

# Strahlenunfall

A. ZIEGLER

## 1 Einleitung

Strahlenunfälle sind äußerst seltene Ereignisse. Gerade deswegen wird es beim Verdacht auf eine Einwirkung ionisierender Strahlung zu großen Unsicherheiten kommen.

In der **Akutphase** liegen kaum spezielle medizinische Probleme vor, da die Strahlenwirkungen erst nach einer Latenzzeit auftreten. Im Vordergrund stehen -- unter Beachtung des Selbstschutzes -- die **Beendigung der Strahleneinwirkung** und die **Sicherung der Vitalfunktionen**; bei fraglicher Kontamination die **Mithilfe bei Dekontaminationsmaßnahmen** bzw. die Durchführung einer **Grobreinigung** und die **Sammlung von Proben** für spätere Analysen; weiters sind möglicherweise zusätzlich vorliegende **mechanische, thermische oder chemische Schäden erstzuversorgen**. Die weitere strahlenmedizinische Betreuung ist durch den **Transport in ein geeignetes Zielspital** und durch die Heranziehung von Fachkräften sicherzustellen.

## 1.1 Definitionen

### 1.1.1 Ionisierende Strahlung

Strahlenart		Ursprungs- ort	Ort der Wechsel- wirkung	direkt / indirekt ionisierend	dicht / locker ionisierend	$\omega_R$	Reich- weite	Vorkommen	
$\alpha$ $2p^+, 2n$		Korpuskular- strahlung -- geladen	Atomkern	Atomhülle	direkt	dicht	<b>20</b>	sehr kurz	natürliche Radioaktivität
$\beta$ $e^-$		Korpuskular- strahlung -- geladen	Atomkern	Atomhülle	direkt	locker	<b>1</b>	kurz	natürliche Radioaktivität
$\gamma$		Photonen- strahlung	Atomkern	Atomhülle	indirekt	locker	<b>1</b>	durch- dringend	natürliche Radioaktivität
<b>X</b> Röntgen		Photonen- strahlung	Atomhülle Brems- strahlung	Atomhülle	indirekt	locker	<b>1</b>	durch- dringend	natürliche Radioaktivität, Röntgenröhre
<b>n</b> Neutronen		Korpuskular- strahlung -- ungeladen	Kern- spaltung	Atomkern ! daher: <i>aktivierend</i>	indirekt	dicht	<b>5 - 20<sup>1)</sup></b>	durch- dringend	<b>Kernkraftwerk,</b> Höhenstrahlung

Tabelle 1 - die wichtigsten Arten der ionisierenden Strahlung

1)  $\omega_R$  ist bei Neutronen energieabhängig

Ionisierende Strahlung besteht aus Teilchen- oder Wellenstrahlung, deren Energie hoch genug ist, um beim Durchgang durch die Materie Moleküle zu ionisieren. **Direkt ionisierende Strahlung** besteht aus geladenen Teilchen; ungeladene Teilchen und Wellenstrahlung sind **indirekt ionisierend**. Die biologische Wirkung ist unterschiedlich und abhängig von der Ionisationsdichte, dies wird durch den Strahlenwichtungsfaktor berücksichtigt.

Die im Strahlenschutz verwendete Messgröße der Dosis ist die **Äquivalentdosis** mit der Einheit **Sievert (Sv)**; diese wird errechnet aus der auf das Gewebe übertragenen Energiemenge (Energiedosis, Einheit Gray) und dem Strahlenwichtungsfaktor ( $\omega_R$ ), der die biologische Wirkung der aufgenommenen Strahlung im Vergleich zu  $\gamma$ -Strahlen angibt:

$$\text{Äquivalentdosis: } 1 \text{ Sv (Sievert)} = 1 \text{ Gy (Gray)} \cdot \omega_R$$

### 1.1.2 Strahlenunfall

Der Strahlenunfall wird in einschlägigen Normen als „**unvorhergesehenes Ereignis, bei welchem Personen möglicherweise einer Strahlenexposition ausgesetzt wurden, wobei höchstzulässige Dosen überschritten werden**“ definiert, dieser Begriff beinhaltet also eine Vielzahl von Geschehnissen vom kleinen betrieblichen Zwischenfall bis zum „Super-GAU“.

Für beruflich strahlenexponierte Personen ist in der Strahlenschutzgesetzgebung der zulässige Höchstwert mit **50 mSv/Jahr** (Ganzkörperdosis) festgelegt. Im Rahmen der Anpassung an die EU-Richtlinien wird eine zusätzliche Beschränkung auf 100 mSv in 5 Jahren, d. h. auf durchschnittlich **20 mSv/Jahr** vorgenommen.

## 1.2 Strahlenunfälle -- mögliche Szenarien

### 1.2.1 Die nukleare Katastrophe

Bei Unfällen in Kernkraftwerken oder nach Kernwaffenanwendung ist eine großflächige Verstrahlung durch radioaktiven Niederschlag (**fallout**) zu erwarten. Zur Verringerung der Strahlenbelastung durch äußere Bestrahlung und durch Inkorporation sind großangelegte Zivilschutz--Maßnahmen (Aufenthalt in Schutzbauten, Dekontamination von Aufenthaltsbereichen, Kontrolle des Trinkwassers und der Nahrungsmittel...) erforderlich. Dies ist nicht Gegenstand dieser Ausführungen; für eine Information über die Kaliumjodid--Prophylaxe siehe Anhang.

### 1.2.2 Nukleare Forschung und Industrie

Bei Zwischenfällen und Arbeitsunfällen in Kernkraftwerken (KKW) und Wiederaufbereitungsanlagen kommt es weltweit immer wieder zu Unfällen auch mit Todesfolge, z. B. bei **Kritikalitätsunfällen** (ungewolltes Ingangsetzen einer Kettenreaktion durch überkritische Massen von spaltbarem Material) oder unbeabsichtigten Leistungssteigerungen des Reaktors. Eine Kettenreaktion von Kernspaltungen führt zu Bestrahlung mit Neutronen, welche als einzige Strahlenart imstande ist, das bestrahlte Material zu aktivieren, d.h. selbst radioaktiv zu machen; dieser Effekt ist aber ausschließlich im Bereich von Kernreaktoren in relevantem Ausmaß zu erwarten.<sup>1</sup>

In Österreich bestehen 3 Forschungsreaktoren, und zwar im Atominstitut im Wiener Prater, an der TU Graz sowie im Forschungszentrum Seibersdorf.

### 1.2.3 Teilchenbeschleuniger

In vielen Bereichen der Forschung, der Medizin und der Industrie werden Teilchenbeschleuniger verwendet. In der **Strahlentherapie** kommen Elektronen und Photonen, aber auch Protonen und Schwerionen zur Anwendung, wobei eine Belastung auch durch die als Sekundärteilchen entstehenden Neutronen erfolgt. Es sind also zusätzlich zu den **Strahlenarten der natürlichen Radioaktivität** auch andere Teilchenstrahlen zu erwarten.

Mittels Beschleunigeranlagen werden auch die für nuklearmedizinische Untersuchungen benötigten **Radionuklide („Zyklotronprodukte“)** erzeugt. Diese haben als Positronenstrahler eine deutlich höhere Strahlenenergie als viele andere Nuklide und müssen wegen ihrer kurzen Halbwertszeit mit hohen Anfangsaktivitäten verarbeitet werden, was zu einer erhöhten Belastung des Personals führt.

### 1.2.4 Röntengeräte (medizinisch, industriell, Messgeräte)

Unfälle an Röntengeräten sind nicht selten, führen jedoch kaum zum Tod. In der Industrie (z.B. für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung) und Forschung verwendete Röntengeräte weisen zum Teil sehr viel höhere Röhrenspannungen und Durchflussströme als medizinische Röntgenapparate auf. Hier kann es bei Arbeiten am eingeschalteten Gerät v.a. zu schweren lokalen Schäden, besonders an den Händen kommen.

---

<sup>1</sup> In der Industrie werden zur Messung der Feuchtigkeit Neutronenquellen verwendet, diese haben jedoch eine viel zu geringe Neutronenflussdichte, um einen aktivierenden Effekt auszulösen.

