

Radiologische Grundlagen für die Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden

vom 27. Oktober 2008 (GMBI. 2008, Nr. 62/63, S. 1278)

RdSchr. d. BMU v. 27.12.2008 - RS II 5 - 15930-1/3 -

Der Hauptausschuss des Länderausschusses für Atomkernenergie hat nach vorausgehenden Beratungen der Strahlenschutzkommission die „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“ am 29. Februar 2008 verabschiedet. Des Weiteren wurde die Fassung der „Radiologischen Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden“ aus dem Jahr 1999 einer redaktionellen Bearbeitung unterzogen und von der Strahlenschutzkommission am 13. Mai 2008 zustimmend zur Kenntnis genommen.

Der Arbeitskreis V der Innenministerkonferenz hat die „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“ in seiner Sitzung am 18./19. Oktober 2007 verabschiedet.

Beigefügt übersende ich Ihnen die verabschiedeten Fassungen.

Die neue Fassung der Rahmenempfehlung ersetzt die Rahmenempfehlung vom 6. 4./11. 6. 1999 (GMBI 1999, S. 538).

An die
für den Vollzug des Strahlenschutzvorsorgegesetzes zuständigen obersten Landesbehörden und
die Innenministerien (-senatoren) der Länder

Hinweis:

Anlage 1 "Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen"

siehe RS-Handbuch Kapitel 3-15.1

Anlage 2

Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden

Vorwort zur redaktionell überarbeiteten Fassung

Nachdem die Überarbeitung der „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“ mit positiven Voten durch die SSK (213. Sitzung am 6. 12. 2006 und 217. Sitzung am 21. 9. 2007), des Länderausschusses für Atomkernenergie (im Umlaufverfahren am 29. 2. 2008) und des Arbeitskreises V der Innenministerkonferenz (18./19. 10. 2007) abgeschlossen wurde, war es wie bei den jeweiligen Vorgänger-Empfehlungen das Ziel, die Rahmenempfehlungen und die „Radiologischen Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden“ gemeinsam zu veröffentlichen, da die Rahmenempfehlungen auf den Radiologischen Grundlagen aufbauen.

Hierzu wurde die Fassung der Radiologischen Grundlagen aus dem Jahr 1999 einer redaktionellen Bearbeitung unterzogen. Dabei wurden die zwischenzeitlich erfolgten Ergänzungen und Korrekturen (z. B. Änderung des Alters von Kindern und Jugendlichen von zwölf auf 18 Jahre bei den Dosisrichtwerten für die Einnahme von Iodtabletten sowie im Anhang die neuen Iodmerkblätter gemäß SSK-Empfehlung aus dem Jahr 2004) berücksichtigt sowie Hinweise auf aktualisierte Fassungen des Schrifttums gegeben. Zusätzlich wurden in Kapitel 6 „Strahlenschutz der Einsatzkräfte“ eine neue Vorschrift der Strahlenschutzverordnung (§ 59) sowie die neuen Einsatzgrundsätze für Feuerwehr und Polizei eingearbeitet.

Unabhängig davon hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit das Bundesamt für Strahlenschutz beauftragt, zu prüfen, ob aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse eine weitere inhaltliche Überarbeitung notwendig ist, und diese dann vorzunehmen. Zu berücksichtigen sind hier insbesondere die gerade veröffentlichte ICRP-Empfehlung „*Recommendations on the protection of man and the environment against ionising radiation*“ aus dem Jahr 2007 (ICRP 103), der UNSCEAR-Bericht „*Effects of ionizing radiation*“ aus dem Jahr 2006 (zur Veröffentlichung vorgesehen im Jahr 2008) und die gemeinsam von der IAEA, der ILO, der FAO, der OECD-NEA und der WHO in Bearbeitung befindlichen „*Basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources*“. Die Strahlenschutzkommission soll dann gebeten werden, zu der überarbeiteten Fassung umfassend Stellung zu nehmen.

Inhaltsverzeichnis**1 Einführung**

- 1.1 Grundlage und Zweckbestimmung
- 1.2 Bezug zu internationalen Empfehlungen
- 1.3 Übersicht

2 Unfallphasen und Expositionspfade**3 Gesundheitliche Folgen der Strahlenexposition**

- 3.1 Strahlenwirkungen: Stochastische Wirkung
- 3.2 Strahlenwirkungen: Deterministische Wirkung
- 3.3 Wirkungen einer Bestrahlung während der vor- geburtlichen Entwicklung
- 3.4 Dosisbegriffe

4 Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung

- 4.1 Maßnahmen und ihre Wirkung
- 4.2 Grundsätze für die Einleitung von Maßnahmen im Ereignisfall
- 4.3 Konzept für die Festlegung von Eingreifricht- werten
- 4.4 Eingreifrichtwerte für die Einleitung von Maß- nahmen
 - 4.4.1 *Allgemeine Erwägungen*
 - 4.4.2 *Aufenthalt in Gebäuden*
 - 4.4.3 *Einnahme von Iodtabletten*
 - 4.4.4 *Evakuierung*
 - 4.4.5 *Langfristige Umsiedlung*
 - 4.4.6 *Temporäre Umsiedlung*
 - 4.4.7 *Eingriffe in die Versorgung der Bevölke- rung mit Lebensmitteln*
- 4.5 Abgeleitete Richtwerte

5 Entscheidungsfindung im Ereignisfall

- 5.1 Einflussfaktoren
- 5.2 Entscheidungsfindung
- 5.3 Methodische Hilfsmittel

6 Strahlenschutz der Einsatzkräfte**7 Strahlenschutz besonderer Berufsgruppen**

Anlage

Verwendung von Jodtabletten zur Jodblockade der Schilddrüse bei einem kerntechnischen Unfall Empfehlung der Strahlenschutzkommission, Juni 2004

1 Einführung**1.1 Grundlage und Zweckbestimmung**

Deutsche Kernkraftwerke verfügen über Sicherheitseinrichtungen sowie vorgeplante Maßnahmen, die das Eintreten eines kerntechnischen Unfalls mit relevanten radiologischen Auswirkungen in der Umgebung praktisch ausschließen sollen. Zu einem solchen Ereignisablauf könnte es nur dann kommen, wenn die vorhandenen, mehrfach gestaffelten Sicherheitsmaßnahmen nicht greifen sollten und die zusätzlichen Maßnahmen zur Verhinderung schwerer Kernschäden und zur Eindämmung ihrer radiologischen Folgen nicht erfolgreich wären. Für diesen Fall werden Katastrophenschutzpläne für die Umgebung von Kernkraftwerken erarbeitet.

Bei einer drohenden, stattfindenden oder bereits abgeschlossenen Freisetzung von Radionukliden nach Eintritt eines kerntechnischen Unfalls können Maßnahmen des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge erforderlich werden. Beide Typen von Maßnahmen werden unter dem Begriff „Notfallschutzmaßnahmen“ zusammengefasst. Ihr gemeinsames Ziel ist es, deterministische Wirkungen vollständig zu vermeiden und stochastische Wirkungen auf der Grundlage der Verhältnismäßigkeit zu minimieren.

Grundlage von Maßnahmen des Katastrophenschutzes sind die entsprechenden Gesetze der Länder, die Planung und

Durchführung derartiger Maßnahmen erfolgt in Anlehnung an die „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“ /RAH 99/¹. Der Vollzug des Strahlenschutzvorsorgegesetzes wird durch die Länder in Bundesauftragsverwaltung durchgeführt, soweit nicht (z. B. im Bereich großräumiger Überwachung der Umweltradioaktivität) bundeseigene Verwaltungsbehörden tätig werden.

Unabhängig von der jeweiligen Zuständigkeit sind die gesicherten Erkenntnisse des Strahlenschutzes sowie die nationalen, europäischen und internationalen Erfahrungen und Empfehlungen auf dem Gebiet des Notfallschutzes eine wesentliche Grundlage der Planung von Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor unfallbedingter Strahlenexposition in Deutschland. Als radiologische Basis verabschiedete der Länderausschuss für Atomkernenergie - Hauptausschuss - am 6. April 1999 die „Radiologischen Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden“, im folgenden Text kurz „Radiologische Grundlagen“ genannt. Sie ersetzen die „Radiologischen Grundlagen“ von 1988/89/RAD 88/.

