Patienten, z.B. Behandlung mit I-131.



Spritze mit Kanüle sowie Schutzkappe und Abschirmung, links Transportkoffer

Gammakamera Ecam

c) Heißlabor / Abklingraum

Kontaminationen: sie können bei der Präparation oder dem Aufziehen und Entsorgen der radioaktiven Substanzen entstehen. Bei **Verdacht**
→ Messung durchführen, ggf. die Kontamination **beseitigen.**
In der Bleiburg sind Kontaminationen durch einen Wischtest überprüfbar.
Am Boden mit einem Kontaminationsmonitor auf einer Rollvorrichtung.

Nicht zu beseitigende Kontaminationen: diese abdecken und kennzeichnen. Abdeckung: „Bleiplatten" mit abwaschbarer Oberfläche (siehe S. 49).
Das Reinigungspersonal darf die gekennzeichneten Stellen keinesfalls wischen (Verteilungsgefahr!).

Abklingraum mit Lagerstätte für alte Radionuklidgeneratoren

Arbeitsplatz im Heißlabor für Arbeiten mit Tc-99m.
Gefahr der Kontamination der Unterarme, ein langer Kittel oder Armschoner können diese Gefahr reduzieren.

a) Arbeitsweise

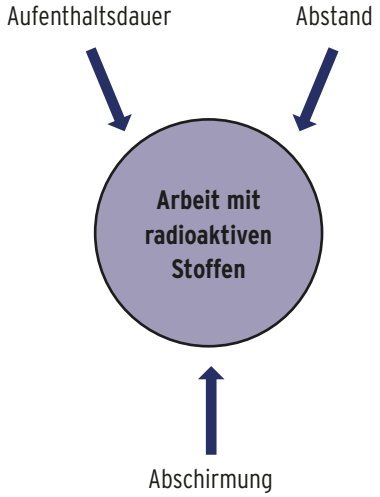
Die **Arbeitsweise** orientiert sich an den Vorgaben der **Strahlenschutzverordnung und der Strahlenschutzanweisung**.
Die Einrichtung der Arbeitsplätze im Kontrollbereich wird durch die **DIN-Normen** geregelt.
Grundsätzlich sollten alle Arbeiten mit kurzer **Aufenthaltsdauer**, geeigneter **Abschirmung** und **abstand**svergrößernden Werkzeugen erfolgen.

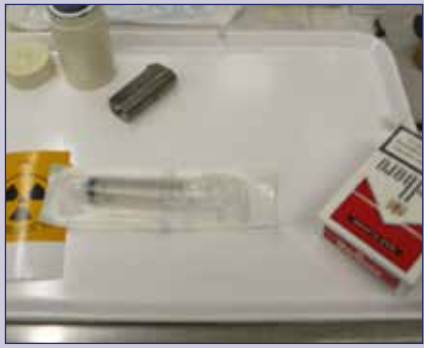
b) Im Kontrollbereich

Essen, Trinken, Rauchen und die Verwendung von Kosmetika sind im Kontrollbereich generell verboten.
Auch keine Nahrungsmittel lagern!
Kein Schmuck wegen erhöhter Kontaminationsgefahr!

➡ **Strategie**

Schutzmaßnahmen vor externer Exposition





Häufige Fehler beim Aufziehen von Aktivitäten

Bild links: Keine Handschuhe, direkter Kontakt mit Aktivitätsflasche.

Bild rechts: „Dolchmethode“ Direkter Kontakt mit der Aktivitätsspritze. (Bei 5 ml Aktivitätsvolumen siehe Expositionswerte Seite: 14)

Bild links: Direkter Kontakt zur Aktivitätsflasche und Nadel.

Bild rechts: Direkter Kontakt zur Aktivitätsflasche! Bei beiden Bildern KEINE Verwendung von Handschuhen. Hohe Oberflächendosis der Haut und Kontaminationsgefahr!

Niemals Aktivitätsflaschen in direktem Kontakt aus den Bleistandbehältern befördern. Bitte Pinzetten verwenden!

Merke: Der Strahlenschutz durch Abstand kann nie durch schnelleres Arbeiten ersetzt werden!

Bereits bei 1 cm Abstand müsste man um den Faktor 100 schneller arbeiten, um die gleiche Dosisreduzierung zu erhalten.