### **1.2.5 Umgang mit umschlossenen radioaktiven Stoffen**

In der Industrie werden z.B. für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung Strahlenquellen mit hoher Aktivität verwendet, welche im Regelbetrieb gut gesichert sind und in Abschirmbehältern transportiert werden. Bei Unzuverlässigkeit der Transport-Mechanik kann die Strahlenquelle außerhalb des Behälters verbleiben und zu erhöhten  $\gamma$ -Dosisbelastungen des Personals führen (dasselbe gilt auch für das Afterloading-Verfahren in der Strahlentherapie).

Der Verlust und das Auffinden solcher Quellen durch nicht informierte Drittperson kann zu Unfällen mit schwersten lokalen Strahlenschäden, zum Teil auch zu letaler Strahlenkrankheit führen. Sogar mehrere Suizide kamen vor.

Zur Sterilisation von medizinischen Verbrauchsgütern werden  $\gamma$ -Strahlendosen von mehreren Tausend Sievert angewendet. Die letale Strahlendosis liegt für den Menschen bei 7 Sievert, daher ist auch der kurzzeitige Aufenthalt in einer solchen Bestrahlungskammer tödlich. International kam es bereits mehrmals zu solchen Unfällen. In Österreich besteht nur eine Bestrahlungskammer in Seibersdorf.

### **1.2.6 Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen**

Bei der Herstellung von nuklearmedizinischen Präparaten („Radioisotopen“) sowie beim Umgang mit solchen Präparaten in nuklearmedizinischen Labors kommt es gelegentlich zu Zwischenfällen durch Verschütten des radioaktiven Stoffes und folgender Hautkontamination. Da die Aktivitäten (Stoffmengen) gering und die Halbwertszeiten kurz sind, ist in diesen Fällen eine Gesundheitsschädigung nicht zu erwarten, die Kontamination kann meist sehr leicht entfernt werden.

Bei Kontamination von Wunden besteht jedoch Inkorporationsverdacht.

In der Nuklearindustrie mögliche Kontaminationen mit Kernbrennstoffen und Spaltprodukten (Plutonium, Uran..) erfordern eine Behandlung in einem spezialisierten Zentrum.

### **1.2.7 Transport radioaktiver Stoffe**

Radioaktive Stoffe werden naturgemäß auch zum Bestimmungsort transportiert. Strahlenquellen mit hoher Aktivität werden in besonderen Versandstücken (Typ-B-Behälter) transportiert, die auf ihre mechanische Festigkeit und Brandwiderstandsfähigkeit geprüft sind. Auch bei Einwirkung von großer Gewalt oder Hitze ist ein Austritt des Stoffes daher unwahrscheinlich und bleibt eng begrenzt.

In leichten Verpackungen (Typ-A-Behälter) werden radioaktive Stoffen in Form von Staub oder Flüssigkeit transportiert; hier kann es bei Unfällen oder Handhabungszwischenfällen leicht zur Beschädigung der Verpackungen und damit zum Stoffaustritt kommen, die Aktivitäten sind jedoch auf ein sehr geringes Maß beschränkt.

### **1.2.8 Kriminalität**

Bereits mehrfach wurden v.a. aus dem Bereich der früheren Sowjetunion radioaktive Stoffe und auch spaltbares Material in den Westen geschmuggelt. In den meisten Fällen lag keine Gefahr für die Umgebung vor, da die Aktivität gering war und der Stoff in fester Form vorlag (vergleiche 1.2.5).

Vereinzelt wurden die Stoffe aber auch in Staub-- oder Pulverform transportiert, wobei eine Inkorporationsgefahr gegeben war. Einige Male wurden auch terroristische Handlungen durch Kontamination öffentlicher Bereiche gesetzt.

### **1.2.9 Lediglich messtechnisch nachgewiesene Strahlenunfälle**

Im Rahmen des betrieblichen Strahlenschutzes werden erhöhte Dosisbelastungen und **Grenzwertüberschreitungen** durch eine physikalische Überwachung (**Dosimetrie**; beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen Messungen mit dem **Ganzkörperzähler** und **Ausscheidungsanalysen**) festgestellt.

Akute Personenschäden sind nicht zu erwarten. Der Betroffene wird einer Strahlenschutzuntersuchung durch einen ermächtigten Arzt zugeführt.

## 2. Grundlagen

### 2.1 Arten der Strahleneinwirkung – Schutzmaßnahmen

Biologische Strahlenwirkungen entstehen durch:

- 1 - Bestrahlung von außen
- 2 - Kontamination
- 3 - Inkorporation durch
  - INHALATION
  - INGESTION
  - HAUTRESORPTION (besonders bei erkrankter Haut)
  - WUNDEN

Bei **Bestrahlung von außen** werden vorwiegend  $\gamma$ -Strahlen wirksam, da  $\alpha$ - und  $\beta$ - Strahlen in der Luft nur eine beschränkte Reichweite haben, durch die Kleidung absorbiert werden und außerdem nur einige Millimeter tief eindringen können. Es kommt zu einer Ganzkörperbelastung.

Die Dosis durch externe Bestrahlung muss so klein wie möglich gehalten werden.  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen haben eine begrenzte Reichweite,  $\gamma$ - Strahlen und Neutronen nehmen mit dem Quadrat der Entfernung ab; **der beste Schutz ist daher die Einhaltung eines großen Abstandes!** Da bei gegebener Dosisleistung (Strahlungsintensität) die Dosis von der Einwirkdauer abhängt, soll der Aufenthalt in der Gefahrenzone so kurz wie möglich sein.

**Kontaminationen** (jede Verunreinigung der Körperoberfläche mit radioaktivem Stoff) können nur bei offenen radioaktiven Stoffen auftreten und haben neben der Ganzkörperbestrahlung durch  $\gamma$ - Strahlen eine hohe Hautbelastung v.a. durch  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen zur Folge.

Kontaminationen sind nicht immer ganz zu vermeiden, durch das Tragen von Handschuhen und durch umsichtiges Verhalten (Kontakt mit verdächtigen Stoffen vermeiden) werden sie so klein wie möglich gehalten. Die eigentliche Gefahr liegt darin, dass die Substanz leicht verschleppt und durch den Verunfallten oder die Helfer inkorporiert werden kann, daher sind Kontaminationen so rasch wie möglich zu entfernen.

Kontaminationen können **präklinisch** durch einfache **behelfsmäßige Dekontaminationsmaßnahmen** weitgehend entfernt werden, wodurch lokale Nachwirkungen ausgeschlossen und die Inkorporation durch Hautresorption verhindert werden.

Durch die Verteilung des radioaktiven Stoffes auf eine größere Fläche ist die Dosisleistung in der Umgebung sehr gering - durch den Aufenthalt in der Nähe einer kontaminierten Person ergibt sich durch Bestrahlung von außen **keine relevante Dosis für den Helfer**.

**Der Helfer muss sich jedoch vor Kontamination schützen !**

Die **Inkorporation** ist die gefährlichste Form der Strahlenbelastung, sie erfordert Behandlung an einem spezialisierten Zentrum wie z. B. in internationalen Zentrum für Radiopathologie in Paris. Die radioaktive Substanz verteilt sich ihren chemischen Eigenschaften entsprechend im Körper. Es besteht meist eine bevorzugte Anreicherung in einem Organ („**kritisches Organ**“ z.B. Strontium-90 - Knochen, Jod-131 - Schilddrüse, Caesium-137 - Muskel), daher kommt es zu **Organbelastungen**.

**Präklinisch** sind **keine Therapiemaßnahmen möglich**, die klinische Therapie besteht im Versuch, die Resorption an der Eintrittsstelle und die Anreicherung im kritischen Organ zu verhindern (Dekontamination, Anwendung von Komplexbildnern und Ionenaustauschern, Laxantiengabe bei Ingestion..). Zur Diagnostik dienen Gamma-Kameras bei  $\gamma$ -Strahlern und Ausscheidungsanalysen bei  $\alpha$ - und  $\beta$ - Strahlern.

Inkorporationen können durch richtiges Verhalten sicher vermieden werden. Während der Tätigkeit mit gesundheitsschädlichen Stoffen aller Art ist das Essen, Trinken und Rauchen verboten, da dies sicher zur Inkorporation von den meist an den Händen befindlichen Kontaminationen führt; Nahrungsaufnahme darf erst wieder nach erfolgter Reinigung erfolgen!