Die Radiologischen Grundlagen basieren auf dem strahlenbiologischen Wissen, besonders hinsichtlich der Dosis-Risiko- und Dosis-Wirkungs-Beziehungen für stochastische bzw. deterministische Wirkungen, und einem Vergleich der unfallbedingten Strahlenexposition mit der Höhe und der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition der Bevölkerung, summiert über die Lebenszeit. Um dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit Rechnung zu tragen, wird außerdem die Schwere des Eingriffs der verschiedenen Maßnahmen in das persönliche Leben berücksichtigt. Bei Abwägung aller genannten Gesichtspunkte ergibt sich eine Zuordnung von Eingreifrichtwerten der Dosis zu jeder der Maßnahmen Aufenthalt in Gebäuden, Einnahme von Iodtabletten, Evakuierung und Umsiedlung (maßnahmenspezifische Eingreifrichtwerte). Diese Abwägung und Zuordnung lässt sich zu Planungszwecken im Rahmen der Vorsorge für eventuelle zukünftige Ereignisse unabhängig vom Einzelereignis durch-

¹) Aktualisierte Referenz, siehe Anhang zum Literaturverzeichnis: /RAH 08/

führen.

Im Ereignisfall kommen bei der Entscheidungsfindung über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung zu den so definierten radiologischen Grundlagen weitere Gesichtspunkte hinzu. Dazu gehören Einflussfaktoren, die erst im Ereignisfall bekannt - z. B. die Charakteristika des betroffenen Gebietes und die Durchführbarkeit von Maßnahmen - oder nur schwer quantifizierbar sind, wie z.B. Reaktionen der Bevölkerung oder sozio-psychologische Aspekte. Die in den Radiologischen Grundlagen dargestellten Eingreifrichtwerte und die ereignisspezifischen Einflussfaktoren bilden in ihrer Gesamtheit die Grundlagen der Entscheidungsfindung über Maßnahmen im Ereignisfall.

1.2 Bezug zu internationalen Empfehlungen

In der internationalen Literatur werden unterschiedliche Konzepte zur Planung und Durchführung von Maßnahmen des Notfallschutzes beschrieben. Darüber hinaus werden im Rahmen desselben Konzepts oft unterschiedliche Dosiswerte empfohlen. Ein allgemein anerkanntes Konzept, das von der Bundesrepublik Deutschland übernommen werden könnte, gibt es somit nicht.

Die am 11. Mai 1988 vom Länderausschuss für Atomkernenergie verabschiedeten „Radiologischen Grundlagen“ /RAD 88/ basieren auf dem so genannten Bandbreitenkonzept, das 1982 von der Europäischen Gemeinschaft /EG 82/ und 1984 von der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) in ihrer Veröffentlichung Nr. 40 /ICR 84/ beschrieben wurde. Die in /RAD 88/ angegebenen Zahlenwerte für die Eingreifrichtwerte stammen überwiegend aus /EG 82/.

In ihrer Veröffentlichung Nr. 63 /ICR 96/ führte die ICRP die Grundsätze der Rechtfertigung und Optimierung von Maßnahmen ein und publizierte ein Konzept, das auf maßnahmenspezifischen Eingreifrichtwerten basiert, bei deren Erreichen die, Maßnahmen im allgemeinen gerechtfertigt sind. Darüber hinaus werden maßnahmenspezifische Dosisbereiche angegeben, in denen der im Ereignisfall zu optimierende Eingreifwert vermutlich liegt. Bei diesem Konzept stellt die durch Maßnahmen vermeidbare Dosis eine Schlüsselgröße dar.

Beide ICRP-Konzepte /ICR 84, ICR 96/ sind sehr flexibel hinsichtlich der Anpassung an die Umstände des Einzelfalles (Anzahl der betroffenen Personen, Durchführbarkeit von Maßnahmen, Reaktion der Bevölkerung, vermeidbare Individual- und Kollektivdosis etc.), es ist ihnen aber auch gemeinsam, dass sie eine nur sehr unzureichende Hilfe bei der praktischen Durchführung dieser Anpassung im Ereignisfall bieten. Die Festlegung von Eingreifrichtwerten ist im Rahmen dieser Konzepte deshalb schwierig, weil eine Reihe der o. g. Umstände erst im Ereignisfall bekannt sind und erst dann die von der ICRP geforderte Optimierung durchgeführt werden kann. Außerdem empfiehlt die ICRP, sowohl die Maßnahmen zu optimieren als auch Einflüsse aus dem politischen und sozialen Bereich zu berücksichtigen. Diese Einflüsse sind a priori gar nicht und auch im Ereignisfall nur sehr schwer zu quantifizieren. Die gleichzeitige Erfüllung beider Forderungen ist daher nicht einfach.

Andererseits wird in ICRP 63 ausdrücklich gefordert, bereits bei der Planung für zukünftige Ereignisse Eingreifrichtwerte festzulegen, die im Ereignisfall sofort zur Verfügung stehen.

In den International Basic Safety Standards /IAE 96/, die gemeinsam von FAO, IAEA, ILO, OECD/NEA, PAHO und WHO publiziert wurden, werden Zahlenwerte - keine Bereiche oder Bandbreiten - für die maßnahmenspezifischen Eingreifrichtwerte angegeben. Damit stehen einerseits in der frühen Phase eines Ereignisfalls sofort Eingreifricht-

werte zur Verfügung, andererseits ist aber auch dem Erfordernis der Flexibilität Genüge getan, da die im Rahmen der Notfallschutzplanung erarbeiteten Eingreifrichtwerte beim Vorliegen schwerwiegender Gründe den Charakteristika und Randbedingungen des Ereignisses angepasst werden können, dieses Konzept wird im folgenden Text „Startwert-Konzept“ genannt.

Ausgehend von den o. g. Empfehlungen der ICRP und der IAEA sowie der bei verschiedenen Übungen gewonnenen Erfahrung, dass es unzureichend ist, im Rahmen der Notfallschutzplanung nur wie bisher Bandbreiten und Bereiche, aber keine Eingreifrichtwerte zu erarbeiten, wird in Deutschland dem Startwertkonzept der Vorzug gegeben.

Die Verwendung eines Startwert-Konzeptes für den Notfallschutz in Deutschland entspricht auch dem Vorgehen der Europäischen Kommission bei der Festlegung von Höchstwerten der Kontamination von Nahrungs- und Futtermitteln/EUR 87, EUR 89a, EUR 89b, EUR 90/.

1.3 Übersicht

Bei einer systematischen Darstellung von Entscheidungsgrundlagen und Maßnahmen unterscheidet man zweckmäßigerweise zwischen drei Unfallphasen und mehreren Expositionspfaden. Dies wird im zweiten Kapitel dieser Radiologischen Grundlagen behandelt.

Das dritte Kapitel „Gesundheitliche Folgen der Strahlenexposition“ gliedert sich in zwei Teile: Strahlenwirkungen und Dosisbegriffe. Im ersten Teil (3.1-3.3) werden diejenigen Strahlenwirkungen besprochen, die für die Festlegung von Eingreifrichtwerten relevant sind. Im zweiten Teil wird eine Reihe von Dosisbegriffen, die in den folgenden Kapiteln verwendet werden, erläutert.

Das vierte Kapitel ist den Schutzmaßnahmen gewidmet. Es werden die Maßnahmen und das Konzept für ihre Planung vorgestellt. Kernstück des Kapitels sind die als Startwerte definierten (Dosis-)Eingreifrichtwerte für die einzelnen Maßnahmen. Die Eingreifrichtwerte werden begründet und für die einzelnen Schutz- und Gegenmaßnahmen erläutert. Es wird dargestellt, dass bei Erreichen einer Dosis in Höhe der Eingreifrichtwerte aus radiologischer Sicht Handlungsbedarf besteht.

Gegenstand des fünften Kapitels ist die Entscheidungsfindung im Ereignisfall. Es werden die wichtigsten Einflussfaktoren beschrieben, die bei der Entscheidung über die Einleitung von Schutz- und Gegenmaßnahmen von Bedeutung sind. Der Vorgang der Entscheidungsfindung als iterativer Prozess der Bewertung von Einflussfaktoren wird erläutert und abschließend auf verfügbare methodische und mathematische Hilfsmittel hingewiesen.