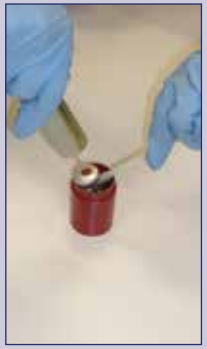
Fehlerbehebung beim Aufziehen von Aktivitäten

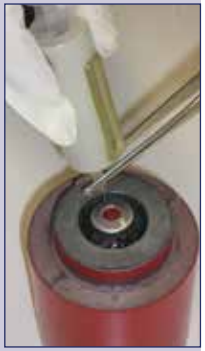
Bild links: Die Hand ist nicht in direktem Kontakt mit dem Spritzenkörper, sondern fasst die Spritze am Flügel an, der Abstand zur Aktivität beträgt bei 4ml Volumen ca. 1 cm.

Bild rechts: Verwendung einer Bleiabschirmung. Bei diesem Arbeitsgang braucht man ein gutes Training, Schwierigkeiten bestehen beim Ablesen des Volumens durch das Bleiglasfenster. Ablegen derAbschirmung zur Messung und erneute Verwendung verkomplizieren den Arbeitsgang.

Bild links: Verwendung einer Kanülenhülle als Abstandshalter. Es sollte die Seite mit der Öffnung für die Kanüle verwendet werden. Verwendet man das Ende der Hülle, könnte es beim Wiederaufstecken der Hülle auf die Kanüle zu einer Kontamination des Handschuhs kommen.

Bild rechts: Verwendung einer Pinzette zur Fixierung der Kanüle. Wenn Spritzen verwendet werden, die ein Gewinde besitzen, muss das Abschrauben vorab geübt werden.





Richtiges Verwenden von Transportkoffern

Transportkoffer links: für Isotope mit hoher Gammaenergie, z.B. F-18
Der Koffer hat eine Wandstärke von 5,1 mm. Bei einer Halbwertsschichtdicke von 4,2 mm für Gammaenergien bei Positronenstrahlern wird etwa noch 1/4 an Dosisleistung an der Bleiaußenwand des Koffer gemessen.
Der Koffer dient nur zum Transport von Ort A nach Ort B!

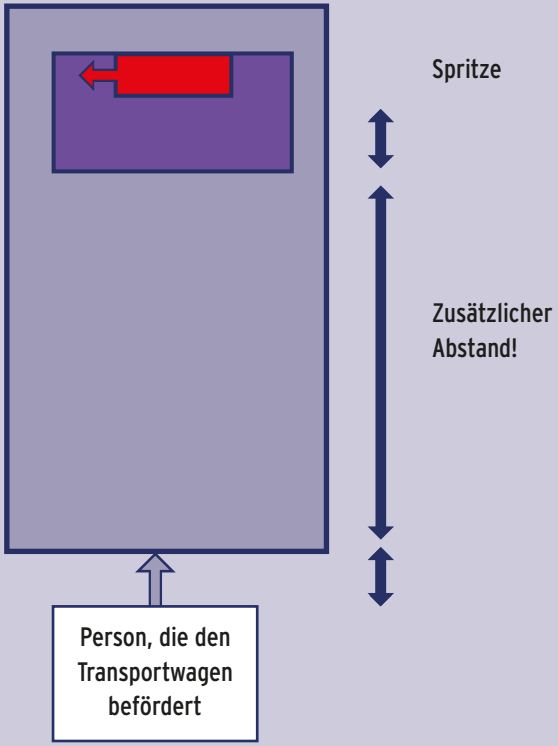
Transportkoffer rechts; 3 mm Wandstärke für Tc-99m, hier schirmt der Koffer vollständig ab.

Dosisleistung einer Aktivitätsspritze mit 249 MBq F-18 über der Nadel bei offenem Koffer. (Im Abstand von ca. 1 cm wird 4,24 mSv/h gemessen)

Dosisleistung einer Aktivitätsspritze mit 249 MBq F-18 bei geschlossenem Koffer. Die Spritze befindet sich in der Abschirmung und hat zur Wand ca. 0,5 cm Abstand, es werden 480 µSv/h gemessen)

➡ **Strategie**

Verwendung von Transportwagen und Bleikoffer



Bei Transportwagen den Bleikoffer an das äußerste Ende stellen und die Spritze im Koffer so positionieren, dass sie im Koffer auch einen Abstand zu der Bleiwand hat, die der Beförderungsperson am nächsten ist.

c) Dosisüberwachung

Alle Personen im **Kontrollbereich**!