**MERKE: Jede Strahlenbelastung, die nicht unbedingt notwendig ist, ist zu vermeiden.**

**Dosis durch Bestrahlung von außen minimieren:**

Abstand halten

Aufenthaltsdauer beschränken

Abschirmung ausnützen

**Kontaminationen minimieren bzw. rasch wieder entfernen:**

- Handschuhe (ev. Einmalschürze und Mundmaske)
- verdächtige Stoffe nicht berühren
- Verschleppung und Aufwirbelung vermeiden
- Reinigung und Kleidungswechsel nach dem Einsatz

**Inkorporation kann durch richtiges Verhalten sicher vermieden werden !**

Während des Einsatzes bei Kontaminationsverdacht

- NICHT ESSEN, TRINKEN UND RAUCHEN !
- Inhalation vermeiden: Stoff nicht aufwirbeln, Behälter und Verpackungen nicht öffnen !

**2.2 Strahlenbiologische Wirkungskette**

Die ionisierende Strahlung ist durch ihre hohe Energie befähigt, Elektronen aus der Hülle von Atomen herauszusprengen und dadurch geladene Atome und Moleküle zu erzeugen =

**Ionisation.** Bei der Ionisation von Molekülen werden chemische Veränderungen erzeugt, wobei die Alterationen an der DNS im Vordergrund stehen. Es kann einerseits durch direkte Treffer an der DNS zu Bindungsbrüchen kommen (direkte Strahlenwirkung); andererseits entstehen durch die Spaltung von Wassermolekülen („Wasserradiolyse“) Radikale, d.h. hochreaktive Molekülbruchstücke, welche die DNS indirekt verändern (indirekte Strahlenwirkung).

Die Wirkung ionisierender Strahlen auf lebende Organismen verläuft in aufeinanderfolgenden Phasen ab („strahlenbiologische Wirkungskette“):

**a. Absorption von Strahlungsenergie**

Nur die Strahlung, die im Körper absorbiert wird, verursacht eine biologische Wirkung!

**b. physikalische Primärwirkung**

Anregung, Ionisation

**c. chemisch - biochemische Sekundärwirkung**

chemische Alterationen der DNS

**d. biologische Manifestation**

Strahlenwirkungen durch Zellabtötung oder maligne Entartung

Die ionisierende Strahlung bewirkt vier Arten von Strahlenwirkungen:

- akute Strahlenschäden: **Strahlenkrankheit, lokale Gewebe- und Organschäden**
- **Teratogenese** (Entstehung von Missbildungen bei Bestrahlung in utero im 1. Trimenon) sowie **Mikrozephalie und geistige Retardation**
- **Kanzerogenese**
- **Mutagenese** (Entstehung von Erbkrankheiten durch Bestrahlung von Keimzellen)

Die Strahlenwirkungen werden nach der Art ihres Auftretens in Gruppen eingeteilt (Tab.1).

#### KRITERIEN

<i>deterministische (nicht stochastische) Schäden</i>	* <i>akute Strahlenschäden</i> * <i>Teratogenese</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erst ab einer gewissen Dosis (<i>Schwellendosis</i>)</li> <li>• für den Einzelnen <i>vorhersagbar</i></li> <li>• die <i>Schwere</i> der Schäden ist dosisabhängig</li> </ul>
<i>stochastische<sup>a)</sup> Schäden</i>	* <i>Kanzerogenese</i> * <i>Mutagenese</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine Schwellendosis</li> <li>• Alles-oder-Nichts-Prinzip</li> <li>• für den Einzelnen <i>nicht vorhersagbar</i></li> <li>• Wahrscheinlichkeit des Auftretens dosisabhängig</li> </ul>

Tabelle 1 - Einteilung der Strahlenschäden

<sup>a)</sup> Stochastik = die Lehre von den zufälligen Ereignissen

### 2.3 Stochastische Strahlenwirkungen

Es ist nicht möglich, die Kanzerogenese für eine Einzelperson vorherzusagen, es kann lediglich die Wahrscheinlichkeit mit statistischen Methoden berechnet werden. Es gibt, wie erwähnt, auch keine Schwellendosis.

**Risikoabschätzungen** dienen dazu, **Grenzwerte** festzulegen, bei deren Einhaltung das Risiko der Kanzerogenese im Vergleich zum Spontanrisiko und zu anderen beruflich bedingten Risiken vertretbar ist. Der Grenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen beträgt z.Z. **50 mSv/ Jahr Ganzkörperdosis.**<sup>2</sup>

Das Risiko einer Erbgutveränderung ist viel geringer<sup>3</sup>, bei Einhaltung der o.a. Grenzwerte spielt das mutagenetische Risiko daher keine Rolle.

<sup>2</sup> Bei einer (Ganzkörper-) Dosis von 10 mSv ist mit 500 zusätzlichen Krebstodesfällen pro Million Menschen zu rechnen, die Spontaninzidenz liegt jedoch bei über 12 % (über 120 000 je Million). Das Krebstodesrisiko einer solchen Dosis ist also zu vernachlässigen.

<sup>3</sup> Die betroffene Ei- oder Samenzelle muß trotz erfolgter Mutation voll funktionsfähig bleiben, die Wahrscheinlichkeit dafür ist sehr niedrig. Eine Auswirkung der im Tierversuch und im Labor nachweisbaren Mutationen ist für dem Menschen *letztlich nicht bewiesen*; nicht einmal bei den Atombombenopfern von Hiroshima und Nagasaki konnte eine Steigerung der Erbkrankheiten festgestellt werden.

Schutz gegen stochastische Strahlenschäden:

**Jede nicht notwendige Strahlenbelastung vermeiden!**

**Grenzwerte einhalten!**

## 2.4 Nicht-stochastische (deterministische) Strahlenwirkungen

Nach einer Ganzkörperbestrahlung hoher Dosis tritt die **Strahlenkrankheit** (Synonyme: akutes Strahlensyndrom ASS; acute radiation syndrom ARS) auf; nach hohen Teilkörperdosen sind **lokale Strahlenschäden** vorzugsweise an der Haut, aber auch an darunterliegenden Geweben und Organen zu erwarten.

Die biologische Auswirkung der Strahlen ist **abhängig von der Dosis**, der einwirkenden **Strahlenart**, von der **zeitlichen<sup>4</sup> und räumlichen<sup>5</sup> Verteilung** sowie von der unterschiedlichen **Strahlenempfindlichkeit der betroffenen Gewebe** ab. Zellen sind während der Zellteilung besonders strahlenempfindlich, daher sind vorwiegend Gewebe mit einer hohen Zellteilungsrate von einer Strahlenwirkung betroffen. In Tab.2 sind neben den betreffenden Organen die zu erwartenden Strahlenfolgen angeführt.

<b>sehr strahlenempfindlich</b> Knochenmark - Hämatopoese Gonaden Embryo (1. Trimenon) Augenlinse	Panzytopenie	<b>Hänorrh. Diathese, Immunsuppression</b> Infertilität Teratogenese <b>Strahlenkatarakt</b>
<b>mäßig strahlenempfindlich</b> Darmschleimhaut Haut und Hautanhangsgebilde	Schädigung der Kryptenzellen  Haarfollikel Talgdrüsen	<b>Diarrhoe, Exsikkose</b> <b>Erythem, Strahlendermatitis</b> <b>Epilation</b> <b>Hauttrockenheit</b>
<b>gering strahlenempfindlich</b> parenchymatöse Organe  Schilddrüse Lunge	Leber, Niere, Nebenniere, Magenwand, Zentralnervensystem	nach sehr hohen Dosen evtl. chronisch verlaufende, fibrosierende Entzündungen  Hypothyreose Strahlenpneumonitis, Fibrosierung
<b>sehr gering strahlenempfindlich</b> Stütz und Bewegungsapparat a) periphere Nerven		

Tabelle 2 - Strahlenempfindlichkeit der Gewebe des Erwachsenen, Folgen bei Bestrahlung

a) Die Epiphysenfugen des Kindes sind hochsensibel, Bestrahlung führt zu Wachstumsstörungen.

<sup>4</sup> **Zeitliche Dosisverteilung:** Eine Protrahierung oder eine Fraktionierung einer Dosis führen (außer bei dicht ionisierender Strahlung) zu einer Verminderung der Wirkung. Eine Sofortdosis erfolgt in einem so kurzen Zeitraum, daß die Reparaturprozesse der Zelle nicht wirksam werden können, also innerhalb von Stunden.