Im sechsten und siebten Kapitel wird der Strahlenschutz der Einsatzkräfte und besonderer Berufsgruppen behandelt.

2 Unfallphasen und Expositionspfade

Es ist zweckmäßig, den Ablauf eines kerntechnischen Unfalls in drei Phasen zu unterteilen und dabei Gesichtspunkte wie den Status der Aktivitätsfreisetzung, Art und Dringlichkeit der Maßnahmen, Art und Verfügbarkeit von Entscheidungsgrundlagen sowie Relevanz von Expositionspfaden zu berücksichtigen. Deshalb wird in diesen Radiologischen Grundlagen zwischen der *Vorfreisetzungsphase* und der *Freisetzungsphase*, die sich beide über Stunden oder Tage erstrecken können, sowie der *Nachfreisetzungsphase*, die sich daran anschließt und je nach Freisetzung Wochen, Monate oder Jahre dauern kann, unterschieden.

Die *Vorfreisetzungsphase* (Bedrohungsphase) beginnt mit dem Zeitpunkt, zu dem die Möglichkeit einer größeren Freisetzung von Radionukliden aus der Anlage erkannt wird. Sie endet mit dem Beginn einer größeren Freisetzung oder der Beherrschung des Ereignisses. Die Vorfreisetzungsphase kann Stunden oder Tage dauern. In der Vorfreisetzungsphase können vorsorgliche Maßnahmen durchgeführt werden (z. B. eine vorsorgliche Evakuierung im Nahbereich). Falls die Einnahme von Iodtabletten erforderlich werden könnte, sollte diese Zeit für ihre Verteilung/Abholung genutzt werden. Die Verwendung von Dosiskriterien als Grundlage für Entscheidungen über vorsorgliche Maßnahmen hängt von der Qualität der Vorhersage der Art und Menge der freigesetzten radioaktiven Stoffe, des Freisetzungsbegins und -Verlaufs sowie der Ausbreitungs- und Ablagerungsvorgänge ab. Bei schlechter Qualität dieser Vorhersagen tritt der gegenwärtige Anlagenzustand als Entscheidungsgrundlage in den Vordergrund. Kleine Freisetzungen, die auf die Durchführung von Maßnahmen keinen Einfluss haben, berühren die Definition der Vorfreisetzungsphase nicht.

Die *Freisetzungsphase* schließt an die Vorfreisetzungsphase an. Vorsorgliche Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung, insbesondere die Evakuierung im Nahbereich, sind vorzugsweise nur noch in den Gebieten möglich, die nicht in Ausbreitungsrichtung liegen oder von der radioaktiven Wolke noch nicht erreicht wurden. Die Freisetzungsphase endet, wenn im betrachteten Gebiet die Ausbreitungs- und Ablagerungsvorgänge beendet sind. Die Freisetzungsphase kann sich über mehrere Stunden oder Tage erstrecken. Sie ist charakterisiert durch den Übergang von der reinen Prognose der radiologischen Lage zur Feststellung der tatsächlichen Umgebungskontamination unter Einbeziehung von vermehrt vorliegenden Messwerten von stationären oder mobilen Messeinrichtungen. Unvorhersehbare oder unerwartete zeitliche Änderungen im Freisetzungsverlauf oder den atmosphärischen Ausbreitungsbedingungen können Änderungen oder Ergänzungen von bereits initiierten Schutzmaßnahmen

erforderlich machen. Die direkt mit dem Durchzug der radioaktiven Wolke verbundenen Expositionspfade und der Strahlenschutz der Einsatzkräfte, die überwiegend keine beruflich strahlenexponierten Personen sind, erfordern in dieser Phase besondere Aufmerksamkeit. Beim lokalen Eintreffen der radioaktiven Wolke sollten die Warnung der Bevölkerung und gegebenenfalls die vorsorglichen Schutzmaßnahmen erfolgt sein.

Die *Nachfreisetzungsphase* erstreckt sich über den Zeitraum, in dem einerseits die Wolkenstrahlung und die Deposition völlig beendet oder zumindest nicht mehr von Bedeutung sind, aber die Rückkehr zu völlig normalen Lebensbedingungen noch nicht vollzogen ist. Anfänglich ist sie durch die genaue Analyse der radiologischen Lage charakterisiert, für die nun in ausreichender Zahl und Qualität Messwerte der Kontamination von Nahrungsmitteln, Trinkwasser, Oberflächen, Böden, Pflanzen und Gewässern zur Verfügung stehen. Zur ereignisbezogenen Rechtfertigung und Optimierung von Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung sowie zur Rechtfertigung und Optimierung der Strahlenexposition der Einsatzkräfte und besonderer Gruppen der Bevölkerung stehen nun die nötigen Daten, Hilfsmittel und auch die Zeit zur Verfügung. Bei der Entscheidung über Änderungen von Maßnahmen, die in den vorhergehenden Phasen beschlossen wurden oder zusätzliche Maßnahmen, z. B. Umsiedlung, ist zu bedenken, dass zu diesem späten Zeitpunkt nur noch ein Teil der ohne Maßnahmen auflaufenden Gesamtdosis vermieden werden kann (vermeidbare Dosis). Schließlich muss über die (schrittweise) Aufhebung der Maßnahmen entschieden werden.

Bei einem Unfall austretende radioaktive Stoffe können auf unterschiedlichen Pfaden zu einer Strahlenexposition des Menschen führen. Diese sind in Abbildung 2.1 dargestellt und in Tabelle 2.1 zusammengefasst:

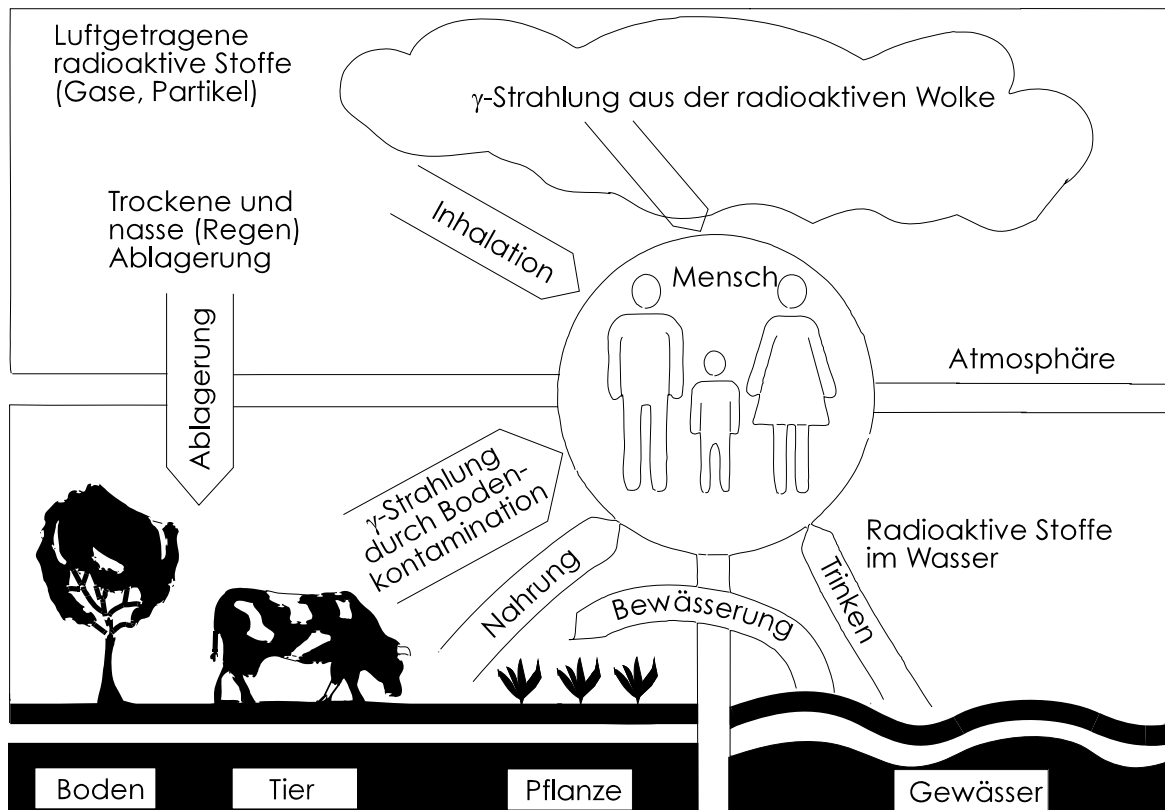


Abb. 2.1: Schematische Darstellung von Expositionspfaden, die zu äußerer oder innerer Strahlenexposition des Menschen führen können.