Z.B. durch **Filmdosimeter** am Körperstamm (Brusthöhe).

Die Dosisgrenzwerte richten sich nach der Einstufung von Personen in Kategorie A und B.

Zusätzliche Überwachung mit Ringdosimeter möglich.

Ringdosimeter ermitteln die Teilkörperdosis der Hände.

Diese Art der Überwachung ist insbesondere beim Arbeiten mit β - Strahlern empfohlen.

Auswertung ebenfalls monatlich.

Weitere Überwachung durch **direkt ablesbare Dosimeter**. Dosiswert zu Beginn des Arbeitstages und zum Ende dokumentieren.

Filmdosimeter
Das Filmdosismeter enthält Kupferplatten unterschiedlicher Stärke sowie eine Bleiplatte. Die Dosis sowie die Energie der Strahlung und die Richtung der Bestrahlung (von vorne / hinten, direkt oder Streustrahlung) können ermittelt werden.

OSL-Dosimeter
Optisch Stimulierte Lumineszenz
Ein Kristall im Dosimeter speichert die Energie bei Exposition und wird durch Belichtung (blaues Licht) ausgelesen.

Diese Art der Dosimeter ersetzt die Filmdosimetrie.

d) Kleidung

Im Kontrollbereich muss **Schutzkleidung** getragen werden, z.B. langärmliger Kittel (bietet Schutz der Unterarme vor Kontamination).

Arbeitsschuhe oder Überschuhe, (keine Strassenschuhe!).

Bei Arbeiten mit offenen radioaktiven Substanzen: auf jeden Fall **Handschuhe**! Diese häufig wechseln und nach dem Arbeitsgang fachgerecht entsorgen.

Beim Arbeiten mit radioaktiven Gasen (Lungeninhalationsszintigraphie) Schutz für Haare, Mundschutz, gesonderter Kittel. Kontaminierte Gegenstände sichern und kennzeichnen.

Einmal–Überschuhe!

Bei Verdacht einer Bodenkontamination. Oder für Personengruppen, die einmalig den Kontrollbereich betreten.

Bei größeren Besuchergruppen (z.B. Schulungen) besteht eine erhöhte Kontaminationsgefahr, da sich die Personen an verschiedenen Stellen im Raum aufhalten. Dagegen bewegt sich Personal bei wiederkehrenden Arbeitsabläufen oft auf gewohnten Wegen, was das Risiko mindert.

Schutzkleidung bei Lungeninhalation

e) Abschirmungen

Bei Gammastrahlern: **Blei** oder Wolfram (die Stärke des Materials richtet sich nach der Gammaenergie des eingesetzten Präparates).

Bleiglas eignet sich nur ungenügend, um Quellen mit Gammastrahlung höherer Energie abzuschirmen, hier sind Abschirmungen aus massivem Blei vorzuziehen.

Reine β^- - Strahler werden mit **Plexiglas** oder Aluminium abgeschirmt (Material niedriger Ordnungszahl). Nie mit dünner Bleifolie / Bleigummi abschirmen wegen Entstehung von Bremsstrahlung bei Material mit hoher Ordnungszahl.

Von links nach rechts:
Bleitopf 5 mm Wandstärke
Bleitopf 1 cm Wandstärke
Bleiglas
Plexiglas für β^- - Strahler (Yttrium-90)

Mobile Schutzwand
Für Tc-99m (hinten)
Für I-131 (vorne links)

f) Abstandshalter

Handelsübliche Pinzetten oder Zangen.
(Einige Abstandshalter aus Plastik haben sich jedoch als unhandlich erwiesen oder sind mit der Zeit ausgeleiert.)

Auf jeden Fall muss der Einsatz dieser Hilfsmittel zuvor ausreichend geübt werden, damit ein sicher Umgang gewährleistet ist.

Ein direkter Fingerkontakt mit hochradioaktiven Flaschen ist zu vermeiden.