<sup>5</sup> **Räumliche Dosisverteilung:**

7 Sv Ganzkörperbestrahlung → irreversible Schädigung der Blutbildung → letale Strahlenkrankheit

7 Sv Teilkörperbestrahlung → leichter lokaler Gewebeschaden ohne Allgemeinerkrankung

Daraus folgt: bei Dosisangaben ist daher immer das **Zielvolumen** und der **Verabreichungszeitraum** anzugeben:

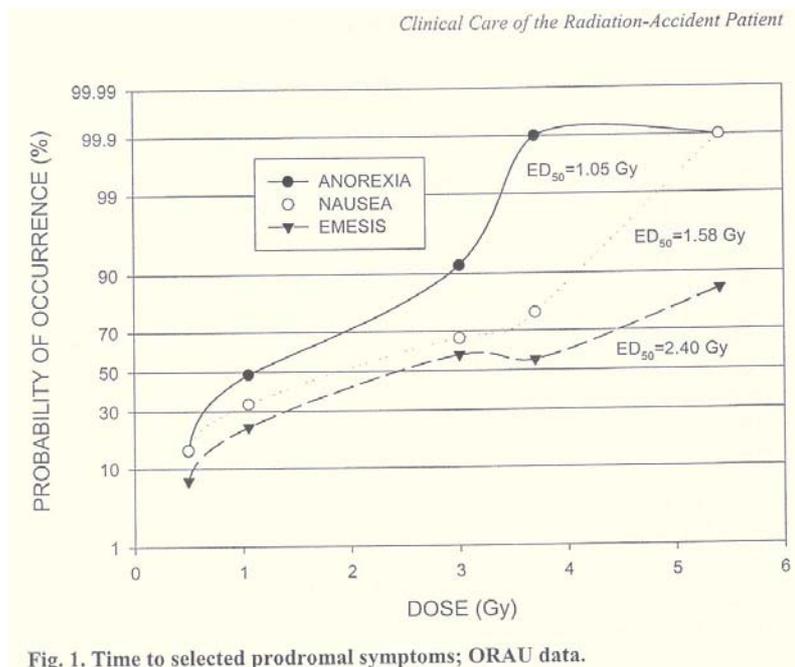
z.B.: 1 Sv Ganzkörperdosis Sofortdosis.

### 2.4.1 Die Strahlenkrankheit

Die akute Strahlenkrankheit ist ein dosisabhängiger, nicht stochastischer Strahlenschaden.

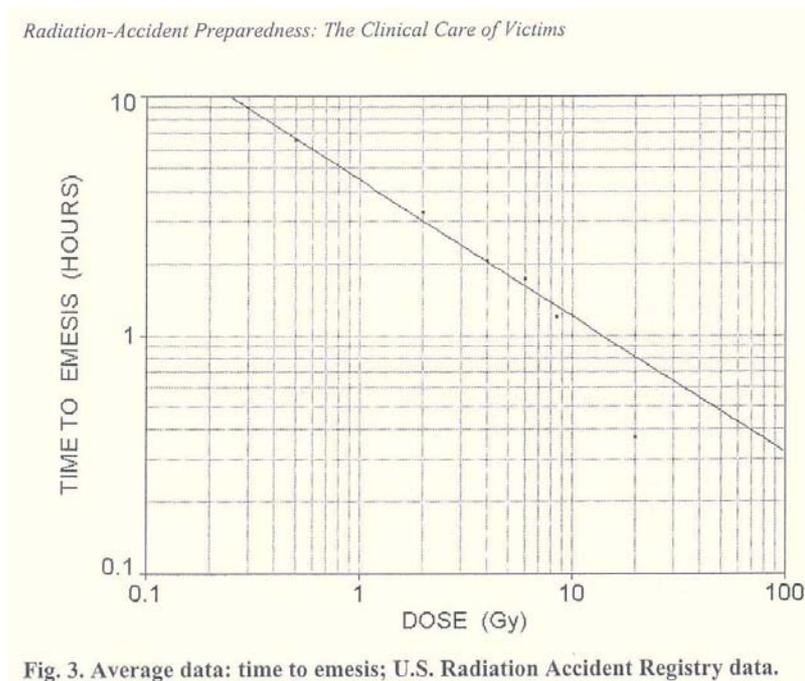
**Prodromalstadium:** Innerhalb von Stunden nach der Strahlenexposition können initiale Symptome wie Krankheitsgefühl, Appetitverlust, Übelkeit und Erbrechen auftreten; dieses vorübergehende **Prodromalstadium** wird auch als „Strahlenkater“ bezeichnet.

Das Auftreten von *Erbrechen* ist ein wichtiger *prognostischer Faktor*; die Häufigkeit nimmt mit steigender Dosis zu; je höher die Dosis, desto früher tritt Erbrechen auf.



Wenn das Erbrechen innerhalb einer Stunde nach der Exposition auftritt, muss mit einer (letalen) Dosis von 10 Gy Ganzkörperdosis gerechnet werden!

Quelle: 4th International REAC/TS Conference 'Medical Basis For Radiation Accident Preparedness - The Clinical Care of Victims' March 2001



**Latenzzeit:** Danach folgt eine einige Tage bis über 2 Wochen dauernde Latenzzeit ohne wesentliche Symptomatik. Die Dauer der Latenzperiode nimmt mit Zunahme der Dosis ab.

**Phase der manifesten Symptome:** Es werden **drei Strahlensyndrome** unterschieden:

- hämatopoetisches Syndrom
- gastrointestinales Syndrom
- zerebrales Syndrom.

SYNDROME	zerebral	gastrointestinal	hämatopoetisch
<b>Organ</b>	Zentralnervensystem	Dünndarm	Knochenmark
<b>Schwellendosis (Sv) <sup>a)</sup></b>	<b>ca. 20 Sv</b>	<b>ca. 5 Sv</b>	<b>ca. 1 Sv</b>
<b>Latenzzeit bis zum Auftreten der Hauptsymptome</b>	30 min - 3 h	3 - 5 d	bis zu 3 Wochen
<b>Symptome</b>	Lethargie, Krämpfe, Koma	Diarrhoe, Exsikkose	Panzytopenie: hämorrh. Diathese, Immunsuppression
<b>Zeitpunkt des Todes</b>	nach 2 Tagen	nach 2 Wochen	nach 2 Monaten
<b>Todesursache</b>	Hirnödem, erhöhter Schädelinnendruck	Kreislaufversagen infolge Exsikkose	Infektionen, Hämorrhagien
<b>Prognose</b>	infaust	schlecht	gut

Tabelle 3 - Syndrome der akuten Strahlenkrankheit

a) Ganzkörperdosis Sofortdosis

Bei Dosen **unter 50 mSv** (alle Dosisangaben beziehen sich auf eine Ganzkörper-Sofortdosis) sind Strahlenwirkungen nicht nachweisbar. Ab ca. **100 mSv** können Veränderungen in der Lymphozytenchromosomenaberrationsanalyse (biologische Dosimetrie) erfasst werden, bei **mehreren hundert mSv** sind Blutbildveränderungen gegeben.

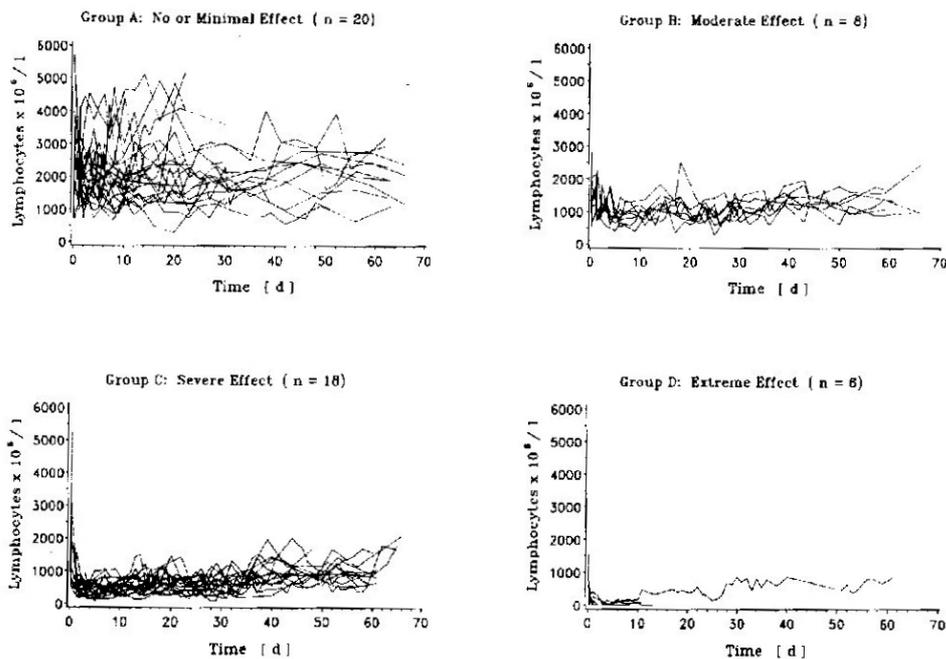
Ab **1 Sv** sind nach der Latenzzeit Symptome zu erwarten; die letale Dosis liegt bei **7 Sv**.