Tab. 2.1: Expositionspfade

<p>Äußere Strahlenexposition durch</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strahlung aus der radioaktiven Wolke - Strahlung aufgrund der Bodenkontamination - Strahlung aufgrund der Kontamination von Haut, Kleidung oder Gegenständen - Direktstrahlung aus der Anlage ¹⁾ <p>¹⁾ Die Direktstrahlung aus der Anlage kann im Vergleich zu den anderen Expositionspfaden nur im unmittelbaren Nahbereich von Bedeutung sein und wird daher im folgenden Text nicht mehr berücksichtigt.</p> <p>Innere Strahlenexposition durch</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inhalation luftgetragener radioaktiver Stoffe aus der radioaktiven Wolke - Ingestion kontaminierter Lebensmittel - Inhalation aufgewirbelter Radionuklide, die zuvor schon auf dem Boden, auf den Gegenständen und der Kleidung abgelagert waren. ²⁾ <p>²⁾ In gemäßigten Zonen - wie Mitteleuropa - ist der Beitrag der nach Ablagerung aufgewirbelten Radionuklide klein gegenüber der äußeren Exposition aufgrund der Bodenkontamination, es sei denn, es handelt sich um eine überwiegende Freisetzung von α-Strahlern.</p>

Wahrscheinlichkeit eine quadratische Form an. Wenn sich die Dosis dem Bereich deterministischer Wirkungen nähert, flacht der Anstieg der Kurve ab, weil der Zelltod als Folge hoher Dosen die Wahrscheinlichkeit reduziert, dass sich aus überlebenden aber mutierten Zellen ein Klon bösartiger Zellen und damit ein Krebstumor oder eine Leukämie bildet.

In dieser Form wird die biologische Strahlenwirkung als **stochastische Wirkung** bezeichnet.

Ihre quantitative Erfassung ist nicht einfach, da sich bei heutigem Kenntnisstand nicht erkennen lässt, ob sich ein Tumor aufgrund ionisierender Strahlung oder aus einem anderen Grund entwickelt hat. Daher wird mit Hilfe epidemiologischer Untersuchungen von größeren Populationen, die strahlenexponiert wurden (Atombombenopfer von Hiroshima und Nagasaki), die Zahl von Krebstodesfällen ermittelt, die die Zahl auch ohne Strahlung auftretender Krebstodesfälle übersteigt. Diese Zahl kann in Beziehung gesetzt werden zu der Dosis einer vorausgegangenen Strahlenexposition. Aus beiden Daten lässt sich das Strahlenrisiko als Eintrittswahrscheinlichkeit pro Dosis-einheit mathematisch-statistisch ausdrücken. Die so berechneten Risikozahlen stellen keine unveränderliche Größe dar. Veränderungen in der Datenbasis können eine Änderung des berechneten Risikos bewirken. So nimmt die Zahl der Krebstodesfälle mit dem Alterungsprozess der untersuchten Population zu, die zusätzliche Einbeziehung von Krebserkrankungen (Inzidenz) zu den Krebstodesfällen (Mortalität) verändert die statistische Basis ebenso wie neue Erkenntnisse bei der Abschätzung der Strahlendosis.

3 Gesundheitliche Folgen der Strahlenexposition

3.1 Strahlenwirkungen: Stochastische Wirkung

Jede biologische Wirkung ionisierender Strahlung entsteht durch statistisch verteilte Energiedeposition in der Zelle. Sie führt zu Ionisationen in den verschiedenen Molekülen der Zelle, die dadurch verändert werden können. Besonders folgenreich sind dabei Veränderungen an der Erbinformation der DNA, die

- den Tod der Zelle (sofort oder nach einem längeren Zeitraum) oder
- eine Mutation der Zelle (bleibende Veränderung der DNA)

zur Folge haben können.

Jede Zelle verfügt über ein großes Potenzial zur Reparatur von Veränderungen der DNA. Daher werden die meisten molekularen Veränderungen folgenlos bleiben. Es ist aber möglich, dass eine Reparatur fehlerhaft verläuft und dadurch eine mutierte Zelle entsteht, die sich teilt und ihre veränderte genetische Information weitergibt. Aus einer veränderten Zelle kann sich über eine noch nicht vollständig aufgeklärte Ereigniskette eine Gruppe (ein Klon) von Zellen ohne Wachstumskontrolle bilden, die sich zu einem Karzinom oder einer Leukämie entwickeln können. Diese Wirkung wird auch als **somatische Wirkung** bezeichnet.

Wenn die Mutation in einer Keimzelle erfolgt, kann der zelluläre Defekt auf die Nachkommen vererbt werden. Man spricht dann von der **genetischen Wirkung** der Strahlung.

Für diese Mutations-Wirkungen wird angenommen, dass keine Dosischwelle besteht. Die Folgen werden erst nach einer Latenzzeit von Jahren erkennbar. Eine Erhöhung der Strahlendosis erhöht die Wahrscheinlichkeit des Wirkungseintritts, nicht aber die Schwere des Schadens (Abbildung 3.1). Die Kurvendarstellung beginnt daher am Nullpunkt mit einem linearen Anstieg im untersten Dosisbereich und nimmt bei höheren Dosen und zunehmender

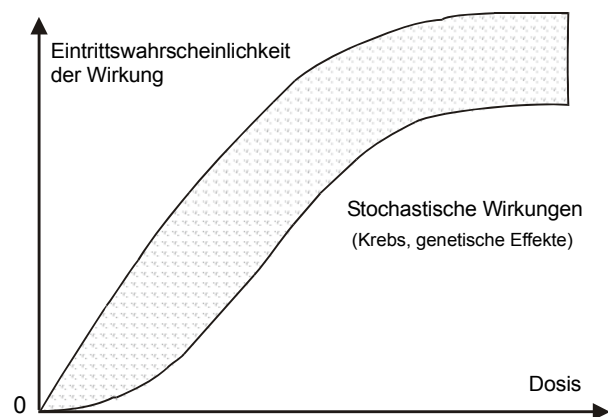


Abb.3.1: Eintrittswahrscheinlichkeit einer stochastischen Wirkung in Abhängigkeit von der Dosis (in Anlehnung an /SSK 96/2)

Der Notfallschutz hat dabei bezüglich der stochastischen Wirkungen das Ziel, die Wahrscheinlichkeit zusätzlicher Krebsfälle durch eine Strahlenexposition der Bevölkerung mit Hilfe geeigneter Maßnahmen so weit wie möglich zu vermindern, ohne dass es aufgrund der Durchführung der Maßnahmen zu unakzeptablen Nachteilen für die Bevölkerung kommt.

3.2 Strahlenwirkungen: Deterministische Wirkung

Während stochastische Wirkungen ohne Schwellen auch bei niedrigen Strahlendosen auftreten können, entstehen deterministische Wirkungen, wenn infolge der hohen Energiedeposition Zellen in funktionell bedeutsamer Zahl geschädigt werden oder absterben, eine Regeneration nicht möglich ist oder erheblich zeitverzögert eintritt. Diese Wirkungen können vorübergehend oder dauerhaft sein.

²⁾ Aktualisierte Referenz, siehe Anhang zum Literaturverzeichnis: /SSK 07a/

Sekundäre deterministische Wirkungen können erkennbar werden, wenn durch Strahlung die Blutversorgung (durch Schädigung der Blutgefäße) von Organen verändert oder eingeschränkt wird oder wenn durch Strahlung zerstörtes Funktionsgewebe (z. B. Drüsengewebe) durch Bindegewebe ersetzt wird, das die spezifischen Funktionen nicht übernehmen kann.