Von links nach rechts:
Pinzette
Anatomische Pinzette
Plastikgreifer für Aktivitätsfläschchen

g) Aufenthaltsdauer

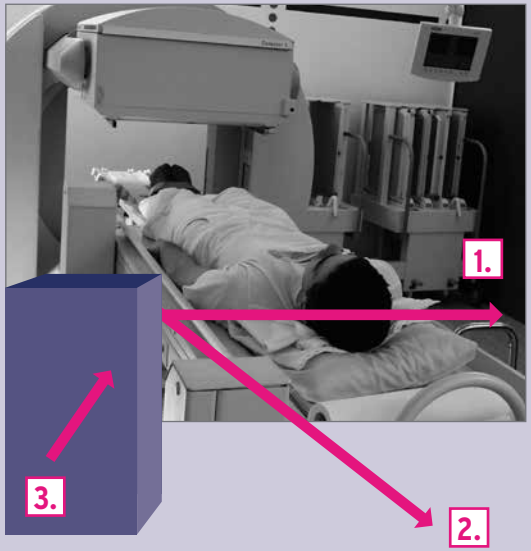
Expositionszeit beim Präparieren von Radiopharmaka und den Untersuchungen **so kurz** wie möglich gestalten.

Voraussetzung dafür ist das Üben sowie Koordinieren der verschiedenen Arbeitsschritte!

Bei erhöhter Strahlenexposition, besonders der Finger, ist eine kritische Überprüfung des eigenen Arbeitsablaufes und **Optimierung der Arbeitsschritte** geboten.

Hilfreich sind dokumentierte Arbeitsprotokolle, um die Expositionszeit des Personals im Kontrollbereich zu verkürzen.

➡ **Strategie**



1. Ist der Raum videoüberwacht?
   Bitte dann Raum verlassen!
   Aufenthaltsdauer wird dadurch verkürzt.
2. Ist der Raum groß genug? Welche Isotope wurden eingesetzt? Bitte Abstand im Raum vergrößern!
3. Ist beides nicht gegeben, kann eine mobile Strahlenschutzwand eingesetzt werden?

Messprinzipien

Für den Strahlenschutz werden **gasgefüllte** Detektoren, **Szintillatoren** oder **Halbleitersonden** verwendet.

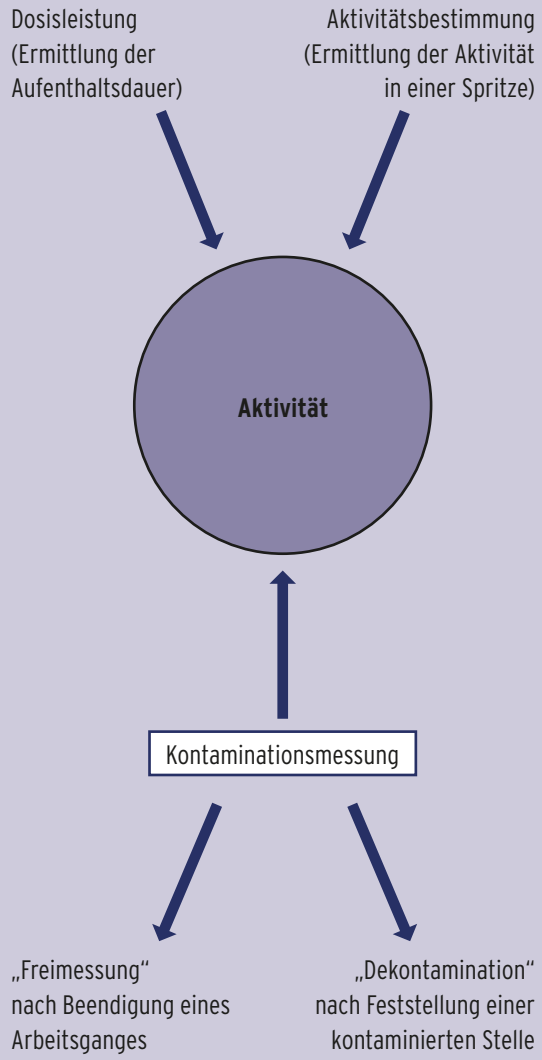
Gasgefüllte Detektoren weisen die Strahlung nach dem Ionisationsprinzip nach. Sie unterscheiden sich durch die unterschiedliche Spannung im Detektor. Ionisationskammern (z.B. Aktivimeter) werden mit niedriger Spannung betrieben, Proportionalzähler mit mittlerer Spannung und Geigerzähler mit hoher Spannung.