Unmittelbar nach der Strahlenexposition sind (ausgenommen das Prodromalsyndrom) keine Früh-Symptome zu erwarten.

Die Symptome der Strahlenkrankheit sind darüber hinaus sehr uncharakteristisch. Es ist daher **unmöglich**, einen Strahlenunfall an den Auswirkungen auf die Betroffenen zu erkennen !

Zur Diagnostik können die **Veränderungen des Blutbildes** herangezogen werden, wobei die Lymphozyten nach relevanter Bestrahlung innerhalb von Stunden deutlich abnehmen; ein Lymphozytensturz auf  $1000 / \text{mm}^3$  innerhalb eines Tages hat eine ernste prognostische Bedeutung.

## Abfall der Blutlymphozytenzahl nach Strahlenbelastung:



Verlaufsbeobachtungen der Blutlymphozytenkonzentration bei insgesamt 55 Strahlenunfallopfern [18] mit leichten (A), mäßigen (B), schweren (C) und schwersten (D) Verlaufsformen des akuten Strahlensyndroms.

Als prognostischer Faktor kann die Granulozytenzahl herangezogen werden. Je früher und ausgeprägter es nach der initialen Granulozytose zu einer Granulozytopenie kommt, desto stärker die Strahlenschädigung des Knochenmarks.

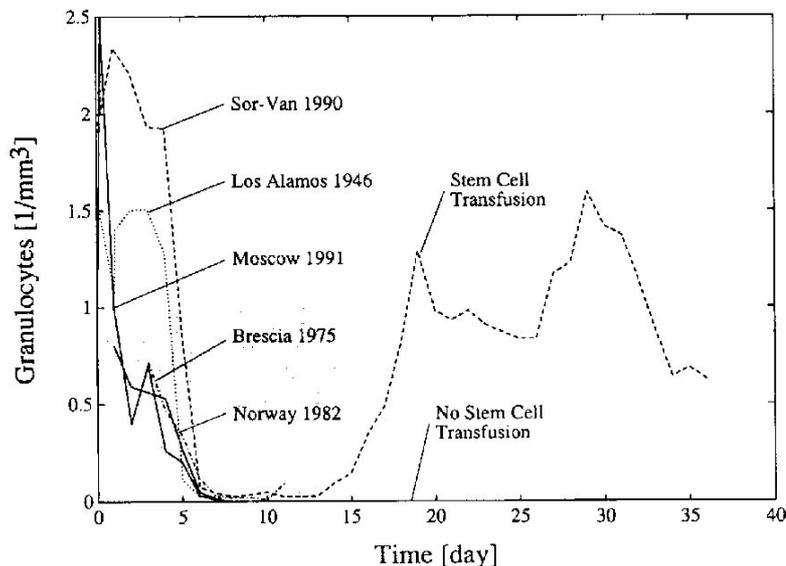


Abb. 4: Granulozytenverlaufskurven bei fünf Personen, die bei Strahlenunfällen schwerst geschädigt wurden. Dieser Verlauf (Minimalwerte nach fünf bis sechs Tagen) ist pathognomonisch für eine irreversible Schädigung des hämatopoetischen Stammzellenspeichers.

Die nächste Abbildung zeigt den Granulozytenverlauf einer subletalen Strahlenschädigung:

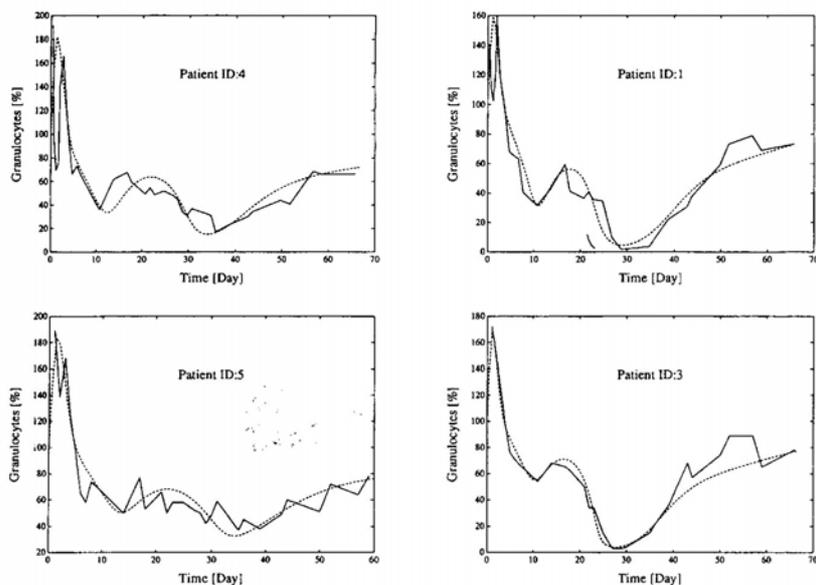


Abb. 5: Die Granulozytenverlaufskurven sind typisch für eine reversible Schädigung des Stammzellenspeichers. Bei den Patienten ID1 und ID3 lag ein schwerer, bei ID4 und ID5 ein erheblicher Schaden vor. (Ausgezogene Kurven: beobachtete Werte, gestrichelte Kurven: Simulation auf Grund eines biomathematischen Regelkreismodells).

Quelle der Abbildungen: Fliedner et.al. (1993)

Auch bei subjektivem Wohlbefinden muss nach bekannter oder auch nur vermuteter Strahlenexposition eine **Hospitalisierung** erfolgen.

## 2.4.2 Lokale Strahlenschäden - Strahlenverbrennung der Haut

Durch Bestrahlung werden alle Anhangsgebilde der Haut zerstört und das Gefäßendothel geschädigt, was in der Spätphase zu **obliterierenden Endarteriitiden** und dadurch zu **trophischen Störungen und Nekrosen** führen kann.

Akut kommt es nach 2 - 3 Tagen zu einer Rötung, welche nach 1 - 2 Tagen wieder abklingt: **Früherythem**, flüchtiges Erythem. Nach einer Latenzzeit von 8 - 10 Tagen, die mit höheren Dosen kürzer ist, tritt ein verbrennungsähnliches Bild (**Spät erythem**, fixes Erythem) von ca. 1 Woche Dauer auf, welches in eine **Hyperpigmentierung** übergeht und bei höheren Dosen von **Blasen und Ulzera** gefolgt sein kann. Bei sehr hohen Dosen um 50 Sv treten solche Veränderungen innerhalb von Stunden auf: **Frühulkus, feuchte Epitheliolyse, exsudative Strahlendermatitis**. Durch die Schädigung der Haarfollikel kommt es nach 2 - 3 Wochen zur **Epilation**, die bei Dosen von 3 - 4 Gy temporär und bei Dosen über 5 Gy irreversibel ist.

Lokale Strahlenschäden an der Haut treten ebenfalls erst nach einer **Latenzzeit von Stunden bis Tagen** auf und können daher unmittelbar nach der Strahlenexposition **nicht** beurteilt werden.

## Strahlenwirkungen

- **Strahlung kann verursachen:**

- » Übelkeit, Erbrechen 30 min - 2 d
- » Blutbildveränderungen Stunden
- » schwere Erkrankung und Tod Tage
- » schwere Hautschäden Tage

- **Strahlung verursacht NICHT:**

- » akute Todesfälle
- » akute Verbrennungen Hautschäden

- **Strahleneinwirkung allein ist KEIN MEDIZINISCHER NOTFALL !**

### 3. Maßnahmen beim Strahlenunfall

Ähnlich wie bei Schadstoffeinsätzen wird auch die Ausrüstung für Strahlenschutzmaßnahmen in Stützpunktfeuerwehren bereitgehalten, während die Erstmaßnahmen von den zuerst an der Einsatzstelle eingetroffenen Feuerwehreinheiten bzw. Ortsfeuerwehren auch ohne Spezialausrüstung durchgeführt werden müssen.