Da diese deterministischen Wirkungen eine höhere Energiedeposition voraussetzen, gibt es dafür Schwellendosen, die für Gewebe, Organe und Individuen unterschiedlich sind (Bereich der Schwellendosis, siehe Abbildung 3.2). Oberhalb des Bereichs der Schwellendosis ist das Ausmaß des Schadens dosisabhängig, die Eintrittswahrscheinlichkeit dagegen 100 Prozent.

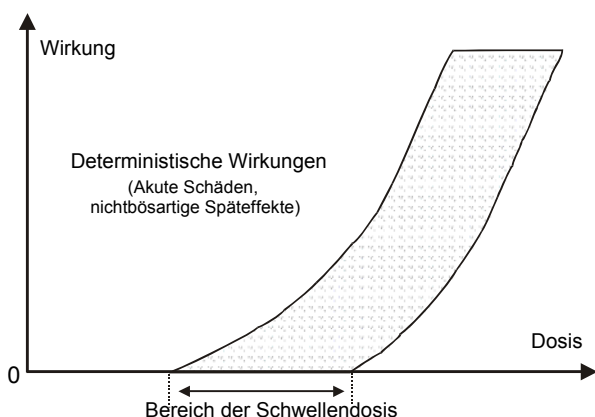


Abb.3.2: Schwere einer deterministischen Wirkung in Abhängigkeit von der Dosis (in Anlehnung an /SSK96/3)

Die meisten Gewebe lassen bei einer Strahlenexposition unter einem Sievert³⁾ (siehe Abschnitt „Dosisbegriffe“) keine klinischen Krankheitsbilder erkennen (ICRP-Veröffentlichung Nr. 60 /ICR 93/).

Eine Ausnahme bilden folgende Organe:

- die *männlichen Keimdrüsen (Hoden)*
Eine einmalige Strahlendosis ab 0,15 Sv führt zu zeitweiliger Sterilität. Dauernde Sterilität tritt jedoch erst nach Strahlenexpositionen von über 3 Sv ein. Sie könnte z.B. im Zusammenhang mit einem akuten Strahlensyndrom nach Ganzkörper-Bestrahlung auftreten.
- Das *Knochenmark* reagiert mit einer Störung der Blutbildung bereits bei einer akuten Bestrahlung im Dosisbereich von 0,5 Sv. Die Störung kann sich vollständig zurückbilden.

Die *Augenlinse* zeigt bei einer einmaligen Strahlendosis von mehr als 2 Sv nach einer Latenzzeit von mehreren Jahren eine Trübung, die das Sehvermögen beeinträchtigt.

³⁾ Aktualisierte Referenz, siehe Anhang zum Literaturverzeichnis: /SSK 07a/

⁴⁾ Zur Beurteilung der Wirkung von Strahlendosen sind im strengen Sinn die Energiedosis in Gray (Gy) in Bezug auf deterministische Schäden und die Äquivalentdosis in Sievert (Sv) in Bezug auf stochastische Schäden zu betrachten. Da es sich hier aber praktisch ausschließlich um locker ionisierende Strahlen handelt, bei denen der Zahlenwert von Energiedosis und Äquivalentdosis gleich ist, wird im folgenden zur Vereinfachung der Darstellung entsprechend der Strahlenschutzverordnung die Äquivalentdosis verwendet. /SSK 95b/²⁾

Das erste Ziel des Notfallschutzes ist es, deterministische Wirkungen zu verhindern.

In Abhängigkeit von der Dosis und dem exponierten Körperbereich (Ganz- oder Teilkörper) lassen sich typische klinische Syndrome unterscheiden.

Im Folgenden werden beispielhaft deterministische Wirkungen in der Form klinischer Krankheitsbilder beschrieben:

Das akute Strahlensyndrom

Es tritt nach Ganzkörperbestrahlung in Dosisbereichen oberhalb von 1 Sv (Expositionszeit wenige Stunden) auf, diese Dosis kann bei einem schweren kerntechnischen Unfall nur in unmittelbarer Nähe der Anlage auftreten. Es zeigt drei klinische Erscheinungsformen, die unterschiedlichen Dosisbereichen zugeordnet werden können /Fl 92, SSK 95b/⁵⁾:

Die hämatologische Form (Überwiegende Schädigung des blutbildenden Knochenmarks, Dosisbereich ca. 1 Sv-10 Sv) beginnt mit einer eher uncharakteristischen Frühsymptomatik: Übelkeit, Erbrechen und allgemeine Körperschwäche, evtl. Früherythem = Hautrötung). Im Blutbild finden sich charakteristische Veränderungen, die in der Folge einen dosisabhängigen Verlauf zeigen.

Das Ausmaß der Störung der Blutbildung und die eingesetzte Therapie entscheiden darüber, ob das bestrahlte Unfallopfer überlebt.

Die gastrointestinale Form (Zusätzliche Schädigung der Darmschleimhaut, nach einer Ganzkörperexposition von ca. 10 Sv-30 Sv). Die Frühsymptomatik ist auch hier uncharakteristisch (Übelkeit, Erbrechen, Körperschwäche, stets Früherythem), aber sie beginnt früher und ist ausgeprägter. Außer der Blutbildung wird nun auch die Dünndarmschleimhaut schwer geschädigt. Darminfektionen und andauernde Durchfälle sind die Folge. Bis zu einer Dosis von ca. 20 Sv gibt es auch bei diesem Krankheitsbild bei intensiver Therapie in Einzelfällen eine Chance zu überleben.

Die zentralnervöse Form (Zusätzliche Schädigung des Zentralnervensystems, nach einer Ganzkörperbestrahlung von mehr als 30 Sv). Diese schwerste Form des akuten Strahlensyndroms zeigt eine sofort einsetzende Frühsymptomatik mit Benommenheit und einem ausgeprägten Erythem. Aufgrund des umfangreichen Untergangs von Zellen bzw. der massiven Störung ihrer Funktion endet dieser Zustand stets tödlich.

Die hier aufgeführten klinischen Symptome stehen im Vordergrund des Krankheitsgeschehens. Daneben sind auch immer andere Organe betroffen: die Mundschleimhaut und die Speicheldrüsen, die Schilddrüse und insbesondere die Lunge, deren strahleninduzierte Entzündung (Strahlenpneumonitis) eine erhebliche Komplikation darstellt.

Das kutane Strahlensyndrom (Strahlenwirkung auf die Haut)

Prinzipiell gehört diese Strahlenwirkung zum akuten Strahlensyndrom, weil höhere Dosen (ca. 3 Sv-5 Sv /ICR 93/) erforderlich sind, um durch äußere Bestrahlung eine Hautschädigung hervorzurufen.

Diese kann bei Teilkörperexposition auch ohne die klinischen Erscheinungen des akuten Strahlensyndroms ent-

⁵⁾ Aktualisierte Referenz, siehe Anhang zum Literaturverzeichnis: /SSK 07b/

stehen und sie kann auch durch eine starke Kontamination der Haut mit Betastrahlern hervorgerufen werden.

Das Frühsymptom besteht in einem Früherythem, das nach 0,5 bis 36 Stunden auftritt. Nach einer Latenzzeit von bis zu 28 Tagen tritt dann ein zweites Erythem auf (Haupterythem), das in Blasen und Geschwürbildung übergeht. Die sich daran anschließende chronische Phase dauert Monate bis Jahre.