Bei Szintillationsdetekoren erfolgt der Strahlungsnachweis durch Szintillation. Strahlung, die auf einen Szintillationskristall auftrifft, erzeugt bei Wechselwirkung mit diesem Kristall Licht. Dieses Licht ist proportional zur absorbierten Energie. Es wird im Detektor verstärkt und in einen messbaren Impuls umgewandelt.

Halbleiterdetektoren liefern die genauesten Wert. Diese Technik ist jedoch aufwendig und entsprechend teuer.

➡ **Strategie**

Was will ich durch meine Messung bestimmen?



a) Dosimeter

dienen der **Personenüberwachung** und werden wie die Filmplakette am Körperstamm getragen. Die Dosiswerte sind arbeitstäglich abzulesen und wöchentlich zu dokumentieren.

Eine Kontamination von Dosimetern ist generell zu vermeiden oder sofort dem Strahlenschutzbeauftragten mitzuteilen.

Anzeige: mSv oder µSv

Von links nach rechts:
Fingerdosimeter
Elektronisches Dosimeter
Analoges Stabdosimeter
(nicht mehr in Verwendung)

b) Proportionalzähler

Dieses Gerät wird zur **Kontaminationsprüfung** eingesetzt. Aufgrund seiner Empfindlichkeit ist es zur schnellen und sicheren Detektion geeignet.

Anzeige: Impulse / sec oder Bq / cm²

Dosisleistungsmessgerät

Dieses Gerät wird für den **Strahlenschutz** verwendet, um eine Dosisleitung festzustellen. Einsatzbereiche: Heißlabor, Abklingraum, Abklinganlage bei einer angeschlossenen Therapiestation.

Das Gerät ist nicht geeignet, um eine Kontamination aufzuspüren.

Anzeige: µSv / h

Proportionalzähler

Dosisleistungsmessgerät

c) Szintillationszähler

Aufspüren von Kontaminationen

Anzeige: Impulse / sec oder Bq / cm² sowie Nuklid.
Nuklid muss der Benutzer einstellen!

Hand - Fuß - Kleider - Monitor

Kontaminationsüberprüfung der Hände und Füße (Körperstamm).
Speicherung der personenbezogenen Messdaten. Ist die Warnschwelle überschritten, erfolgt ein optisches und akustisches Signal.

Anzeige: Impulse / sec oder Bq / cm²

Direktmessung mit mobilen Kontaminations-Messgeräten: Summe aus festhaftender und nicht festhaftender Kontamination.

Indirektmessung
nicht festhaftende Kontamination mittels Wischtest, Klebetest.

Indirektmessungen sind vorzuziehen, wenn die zu prüfende Oberfläche schwer zugänglich ist oder in einem störenden Strahlenfeld liegt.

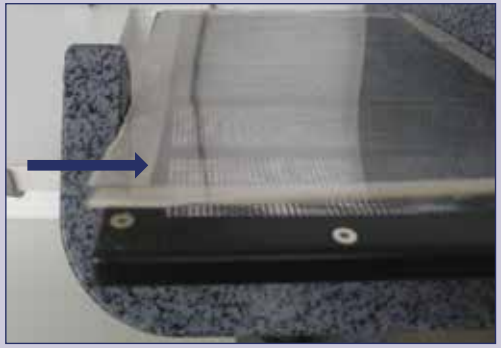
➡ **Strategie**

Direktmessung schwierig!
Erhöhter Untergrund oder räumlich ungünstig!

↓

Indirektmessung sinnvoller!

➡ **Strategie**



Eventuell Abdeckung der Messgeräte mit einer dünnen Plastikfolie, um die Detektionsfläche vor Kontamination zu schützen.

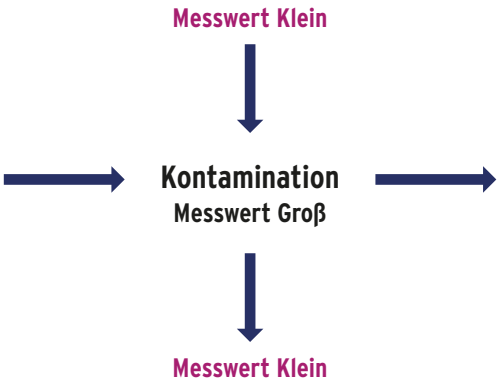
Probenmessplatz

Tägliche Messung der Untergrundstrahlung am **Bohrlocharbeitsplatz.**
Bitte vor Arbeitsbeginn mit betriebsbereitem System durchführen!