Auch im Strahlenschutz ist dafür als taktische Grundregel die „GAMS-Regel“ anzuwenden:

**Gefahr erkennen - Absperren - Menschenrettung - Spezialkräfte anfordern !**

Für die Notfallmedizin sind lediglich die akuten Strahlenschäden (lokale Schäden, zerebrales, gastrointestinales oder hämatopoetisches Strahlensyndrom) relevant.

Deren Latenzzeit beträgt auch bei hohen Dosen mindestens einige Stunden, meist jedoch Tage oder sogar Wochen (**siehe Abschnitt 2.4**), **am Notfallort sind daher keine spezifischen Symptome zu erwarten**. Die erste Hauptschwierigkeit besteht also darin, einen Strahlenunfall überhaupt als solchen zu erkennen.

#### 3.1 Diagnose

Radioaktive Stoffe müssen bei der betrieblichen Anwendung und beim Transport **gekennzeichnet** werden. Kennzeichnungen sind u. a. zu erwarten:

- beim Transport und in Labors auf Versandstücken
- beim Transport am Fahrzeug
- in Betrieben in der Nähe von Geräten
- in Betrieben und Labors an Türen beim Zutritt von Arbeitsbereichen

		
<p><b>internationales Strahlenwarnzeichen</b></p>	<p>Transport-Kennzeichnung <b>am Versandstück</b> Gefährlichkeit von Kategorie I bis III zunehmend ( bei Kategorie II und III sind das Nuklid = Stoffart und die Aktivität = Stoffmenge auf dem Gefährzettel angegeben)</p>	<p>Kennzeichnung in Betrieben nach <b>Arbeitnehmerschutz-</b> <b>vorschriften</b></p>

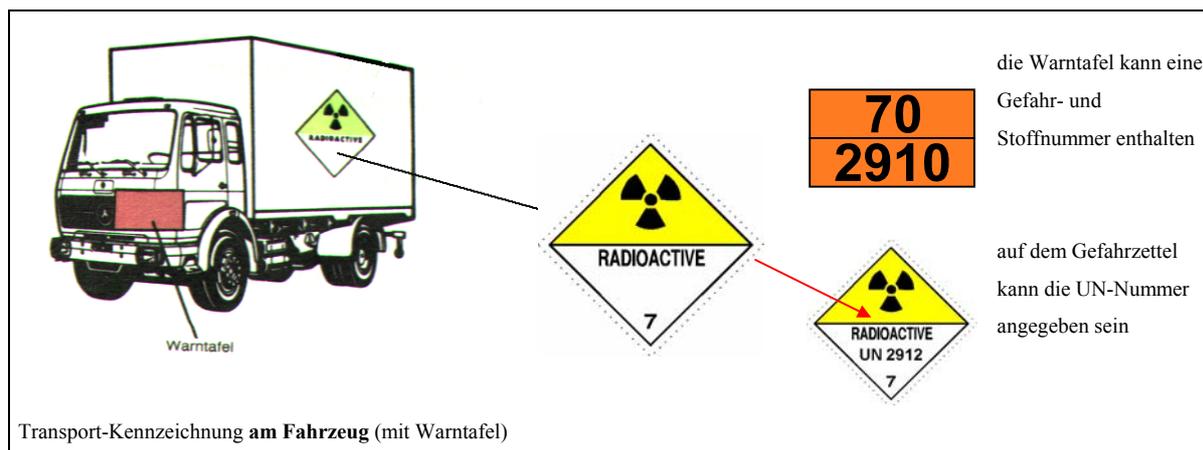


Abb. 1 - Beispiele der Kennzeichnung von radioaktiven Stoffen

Oft sind **Hinweise vom Betroffenen** oder von anderen ortskundigen Personen oder Betriebsangehörigen der einzige Hinweis auf eine mögliche Gefährdung durch ionisierende Strahlung. Bei Unfällen in Betrieben kann der **Strahlenschutzbeauftragte** gerufen und befragt werden.

In den weitaus meisten Fällen wird der Notarzt jedoch von der **Feuerwehr** bereits unter dem Stichwort „Strahlenunfall“ zu einem Einsatz hinzugezogen werden. Falls die Feuerwehr noch nicht anwesend ist, muss sie sofort zur Durchführung der Erstmaßnahmen (Bergung, Dekontamination) alarmiert werden.

Die BF Wien verfügt auf jedem Kommandofahrzeug über eine Strahlmessausrüstung, in den übrigen Bundesländern verfügt die Feuerwehr über Strahlenschutzstützpunkte (vgl. Kapitel „Unfälle mit gefährlichen Stoffen“).

Die **Polizei** bzw. **Gendarmerie** muss bei Strahlenunfällen **verständlich** werden, damit die zuständigen **Behörden** informiert und weitere Kräfte (Sachverständige, Autobahnmeisterei, Straßenmeisterei..) hinzugezogen werden können.

### 3.2 Maßnahmen

Die **STRAHLENEINWIRKUNG VON AUSSEN** (vgl. Abschnitt 2.1) kann dadurch **LIMITIERT** werden, dass der Verunfallte aus **dem Gefahrenbereich geborgen** wird. Der Gefahrenbereich ist vorerst in einem **Umkreis von 30 m** um den vermuteten Ort der Strahlenquelle oder um das vermutlich kontaminierte Areal anzunehmen.

Wenn sich der Verunfallte noch in diesem Bereich befindet, ist eine Bergung zu veranlassen; diese wird in erster Linie - sofern anwesend - durch die Feuerwehr erfolgen; unter Einhaltung der in Abschnitt 2.1 genannten Schutzmaßnahmen kann die Bergung jedoch auch durch das Betriebs- oder Rettungspersonal erfolgen, da bei den in der Industrie in Österreich üblichen Strahlenquellen bei einem kurzzeitigem Aufenthalt (einige Minuten) in der Nähe des Strahlers eine relevante Dosis nicht auftreten kann.

Nach dem Einsatz muss dann aber eine Kontrollmessung zum Kontaminationsnachweis und bei Bedarf eine Dekontamination durchgeführt werden.

### 3.2.1 Abschätzen der Kontaminationsgefahr

Bei Verdacht auf Kontamination sind besondere Maßnahmen zur Beendigung der Strahleneinwirkung und zum Selbstschutz notwendig. Die Abschätzung der Kontaminationsgefahr ist daher für das weitere Vorgehen von zentraler Bedeutung. Kontaminationen und die daraus folgende Inkorporation können nur beim Austritt radioaktiver Substanz eintreten. Ob diese Gefahr besteht, **hängt von der Beschaffenheit der Strahlenquelle und der Verpackung ab.**

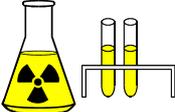
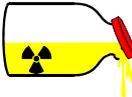
<b>Umschlossene Strahler</b> fester radioaktiver Stoff allseitig dichte, feste, inaktive Hülle.  <i>Beispiele: Strahlentherapie, zerstörungsfreie Werkstoffprüfung</i>		<b>KONTAMINATIONSGEFAHR</b> im Normalbetrieb	<b>KEINE</b>
bei Einwirkung von großer mechanischer Kraft oder starker Hitze		nach Unfall oder Brand	<b>GERING bis MÄSSIG</b>
<b>Radioaktive Stoffe (Flüssigkeiten, Staub)</b> fest, flüssig oder gasförmig  <i>Beispiele: Labors in Nuklearmedizin und Forschung, Herstellung der Radioisotope</i>		beim Umgang z. B. im Labor	<b>GROSS</b>
beim Transport in verschlossenen Behältern		im Normalbetrieb	<b>KEINE</b>
bei Einwirkung von mechanischer Kraft (Transport- und Handhabungszwischenfall)		bei Transportunfällen mit Beschädigung der Verpackung	<b>MÄSSIG bis GROSS</b>
<b>Röntgeneinrichtungen</b>			<b>KEINE</b>

Tabelle 4 - Abschätzen der Kontaminationsgefahr

Wenn eine **Kontaminationsgefahr ausgeschlossen** ist (umschlossener Strahler oder Röntgenquelle, kein Brand, keine Einwirkung großer Kraft), kann **ohne weitere Schutzmaßnahmen am Verunfallten hantiert** und dieser **transportiert** werden.

Kann die **Gefahr einer Kontamination nicht sicher ausgeschlossen** werden, gilt der Verunfallte als kontaminiert..