3.3 Wirkungen einer Bestrahlung während der vorgeburtlichen Entwicklung

Diese Strahlenwirkung muss besonders betrachtet werden, weil das Leben in dieser Entwicklungsphase besonders empfindlich auf ionisierende Strahlung reagiert. Deterministische und stochastische Wirkungen werden dabei gemeinsam besprochen. Folgende Wirkungen sind - z. T. nur im Tierversuch - beobachtet worden:

- Tod des Ungeborenen oder des Neugeborenen
- Erkennbare körperliche Fehlbildungen
- Wachstumsstörungen
Diese können insbesondere die Hirnentwicklung betreffen und zu Funktionsstörungen (z.B. Hirnleistungsstörungen) führen.
- Fertilitätsstörungen (Sterilität)
- Maligne Erkrankungen (Krebs oder Leukämie)
- Vererbare Defekte (nur im Tierversuch beobachtet)

Diese Wirkungen sind abhängig von der vorgeburtlichen Entwicklungsphase, in der die Exposition erfolgt:

- In der *Präimplantationsperiode*, also dem Zeitraum, in dem die Eizelle zwar befruchtet, aber noch nicht in der Gebärmutterwand eingepflanzt ist, überwiegt der Tod des Embryos als Folge der Bestrahlung. Der Zeitraum reicht von der Konzeption bis etwa zum zehnten Tag. Das Bestehen einer Schwangerschaft ist zu diesem Zeitpunkt der Frau nicht bekannt.
- In der *Periode der Organbildung*, die etwa vom zehnten Tag bis zur sechsten Woche nach der Konzeption dauert, ist sowohl der Tod der Frucht wie eine ausgeprägte Fehlbildung möglich. Auch in diesem Zeitraum wissen viele Frauen noch nichts von ihrer Schwangerschaft.
- In der anschließenden *fetalen Periode*, die bis zur Geburt reicht, können Wachstumsstörungen entstehen, die besonders die Hirnentwicklung betreffen und nach der Geburt zur geistigen Retardierung führen. (Erhöhtes Risiko insbesondere in der achten bis 15. Schwangerschaftswoche bei hoher Dosis und Dosisleistung).

Für fast alle diese Wirkungen bestehen Schwellenwerte, bei deren Unterschreitung die Wirkung nicht mehr erkennbar ist. Die Schwellenwerte sind allerdings unterschiedlich je nach Strahlenwirkung und vorgeburtlichem Stadium, in dem die Exposition erfolgt.

In der ICRP-Veröffentlichung Nr. 60 /ICR 93/ wird als niedrigster Schwellenwert 100 mSv angegeben. Bei diesem Wert handelt es sich um eine Abschätzung aus Tierversuchen bei kurzzeitiger Strahlenexposition.

Die Entstehung maligner Erkrankungen (Krebs oder Leukämie) nach der Geburt bei Bestrahlung des Embryo oder des Feten im Uterus kann aufgrund epidemiologischer Untersuchungen nicht ausgeschlossen werden. Die für

den Bereich 10 mSv-50 mSv berichtete Erhöhung der Leukämie- und Krebsrate ist allerdings nicht unumstritten, da andere Befunde dem widersprechen. Es wird heute davon ausgegangen, dass während der vorgeburtlichen Entwicklung und bei Kleinkindern eine höhere Strahlenempfindlichkeit vorliegt als beim Erwachsenen, die bei gleicher Dosis eine um den Faktor 2-3 höhere Rate an malignen Erkrankungen verursacht /SSK 89, ICR 93/.

3.4 Dosisbegriffe

Jede biologische Strahlenwirkung entsteht durch Energie-deposition in der Zelle. Ihre Größe wird durch die **Energiedosis** angegeben, d. h. durch die Energie, die in ein Volumenelement eingetragen wird, dividiert durch die Masse in diesem Volumen. Die Einheit der Energie ist das Joule, die Einheit der Masse das Kilogramm. Im Strahlenschutz interessieren in der Regel die über biologische Gewebe oder ein Organ gemittelten Energiedosen. Die Einheit der **Energiedosis** ist das Gray (Gy). Es ist $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$.

Die biologische Wirkung ist nicht nur von der Energie, sondern auch von der Strahlenart abhängig. Alphateilchen und Neutronen haben eine andere biologische Wirksamkeit als Röntgen-, Beta- oder Gammastrahlung. Um ein für alle Strahlenarten gültiges Maß für die Strahlenwirkung zu erhalten, wird die Energiedosis mit einem Wichtungsfaktor multipliziert, der für jede Strahlenart definiert ist und die biologische Wirksamkeit relativ zu der von Photonen charakterisiert. Die mit dem Strahlungswichtungsfaktor multiplizierte mittlere Energiedosis in einem Gewebe oder Organ heißt dann **Äquivalentdosis** in einem Gewebe oder Organ. Sie wird in Sievert (Sv) angegeben. Es ist $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$. In der Praxis wird oft auch die Einheit Millisievert (mSv) verwendet ($1 \text{ Sv} = 1000 \text{ mSv}$).

Die biologische Wirkung der ionisierenden Strahlung ist ferner in den verschiedenen Geweben und Organen des Körpers unterschiedlich. Diese Unterschiede sind besonders zu bewerten im Hinblick auf die stochastische Wirkung. Die Wahrscheinlichkeit der Krebsentstehung ist in den verschiedenen Geweben und Organen des Körpers unterschiedlich hoch. Um diese unterschiedliche Empfindlichkeit in der Dosis zahlenmäßig zum Ausdruck zu bringen, wurden Gewebewichtungsfaktoren eingeführt. Die Summe der so gewichteten Gewebe- und Organdosen wird **effektive Dosis** genannt. Auch sie wird in Sievert (Sv) angegeben. Im Notfallschutz wird die effektive Dosis generell verwendet, weil die Einleitung von Maßnahmen bei Dosen vorgesehen ist, bei denen noch keine deterministischen Wirkungen sondern nur stochastische Wirkungen auftreten können.

Von Bedeutung für die biologische Wirkung ist auch die Zeitspanne, innerhalb der ionisierende Strahlung auf ein biologisches Gewebe einwirkt, d.h. zum Beispiel, ob dort eine Dosis von 1 Sv innerhalb einer Stunde oder innerhalb eines Jahres erreicht wird. Der Quotient aus der Dosis und dem zugehörigen Zeitintervall wird als **Dosisleistung** bezeichnet. Sie wird in Sv/h angegeben. Im Notfallschutz wird das Zeitintervall, auf das sich ein Dosiswert bezieht, als **Integrationszeit der Dosis** bezeichnet.

Als **Kollektivdosis** wird die Summe der effektiven Dosen in einer betroffenen Bevölkerung bezeichnet.

Ionisierende Strahlung kann den Körper auf verschiedene Weise treffen. Gamma- und Röntgenstrahlung sowie

⁶) Gleichwohl ist nicht auszuschließen, dass es, z.B. in unmittelbarer Umgebung einer betroffenen kerntechnischen Anlage, zu höheren Dosen kommen kann. Für diese wäre das Modell der effektiven Dosis, das sich auf stochastische Schäden bezieht, nicht mehr anwendbar.

Neutronen werden durch die Haut kaum abgeschwächt. Sie werden in unterschiedlichem Umfang durch die Körpergewebe absorbiert. Eine derartige äußere Bestrahlung führt, wenn sie den ganzen Körper trifft, zu einer **Ganzkörperexposition**, wenn nur Körperteile betroffen sind zu einer **Teilkörperexposition**.

Wenn sich Radionuklide auf der unbedeckten Haut ablagern, spricht man von **Hautkontamination**. Insbesondere in diesem Fall führen Betastrahler (z. B. Strontium 90, Iod 131) mit einer relativ geringen Eindringtiefe zu einer Energieabsorption in der Haut, erzeugen also im Wesentlichen eine **Hautdosis**.

Aufgrund der erheblich höheren Eindringtiefe der Gammastrahlung ist die durch sie verursachte Hautdosis im Vergleich zur effektiven Dosis vernachlässigbar. Alpha-teilchen haben eine so geringe Eindringtiefe, dass es bei Kontamination zu keiner relevanten Dosis in der strahlenempfindlichen Erneuerungsschicht der Haut kommt, da diese von der Strahlung nicht erreicht wird.

Es bestehen auch verschiedene Möglichkeiten der direkten Aufnahme radioaktiver Stoffe in den Körper:

- Luftgetragene radioaktive Stoffe können über Mund und Nase eingeatmet werden und führen zu einer **Inhalationsdosis**.
- Mit kontaminierter Nahrung können Radionuklide (z. B. Iod 131, Caesium 137) aufgenommen werden (**Ingestionsdosis**).