Kamera

Tägliche Messung des Untergrundes und Dokumentation. Während des Tages bei Verdacht Messung mit dem Kontaminationsmonitor.
Am Ende des Arbeitstages: Bodenkontrolle mittels Proportionalzähler; Ergebnis wird dokumentiert.

Mäanderartiges Abfahren einer Messfläche.



Kreuzartiges Abfahren beim Aufspüren einer Kontamination.

Kontaminationsüberprüfung des Bodens am Ende des Arbeitstages im Heißlabor.

Tägliche Untergrundmessung eines Bohrlocharbeitsplatzes (Protokoll mit Messung im Tc-99m - Fenster).

Tag / Monat	Untergrundzähl-rate cpm
01.02	35
02.02	42
03.02	40
04.02	32
05.02	30
06.02	33
07.02	41

Abklingen = **passives Verfahren**

Zur Vermeidung von externer Bestrahlung, Ausbreitung und Inkorporation

↓

Kontaminierte Gegenstände luftdicht verpacken, abschirmen, kennzeichnen, Boden abdecken, kontaminierte Räume oder Raumbereiche sperren. Methode der Wahl bei sehr kurzlebigen Nukliden (z.B. Positronenstrahlern) und bei verbleibender Kontamination nach anderen Dekontaminationsmaßnahmen.

Abdeckmöglichkeiten nach erfolgter Dekontamination und detektierten Restaktiviäten:

Bei Kontaminationen mit Tc-99m – Bleiplatte 2 mm

Bei Kontaminationen mit Betastrahlern – Holzplatte
(Durch Wechselwirkung mit einer dünnen Bleiplatte würde deutlich mehr Bremsstrahlung entstehen)

Bei Kontaminationen mit Positronenstrahlern F-18 – Abdecken mit Folie.
(Aufgrund der hohen Gammaenergie sind großflächige Abschirmungen kaum möglich).

➡ **Strategie**

Bleiplatte zur Abdeckung einer Bodenkontamination
Kennzeichnung: Nuklid, Datum, Impulszahl,
Warnschild Radioaktiv!
Darf nicht vom Reinigungspersonal entfernt werden!
Methode nur bei Nukliden mit niedriger Gammaenergie!

Beseitigen = **aktives Verfahren**

Feuchtes oder nasses Wischen

Räumliches Eingrenzen der Kontamination!

Wischtücher mit Wasser, Detergenzien oder Lösungsmitteln anfeuchten und die zu dekontaminierende Oberfläche abwischen. Wischmaterial häufig wechseln!

Vorsicht: Verspritzen kontaminierter Reinigungslösung bei zu nassen Wischtüchern.

➡ **Strategie**

Wischen zum Zentrum hin = richtig!

Verwischen = falsch!

Dekontamination der Haut:

So schonend wie möglich durchführen.

Haut mit lauwarmem, fließendem Wasser **abspülen.**

Geeignetes Waschpräparat, milde Seife oder Geschirrspülmittel verwenden.

Die Dekontamination bei beginnender Hautrötung einstellen (Inkorporationsgefahr bei nicht intakter Haut).

Haut mit saugfähigem Material vorsichtig abtrocknen (tupfend).

Hände: sorgfältige Reinigung von Hautfalten, Nagelfalz und Fingernägeln; evtl. Nägel kurz schneiden.

Kontaminationsmessung durchführen, evtl. Waschvorgang wiederholen.

Achtung:
Niemals mit Alkoholen dekontaminieren.
Alkohole öffnen die Hautporen und die
Aktivität kann in die Haut eindringen.

➡ **Strategie**

weiche Handbürsten, sanft nur in der Fließrichtung bürsten
Waschvorgang nach 2-3 Minuten beenden

Entsorgung von radioaktivem Abfall

Radioaktiver Abfall ist im Volumen **so klein** wie möglich zu halten.

→ **Trennung** von radioaktivem Abfall und nicht aktivem Abfall.