Nach der Bergung aus der Gefahrenzone werden die Vitalfunktionen kontrolliert und alle notwendigen Maßnahmen (insbesondere die Sicherung der Atemwege) durchgeführt.

Bei Verdacht auf Kontamination **Selbstschutz** nicht vergessen, d.h. **Handschuhe, Maske, Haube und Einmalschürze!** Die normale Einsatzbekleidung bietet ausreichenden Schutz.

### 3.2.2 Vorgangsweise bei kontaminierten Verunfallten

Unfallbedingte Kontaminationen sind vorwiegend auf der **Kleidung** des Verunfallten zu erwarten. Die **Haut** wird vor allem an den unbedeckten Körperstellen betroffen sein, einerseits an den **Händen** und andererseits im **Gesichtsbereich**, an den **Haaren** und in den **Ohren** sowie infolge von Ingestion und Inhalation an den **Schleimhäuten von Mund und Nase**. Bei Kontaminationen im Gesichtsbereich besteht immer der Verdacht auf eine Inkorporation.

Falls Kontaminationsnachweisgeräte an der Einsatzstelle verfügbar sind und die medizinische Versorgung des Verunfallten nicht dringlich erscheint, kann das Abspüren der Verunfallten durch die Strahlenschutzkräfte (der Feuerwehr) abgewartet werden. In allen anderen Fällen werden die u.a. Maßnahmen unter dem bloßen Verdacht auf eine Kontamination durchgeführt.

#### **Grobdekontamination:**

Die Grobdekontamination wird durch Feuerwehrkräfte unter Mithilfe des Rettungspersonals durchgeführt. Besonders bei staubförmigen Substanzen sollte der Betroffene vor Durchführung der Grobdekontamination eine **Mundmaske (Staubschutzmaske) als Inkorporationsschutz** erhalten!

Durchführung:

- **(schalenweises) Ausziehen** der Kleidung
- offensichtlich oder vermutlich kontaminierte Körperteile mit Wasser in großen Mengen und -- wenn vorhanden -- mit Seife **mehrere Minuten lang waschen, ohne die Haut zu traumatisieren und ohne das Wasser auf noch nicht kontaminierte Körperteile rinnen zu lassen**
- **Einhüllen** des Verunfallten mit flüssigkeitsdichtem, nicht saugendem Material (z.B. Vliestücher oder Alufolie), Patient auf **abgedeckte Krankentrage** (Kunststofffolie) legen
- **abgelegte Kleidung sammeln und kennzeichnen**
- **Bei Verdacht auf Ätzwirkung** die Haut nicht nur abwaschen, sondern 15 Minuten lang mit großen Wassermengen spülen

Die Grobreinigung macht die **Überprüfung auf Kontamination** durch Strahlenschutzkräfte jedoch nicht überflüssig. Diese kann noch vor Ort erfolgen, wenn Strahlenmessgeräte und ausgebildetes Personal zur Verfügung stehen und der Zustand des Patienten es erlaubt. Andernfalls erfolgen die Messung und weitere Dekontaminationsmaßnahmen im Krankenhaus unter Zuziehung von Strahlenschutzfachkräften.

**Kontaminierte Wunden** sind genauso wie die unverletzte Haut ohne mechanische Reinigungsversuche zu spülen. Dichtschließende Verbände fördern die Resorption; kontaminierte Wunden sollten daher wenn möglich offen belassen oder nur locker abgedeckt werden, sofern nicht eine Blutstillung erforderlich ist. Wunden, die sicher außerhalb des kontaminierten Bereiches liegen, sollten natürlich nicht durch abfließendes kontaminiertes Spülwasser in Mitleidenschaft gezogen werden; sie sind vor der Reinigung abzudecken oder mit einem Verband oder einer Inzisionsfolie (Wundränder vorher trocknen) zu versorgen.

#### **Asservierung von Proben:**

Für die weitere strahlenmedizinische Beurteilung einer fraglichen Inkorporation kann es von Vorteil sein, wenn schon am Notfallort erste Proben (Venenblut, Speichel, Nasensekret, Wischproben mit Wattestäbchen von Haut und Schleimhäuten) gesichert wurden. Zeitpunkt, exakte Lokalisation und Art der Probennahme sind genau zu **dokumentieren**.

### Hygienemaßnahmen nach dem Einsatz:

Da trotz Grobreinigung nicht auszuschließen ist, dass sich die Helfer mit kleinsten Mengen an radioaktivem Stoff kontaminiert haben, sollen nach Beendigung des Einsatzes folgende Maßnahmen getroffen werden:

- **Kleidung** vollständig – einschließlich der Unterwäsche – **wechseln**
- Kleidung sofort **zum Waschen** geben!
- gründliche **Körperreinigung** (Duschen), Hautpflege

### 3.2.3 Therapeutische Maßnahmen

Die einzige kausale Maßnahme, die der Notarzt beim Strahlenunfall setzen kann, ist die bereits beschriebene **Beendigung der Strahleneinwirkung** (Bergung aus der Gefahrenzone, Grobdekontamination).

Darüber hinaus stehen **keine spezifischen Therapiemaßnahmen** zur Verfügung. Wegen der im Rahmen der Strahlenkrankheit zu erwartenden Immunsuppression empfiehlt es sich, den Verunfallten von großen Menschenansammlungen zu **isolieren** und warm zu halten. Im übrigen sind etwaige begleitende Verletzungen und Erkrankungen zu beachten und der durch seine Ängste unter großem emotionalen Stress stehende Patient **psychologisch** zu **betreuen**.

### 3.2.4 Dokumentation

Wegen der Außergewöhnlichkeit des Ereignisses „Strahlenunfall“ empfiehlt es sich, eine über das Normalmaß hinausgehende Dokumentation des Notarzteinsatzes durchzuführen und z. B. nach Einsatzende ein **Gedächtnisprotokoll** anzulegen. Gespräche und Auskünfte, die Einfluss auf die durchgeführten Maßnahmen hatten, sollten unverzüglich als **Aktennotiz** mit Zeitangabe festgehalten werden.

Die unmittelbaren Ansprechpartner der Notarzes sind der Strahlenschutzbeauftragte des Betriebes, welchem auch die Meldung des Unfalles an die Behörden obliegt, der Feuerwehreinsatzleiter sowie – wenn bereits eingetroffen – der Vertreter der Behörden. Zur ersten Einschätzung der Unfallschwere soll möglichst bald eine erste überschlagsmäßige Dosisabschätzung veranlasst werden.

Der Notarzt kann außerdem **bei der Beweissicherung** helfen:

- Unfallhergang: Wo, wann, bei welcher Tätigkeit? **Offene radioaktive Stoffe** vorhanden?

- bei externer Bestrahlung: Art der Quelle: Strahlenart? Energie? **Dosisleistung am Unfallort?** Art der Exposition: **Dauer?** Ganzkörperexposition? Teilkörperexposition? **Dosimeter** vorhanden?
- Verdacht auf Kontamination: Welches **Nuklid**: (Halbwertszeit, Strahlenart, Strahlenenergie)? Aktivität (Stoffmenge): vorhandene und freigewordene **Menge**?
- Wahrscheinlichkeit einer Inkorporation: Kontamination des Gesichtes? Einatmung von Staub? Kontaminierte Wunden?
- Symptome: Begleitende Verletzungen und Erkrankungen ?
- bisherige Maßnahmen: Art und Ausmaß der Dekontaminationsmaßnahmen, Probennahme. Kontaminationsnachweis durchgeführt? Therapie
- sonstige Informationen: **Auskünfte** von Betriebspersonal, Strahlenschutzbeauftragtem, Feuerwehr
- Evtl. vorhandene **Unterlagen / Merkblätter** sicherstellen, mitnehmen !

### 3.2.5 Wahl des Transportziels

Bei jedem Strahlenunfall oder wenn nur der Verdacht auf eine Einwirkung ionisierender Strahlen besteht, sollte die betroffene Person hospitalisiert werden, um durch Blutbilduntersuchungen die Strahleneinwirkung nachweisen oder ausschließen zu können..

Wenn keine Kontaminationsgefahr vorliegt, kann dies in einem Krankenhaus der Basisversorgung erfolgen. Krankenhäuser mit Abteilungen für Nuklearmedizin und/oder Strahlentherapie sind naturgemäß zu bevorzugen.