Sind radioaktive Stoffe in den Körper gelangt, so werden sie teilweise wieder ausgeschieden (Atmung, Stuhl, Urin) oder aber in Organen für unterschiedliche Dauer eingelagert. Das Verbleiben im Körper wird durch die so genannte „biologische Halbwertszeit“ charakterisiert, d. h. die Zeit, bei der die Hälfte der Radionuklide wieder aus dem Körper ausgeschieden ist. Sie kann sich stark von der „physikalischen Halbwertszeit“ eines Radionuklides infolge des radioaktiven Zerfalls unterscheiden. Solange die Radionuklide sich im Körper befinden, erzeugen sie eine Dosis, die als **Folgedosis** bezeichnet wird. Je nachdem ob es sich um eine effektive Dosis oder eine Organ-dosis handelt, spricht man von effektiver Folgedosis oder Organ-Folgedosis. Beide Arten von Folgedosis werden bei Erwachsenen für einen Integrationszeitraum von 50 Jahren und bei Kindern für 70 Jahre ermittelt.

Jeder Mensch ist von seiner Geburt an ionisierender Strahlung ausgesetzt, die aus der natürlichen Umwelt stammt und kaum beeinflusst werden kann. Sie variiert in den verschiedenen Regionen der Erde. Aus dieser permanenten Einwirkung der **natürlichen Strahlung** lässt sich eine **Lebenszeitdosis** abschätzen. Sie beträgt in Deutschland bei einer Lebenserwartung von 70 Jahren im Mittel 170 mSv mit einer Schwankungsbreite von 100 mSv-400 mSv. Ein Zusammenhang zwischen der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition und gesundheitlichen Folgen ist in Deutschland nicht festgestellt worden.

4 Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung

4.1 Maßnahmen und ihre Wirkung

Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung werden durch Entscheidungen der Einsatzleitungen des Katastrophenschutzes bzw. der Strahlenschutzvorsorge aufgrund der Kenntnis über den Anlagenzustand und nach Bewertung der radiologischen Lage und der aktuellen Situation in den betroffenen Gebieten ausgelöst. Eine Übersicht über die wichtigsten Maßnahmen, die geeignet sind, die Strahlenexposition zu vermeiden oder zumindest herabzusetzen,

ist zusammen mit den dadurch beeinflussbaren Expositionspfaden in Tabelle 4.1 angegeben.

Bei der Maßnahme *Aufenthalt in Gebäuden* wird die Bevölkerung aufgefordert, sich in schützende Räume zu begeben und sich dort über den empfohlenen Zeitraum aufzuhalten. Schützende Räume sollten so gewählt werden, dass die Inkorporation von Radionukliden mit der Atemluft und die äußere Strahlung durch Abschirmung so weit wie möglich reduziert werden. Die erreichbare Abschirmwirkung gegen äußere Strahlung hängt stark vom Gebäudetyp, den Baumaterialien und der Umgebungsbebauung ab, Variationsbreiten von mehreren Zehnerpotenzen sind "möglich (siehe Tabelle 4.2).

Tab. 4.1: *Maßnahmen und damit beeinflussbare Expositionspfade*

Maßnahmen	Expositionspfade, zu deren Beeinflussung die Maßnahmen geeignet sind
Aufenthalt in Gebäuden	Alle Expositionspfade außer Ingestion
Vorsorgliche Evakuierung in der Vorfreisetzungsphase	Alle Expositionspfade außer Ingestion
Einnahme von Iodtabletten	Inhalation von radioaktivem Iod (Radioiod)
Evakuierung in der Freisetzungsphase	Alle Expositionspfade außer Ingestion
Zugangsbeschränkung, Absperrung von Gebieten	Alle Expositionspfade außer Ingestion
Personendekontamination	Äußere Exposition durch auf der Haut und in den Haaren abgelagerte Radionuklide
Eingriffe in die Versorgung mit Lebens- und Futtermitteln	Ingestion von kontaminierten Lebensmitteln
Temporäre Umsiedlung, Langfristige Umsiedlung	Äußere Exposition durch abgelagerte Radionuklide, Inhalation durch Resuspension
Dekontamination von Gegenständen, Immobilien und Gelände	Äußere Exposition durch abgelagerte Radionuklide und Inkorporation

Besonderes Augenmerk ist auf Baugebiete mit Holzhäusern oder Holzrahmenkonstruktionen zu legen, da dort die erreichbare Abschirmung nur gering sein kann.

Die Maßnahme *Aufenthalt in Gebäuden* dient nicht nur dem Schutz vor Strahlenexposition, sondern erleichtert auch die Information der Bevölkerung durch die Behörden über Radio und Fernsehen.

Der Begriff *Evakuierung* kennzeichnet die rasche organisierte oder zumindest durch Hilfskräfte unterstützte Räumung eines Gebietes in der Vorfreisetzungs- und Freisetzungsphase; er enthält keine Aussage darüber, ob die Bevölkerung kurzfristig an ihren Wohnort zurückkehren kann oder nicht. Rechtzeitig durchgeführt erzielt diese Maßnahme die höchstmögliche Schutzwirkung, nämlich die Vermeidung der äußeren und inneren Strahlenexposition über die in Tabelle 4.1 angegebenen Expositionspfade. Bei zu hoher Kontamination des Wohnorts kann der Übergang der Evakuierung in eine Umsiedlung erforderlich werden.

Umsiedlung bezeichnet die Räumung eines Gebiets in der Nachfreisetzungsphase; sie wirkt damit nur noch gegen die äußere Bestrahlung vom Boden und die Inhalation von in die Atemluft resuspendierten radioaktiven Stoffen. Sie wird im Allgemeinen erst nach dem Vorliegen flächendeckender Messwerte ausgesprochen, wobei im Hinblick auf die Durchführung und die Dauer zu unterscheiden ist zwischen temporärer und längerfristiger Umsiedlung.

Die *temporäre Umsiedlung* ist auf einen Zeitraum von einigen Wochen bis zu mehreren Monaten begrenzt; die betroffene Bevölkerung kann danach in ihre Wohngebiete zurückkehren; Dekontaminationsmaßnahmen in Wohngebieten und auf Landflächen können die Dauer der temporären Umsiedlung verkürzen. Die Infrastruktur und alle Produktions- und Versorgungseinrichtungen im betroffenen Gebiet können nach dem Ende der Maßnahme wieder genutzt werden. Damit sind die sozialen und wirtschaftlichen Konsequenzen im Vergleich zur langfristigen Umsiedlung geringer.

Die *langfristige Umsiedlung* über einen unbestimmt langen Zeitraum ist dann erforderlich, wenn eine hohe Dosisleistung im betroffenen Gebiet aufgrund der Kontamination mit langlebigen Radionukliden nur langsam abnimmt. Als Konsequenz muss die betroffene Bevölkerung in anderen Gebieten neu angesiedelt und in das gesellschaftliche und wirtschaftliche Leben integriert werden. Dies bedeutet nicht nur den Neubau von Wohnungen mit der notwendigen Infrastruktur und die Schaffung neuer Arbeitsplätze, sondern auch die Bewältigung sozialer Probleme durch den zumindest zeitweisen Verlust von Einkommen und die psychische Belastung der Betroffenen.

Die rechtzeitige *Einnahme von Iodtabletten* schützt die Schilddrüse gegen in den Körper aufgenommenes radioaktives Iod. Dies ist wichtig für diejenigen Bevölkerungsgruppen, bei denen während des Durchzugs der radioaktiven Wolke die Inhalation von radioaktivem Iod mit der Atemluft erfolgt. Die Aufnahme radioaktiven Iods über kontaminierte Lebensmittel wird über die Versorgung mit nicht kontaminierten Lebensmitteln unterbunden.

Bei den *Eingriffen in die Versorgung* der Bevölkerung wird zwischen der (vorsorglichen) Warnung der Bevölkerung vor dem Verzehr frisch geernteter Lebensmittel und von Frischmilch einerseits und Eingriffen in die Versorgung mit Nahrungs- und Futtermitteln auf der Grundlage von Höchstwerten der Kontamination andererseits unterschieden. Die genannte Warnung der Bevölkerung erfolgt in der Umgebung eines Emittenten spätestens zu Beginn einer gefahrenbringenden Freisetzung oder bei ungeklärter radiologischer Lage, im Fernbereich bei erheblichen Radionuklidkonzentrationen in der Luft. Die Höchstwerte an Radioaktivität in Nahrungs- und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation sind in EU-Verordnungen /EUR 87, EUR 89a, EUR 89b, EUR 90/ festgelegt sowie im Maßnahmenkatalog /MNK 98/ ausführlich erläutert.