Deutliche **Kennzeichnung** von Abfallbehältern für radioaktive Stoffe.

Lagerung von größeren Abfallmengen in einem **Abklingraum**!
(Trennung nach Halbwertszeiten)

Die Stoffe werden nach HWZ – siehe Leitnuklid -gesammelt. Auf den Behältern wird Isotop, Aktivität und das ermittelte Entsorgungsdatum vermerkt.

Bei Stoffen, bei denen das Entsorgungsdatum messtechnisch schwer zu ermitteln ist (z.B. Y-90), wird der Wert durch Bilanzierung ermittelt.

Schächte für radioaktiven Abfall unterschiedlicher HWZ im Abklingraum.

Abklingraum

Muss im Kontrollbereich sein!

Nur absolut **nötiger Aufenthalt**!

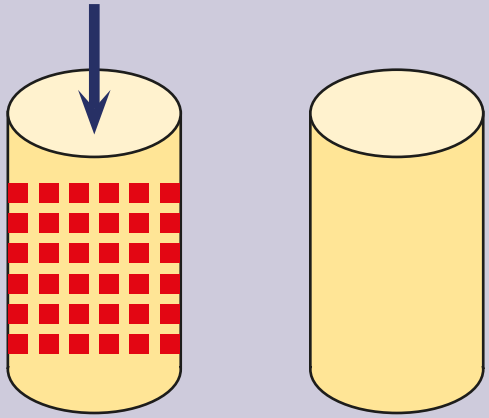
Große Flüssigkeitsmengen gesondert aufbewahren.

Volumen des radioaktiven Abfalls durch richtige Befüllung der Behälter klein halten.

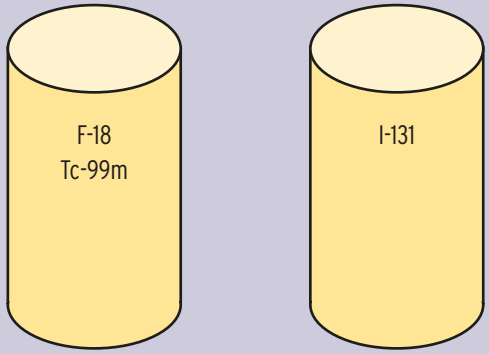
Leitnuklid: Sammeln von radioaktivem Abfall mit ähnlichen HWZ. Leitnuklid ist der Abfall mit der längsten HWZ.

„Abklingen" von Reaktionsflaschen mit radioaktiv markierten Flüssigkeiten (z.B. Eluate, Radiopharmaka, etc.) vorab in einem Bleibehälter im Heißlabor. Das reduziert die Aktivität in den Sammelbehältern und die Lagerzeit im Abklingraum (Volumenreduzierung).

➡ **Strategie**



Ersten Abfallbehälter ganz füllen, dann einen zweiten beginnen. Nie mehrere Behälter gleichzeitig füllen!



Leitnuklid: Tc-99m

Strahlenschutzverantwortlicher
(Träger der Einrichtung)

Strahlenschutzbevollmächtigter

Strahlenschutzbeauftragter
(z.B. Arzt oder Physiker)