(In Wien haben sich das AKH und das SMZ-Ost bereit erklärt, Patienten nach Strahlenunfall aufzunehmen).

### Anhang Kaliumjodidprophylaxe

Die bei KKW-Unfällen freigesetzten radioaktive Jodisotope werden mit der radioaktiven Wolke über große Strecken transportiert und bilden einen Hauptbeitrag zum „radioaktiven Niederschlag“.

Radioaktive Jodisotope können durch Inhalation, Ingestion und über die Haut in den Körper aufgenommen werden und zu einer Strahlenbelastung vor allem der Schilddrüse führen. Als Folge der Strahlenbelastung wäre ab einer Latenzzeit von ca. 5 bis 10 Jahren in der exponierten Bevölkerung eine erhöhte Rate an Schilddrüsentumoren zu befürchten. Die Aufnahme inhalierter radioaktiver Jodisotope in die Schilddrüse lässt sich durch die zeitgerechte Einnahme von Kaliumjodidtabletten blockieren. Aufgrund der altersabhängigen Rate an Nebenwirkungen muss für jede Altersgruppe eine differenzierte Nutzen-Risiko-Analyse vorgenommen werden. Abhängig von der zu erwartenden Schilddrüsendosis wird die Einnahme der Tabletten für **Kinder und Jugendliche, Schwangere und Stillende** bzw. für **Erwachsene unter 45 Jahren** empfohlen.

**Über 45 Jahre** wird die Einnahme von KJ-Tabletten **generell nicht empfohlen**, da ein erhöhtes Risiko der Auslösung von Hyperthyreosen und sogar thyreotoxischen Krisen besteht.

Als **Kontraindikationen** gelten: Jodallergie, Dermatitis herpetiformis, Pemphigus vulgaris, Jododerma tuberosum, hypokomplementämische Vaskulitis, Myotonia congenita etc.

Altersgruppe	KJ	Jodid	Tabletten à 65 mg
		Tagesdosen	KJ
Geburt bis unter 1 Monat <sup>1)</sup>	16,2 mg	12,5 mg	1/4 Tabl
1 Monat bis unter 3 Jahre	32,5 mg	25,0 mg	1/2 Tabl
3 Jahre bis unter 13 Jahre	65,0 mg	50,0 mg	1 Tabl
über 13 Jahre, Erwachsene, Schwangere und Stillende <sup>2)</sup>	130,0 mg	100,0 mg	2 Tabl

Tabelle 5 - Dosierungsschema der Kaliumjodidprophylaxe:

<sup>1)</sup> nur einmalig 1/4 Tablette

<sup>2)</sup> Schwangere und Stillende maximal zwei Tagesdosen

Mit den genannten Ausnahmen kann die Einnahme der Tabletten erforderlichenfalls auf mehrere Tage ausgedehnt werden.

Kaliumjodidtabletten sind **keine universell wirksamen "Strahlenschutztabletten"**.

Sie schützen bei **zeitgerechter** Einnahme nur die Schilddrüse vor inkorporiertem Radiojod.

Sie schützen nicht gegen andere radioaktive Substanzen und nicht gegen Strahlung, die von außen auf den Körper einwirkt. Zusätzlich erforderliche Schutzmaßnahmen (z.B.

vorübergehender Aufenthalt in geschlossenen Räumen, Nahrungsmittelkontrolle werden dadurch keineswegs überflüssig!

**Procedere im Anlassfall:** Im Anlassfall werden von der Gesundheitsbehörde alle verfügbaren Daten bezüglich Unfallgeschehen, Freisetzung von radioaktiven Stoffen, meteorologischer Situation sowie Messergebnisse ausgewertet und die Inhalationserwartungsdosen der Schilddrüse z.T. mit Computermodellen abgeschätzt. Die Empfehlungen werden von der Gesundheitsbehörde im Katastrophenfall jeweils über die Massenmedien wie Rundfunk und Fernsehen bekanntgegeben werden. Es wird jeweils auch bekanntgegeben, über wieviele Tage die Tabletten einzunehmen sind.

Mögliche Empfehlungen zur Kaliumjodidprophylaxe, **welche je nach Erfordernis auch regional ausgegeben werden können:**

- **Tabletten nicht einnehmen** (Erwartungsdosis < 50 mSv)
- **Tabletten** im Haushalt nur **vorbereiten** bzw. erforderlichenfalls beschaffen; gesonderte Aufforderung zur Einnahme abwarten (noch keine verlässliche Voraussage möglich)
- **Tabletteneinnahme durch die Zielgruppe der 0- bis 16-jährigen** (Erwartungsdosis zwischen 50 und 250 mSv)
- **Tabletteneinnahme generell für alle Bevölkerungsgruppen unter 45 Jahren inklusive Schwangerer und Stillender empfohlen** (Erwartungsdosis > 250 mSv).

## Literatur:

ICRP Nr 60: *Recommendations of the Int. Commission on Radiological Protection*, 1990, Oxford: Pergamon Press

Ricks C, Berqer ME, O'Hara FM (2001) *Medical Basis For Radiation Accident Preparedness - The Clinical Care of Victims* (Proceedings of the Fourth International REAC/TS Conference), Boca Raton: Parthenon Publishing Group

Fliedner T. M., Weiss M., Hofer E. P., Tibken B. und Fan Y. (1993) „Blutzellveränderungen nach Strahleneinwirkung als Indikatoren für die ärztliche Versorgung von Strahlenunfallpatienten“ in F. Holeczke F., Reiners C., Messerschmidt O. (ed.) *Strahlenexposition bei neuen diagnostischen Verfahren – Biologische Dosimetrie 6 Jahre nach Tschernobyl*, Strahlenschutz in Forschung und Praxis Band 34, Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, S 135ff

Holeczke F., Tschurlovits H., Tschurlovits M.: *Strahlenunfälle, was der Arzt über medizinische Maßnahmen bei strahlenexponierten Personen wissen sollte*, 1987, Wien: Verlag der Öst. Ärztekammer

Fachverband für Strahlenschutz (1989) *Empfehlung zur Personendekontamination*, Publikationsreihe Fortschritte im Strahlenschutz, 11/89.

Cottier H., Feinendegen L.E. et.al.: *Arzt und Strahlenunfälle*, 1994, Bern: Verlag Hans Huber

Füger, G. (1987) „Die akute Strahlenkrankheit“, *Arzt im Einsatz*, 6/87, S 12.

Schönbauer, C. (1989) „Strahleneinwirkung auf den menschlichen Körper, Erste Hilfe und Körperschutzmaßnahmen“, *brand aus* 6/89, S 224.

Schneider, G. (1987) „Der radioaktiv kontaminierte Patient“, *Arzt im Einsatz*, 6/87, S 10

Mörisch, O. (1987) „Transportprobleme von kontaminierten Patienten“, *Arzt im Einsatz*, 6/87, S 17.

Berufsfeuerwehr Wien(1989) *Unterrichtsbehelf Strahlenschutztaktik* UB A53.07

Strahlenschutz - Lehrgangsunterlagen der Landesfeuerwehrschulen NÖ, BGLD, OÖ.

## Informationsquellen Kaliumjodidprophylaxe:

Bundesministerium für Gesundheit und Frauen

<http://www.bmgf.gv.at>

Guideline der WHO 1999 zur Kaliumjodidprophylaxe

[http://www.who.int/environmental\\_information/Information\\_resources/documents/Iodine/guide.pdf](http://www.who.int/environmental_information/Information_resources/documents/Iodine/guide.pdf)

Guideline der US-amerikanischen Gesundheitsbehörde FDA zur KJ-Prophylaxe

<http://www.fda.gov/cder/guidance/4825fnl.htm>

Homepage der amerikanischen Schilddrüsengesellschaft zu Kaliumjodid

<http://www.thyroid.org/publications/statements/ki/index.html>

Empfehlung der englischen Strahlenschutzbehörde zur Kaliumjodidprophylaxe

[http://www.nrpb.org/publications/documents\\_of\\_nrpb/pdfs/doc\\_12\\_3.pdf](http://www.nrpb.org/publications/documents_of_nrpb/pdfs/doc_12_3.pdf)

Bundesministerium für Inneres Zivilschutzseite

<http://ln-inter1.bmi.gv.at/web/bmiwebp.nsf/AllPages/ZS990729081228>

Österreichischer Zivilschutzverband

<http://www.zivilschutzverband.at/zivilschutz/index1.html>