Dokumentation der Zuständigkeit

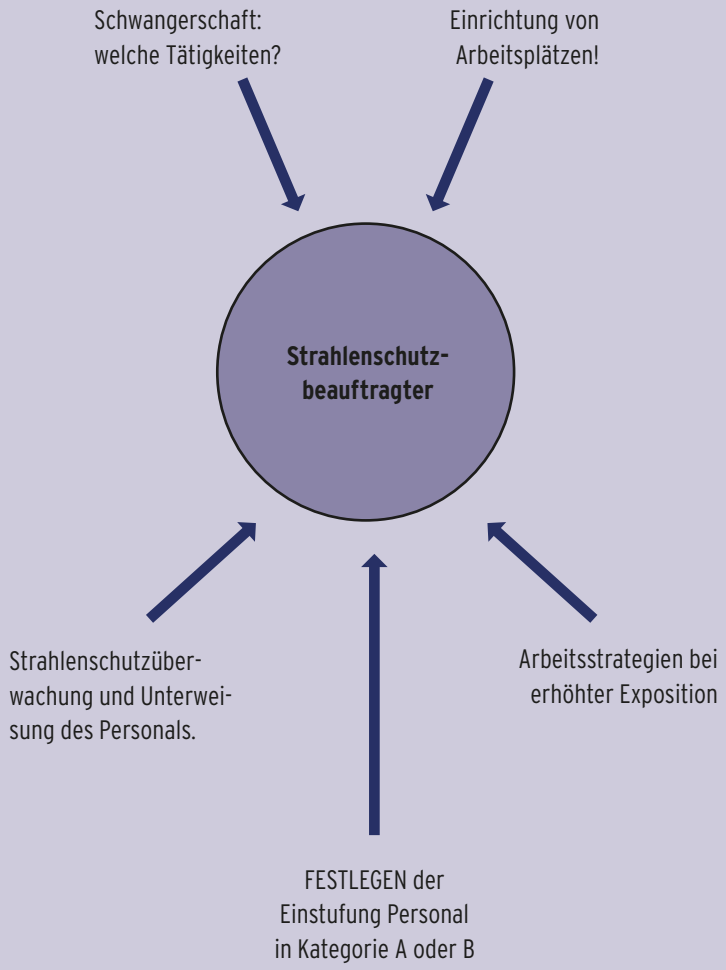
Koordinierung der Strahlenschutzaufgaben

Durchführung der Strahlenschutzunterweisung
und Koordinierung der Aktualisierungen.

Beispiel einer Arbeitsstrategie bei erhöhter Exposition:

Im PET wurde bei einer Person eine erhöhte Monatsdosis festgestellt. Grund: Diese Person war ausschließlich im Heißlabor beschäftigt.
Erstellen eines Rotationsplanes, um die Exposition des Personals in diesem Arbeitsbereich gleichmäßiger zu verteilen.

➡ **Strategie**



Häufige Radionuklide

Tc-99m ist das am häufigsten eingesetzte Isotop in der Nuklearmedizin.

Darüber hinaus verwenden viele Einrichtungen F-18 für PET-Untersuchungen. Schließlich erfordern langlebige Nuklide wie I-131 oder Y-90 für Therapien besondere Vorkehrungen.

Aufgrund der harten Energie der β^- Teilchen beim Y-90 kann es zu großen Hautdosisleistungen von bis zu 1 Sv / h bei direkten Hautkontaminationen kommen.

Nuklid Element	Zerfallsart ϒ-Energie	HWZ Verwendung
Tc-99m Technetium	ϒ 140 keV	6,0 h Diagnostik
I-131 Jod	β^- / ϒ 364 keV	8,0 d Therapie
Co-57 Cobalt	EC / ϒ 122 keV	271,3 d Prüfstrahler
Cs-137 Cäsium	β^- / ϒ 662 keV	30,2 a Prüfstrahler
F-18 Fluor	β^+ 511 keV *	109,7 min Diagnostik
Y-90 Yttrium	β^- Bremsstrahlung	64,1 h Therapie
Ga-68 Gallium	β^+ * 511 keV *	68,3 min Diagnostik

* Vernichtungsstrahlung
ϒ Gammastrahlung
β Betastrahlung
EC Electron capture (Elektroneneinfang)
keV Kiloelektronenvolt

Einheiten

Sv = Sievert
mSv = Millisievert
µSv = Mikrosievert
mSv/h = Millisievert pro Stunde

1 Sv = 1000 mSv = 1000 000 µSv

1 Bq = Becquerel (1 Zerfall / sec)

Grenzwerte

Lebensdosis

400 mSv

Jahresgrenzwert Kategorie A
(z.B. Forschung; eventuell PET/CT)

20 mSv / a

Jahresgrenzwert Kategorie B
(z.B. Röntgendiagnostik)

6 mSv / a

Notizen

ClimatePartner
klimaneutral gedruckt

Die CO_2-Emissionen dieses Produkts wurden durch CO_2-Emissionszertifikate ausgeglichen.

Zertifikatsnummer: XXX
www.climatepartner.com

CURIUM™

ALT MOABIT 91D, 10559 BERLIN
Tel.: 0800 / 72 42 986 | Fax: 0800 / 72 42 985
E-MAIL: RADIOPHARMACEUTICALS.GERMANY@CURIUMPHARMA.COM

Copyright ©2017 Curium. Alle Rechte vorbehalten

902012 | 06/2017