7) Aktualisierte Referenz, siehe Anhang zum Literaturverzeichnis: /MNK 08/

Tab. 4.2: Schutzfaktoren für äußere Exposition in Wohngebieten /Jac 89, Jac 98, Mec 88/

Aufenthaltsort	Schutzfaktoren für äußere Exposition in Wohngebieten	
	aus der radioaktiven Wolke ^{b)}	kurz nach Ablagerung
im Freien Umgebung mit Bepflanzung (Bäume)	1,0-1,4	0,6 ^{c)} -2,0
städtische Umgebung mit Nachbargebäuden, ohne Bepflanzung (Bäume)	1,2-3,3	3,3-10
in Wohnräumen von ^{d)} Fertigteilhäusern Doppelhaushälften und Einfamilienreihen- häusern	} 1,2-10	1,2-2,5
Mehrfamilienhäusern und Häuserblöcken		3,3-50
	10-200	25-1000
in Kellern ^{d)} mit Fenstern über dem Erdboden ohne Fenster, Doppelhaushälfte	} 10-1000	20-100
		330-5 000
mit Lichtschächten und Fenstern, in Häuser- blöcken	500-10 000	1000-20 000

- a) Die Schutzfaktoren sind ohne mögliche Kontamination von Innenräumen berechnet. Falls die Flächekontamination von Böden, Wänden und Decken etwa ein % der Kontamination von Wiesen beträgt, reduziert sich der tatsächliche Schutzfaktor auf etwa 100 und liegt damit für gut abgeschirmte Räume deutlich niedriger als in der Tabelle angegeben.
- b) Abschätzung basierend auf einer homogenen Radioaktivitätsverteilung in der Atmosphäre.
- c) Schutzfaktoren kleiner als eins ergeben sich aufgrund der erhöhten Ablagerung auf Bäumen bei trockener Deposition.

Wichtigste Voraussetzung zur Erzielung der bestmöglichen Schutzwirkung von Maßnahmen bei einem kerntechnischen Unfall ist die sachgerechte und umfassende Information der Bevölkerung.

4.2 Grundsätze für die Einleitung von Maßnahmen im Ereignisfall

Die Rechtfertigung von Schutz- und Gegenmaßnahmen aus radiologischer Sicht ist Gegenstand dieser Radiologischen Grundlagen. Bei Erreichen der Eingriffswerte besteht aus radiologischen Gründen Handlungsbedarf.

In die Optimierung fließen die Bedingungen des Einzelfalls ein. Sie kann erst im Ereignisfall stattfinden und ist daher in diesen Radiologischen Grundlagen ausschließlich Gegenstand des Kapitels 5 über Entscheidungsfindung im Ereignisfall.

Aus den „Radiologischen Grundlagen“ von 1988/89 /RAD 88/ werden folgende Grundsätze übernommen:

- Schwerwiegende deterministische Wirkungen sollen durch Maßnahmen zur Beschränkung der individuellen Strahlendosis auf Werte unter den Schwellendosen für diese Effekte vermieden werden (Grundsatz der Vermeidung deterministischer Wirkungen).
- Das Risiko stochastischer Wirkungen für die Einzelpersonen soll durch Maßnahmen herabgesetzt werden, wenn diese Maßnahmen für die betroffenen Personen mehr Nutzen als Schaden bringen (Grundsatz der Verhältnismäßigkeit).

Der Grundsatz der Vermeidung deterministischer Wirkungen und hoher Risiken stochastischer Wirkungen ist die Basis der Arbeit des Katastrophenschutzes in der Umgebung kerntechnischer Anlagen. Den deterministischen Wirkungen wird ein so großes Gewicht beigemessen, dass die Forderung nach Optimierung der Maßnahmen mit der Forderung nach Minimierung der Schadensfälle gleichbedeutend ist.

Das Prinzip der Verhältnismäßigkeit führt dazu, dass Maßnahmen, die einen geringen Eingriff in das Leben der Einzelpersonen bedeuten (z. B. der Aufenthalt in Gebäuden und Eingriffe in den Handel mit Lebens- und Futtermitteln) bei niedrigeren Strahlendosen durchgeführt werden, als Maßnahmen, die die Lebensumstände stark beeinflussen (z. B. Evakuierung und Umsiedlung).

Die Bedeutung der Kollektivdosis als Entscheidungsgrundlage kann erst im Ereignisfall beurteilt werden. Falls der größte Beitrag zur Kollektivdosis von vielen kleinen individuellen Strahlendosen herrührt, die eine große Anzahl von Personen erhält und die nur mit großem Aufwand reduziert werden können, ist die Kollektivdosis keine geeignete Entscheidungsgrundlage.

4.3 Konzept für die Festlegung von Eingreifrichtwerten

In diesen Radiologischen Grundlagen wird zwischen Eingreifrichtwerten und Eingreifwerten unterschieden. Eingreifrichtwerte sind Planungswerte, Eingreifwerte sind die im Ereignisfall zur Anwendung gelangenden Werte. Von den Eingreifrichtwerten sollte im Ereignisfall nur beim Vorliegen schwerwiegender Gründe abgewichen werden.

Beim Erarbeiten des Konzepts für die Festlegung von Eingreifrichtwerten war Folgendes zu berücksichtigen:

- Es gibt Entscheidungsgrundlagen, die unabhängig von der Art eines kerntechnischen Unfalls sind. Dazu gehören
 - die Dosis-Risiko-Beziehungen für stochastische Wirkungen,
 - die Dosis-Wirkungs-Beziehungen für deterministische Wirkungen,
 - die Schwere des Eingriffs in das persönliche Leben bei den verschiedenen Maßnahmen,
 - der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit und
 - die Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition.
- Es gibt Entscheidungsgrundlagen, die von Art und Umfang eines Unfalls abhängen. Dazu gehören u. a. die durch Lage und Umfang des betroffenen Gebiets bestimmten Charakteristika, die Aspekte der Durchführbarkeit von Maßnahmen, die ökonomischen und ökologischen Konsequenzen des Unfalls und der

Maßnahmen und die durch die einzelnen Maßnahmen vermeidbare Individual- und Kollektivdosis.

- Es gibt im Voraus schwer quantifizierbare Einflüsse auf Entscheidungen, besonders aus dem politischen und sozialen Bereich einschließlich der Reaktion der Bevölkerung im Ereignisfall.

Diese Radiologischen Grundlagen sind ein Planungsinstrument, das sich ausschließlich auf diejenigen der o. g. Entscheidungsgrundlagen stützt, die von Art und Umfang eines kerntechnischen Unfalls unabhängig sind. Die hier abgeleiteten Eingreifrichtwerte sind daher allgemein anwendbare Zahlenwerte. Sie dienen im Ereignisfall als Eingreifwert (Startwert), der dann geändert werden sollte, wenn schwerwiegende Gründe vorliegen, z. B. wenn die so definierte Zuordnung von Maßnahmen und Gebieten im Konflikt mit schwerwiegenden Einflussfaktoren steht (siehe Kapitel 5).

Eingreifwerte, die über den Eingreifrichtwerten liegen, können dann gerechtfertigt sein, wenn die Durchführung der Maßnahme mit großen Nachteilen verbunden oder die vermeidbare Dosis gering ist.

Eingreifwerte, die unter den Eingreifrichtwerten liegen, sind aus radiologischen Gründen nicht gerechtfertigt.

Bei Strahlendosen unterhalb der Eingreifwerte muss die Bevölkerung unter Angabe geeigneter Vergleichsgrößen über das Strahlenrisiko informiert werden.

Die Anwendung unterschiedlicher Eingreifwerte in verschiedenen Regionen ist zu vermeiden.

Ausgehend von den genannten Überlegungen wurden Eingreifrichtwerte festgelegt, die mit Ausnahme des Wertes für die Evakuierung zwischen den Richtwerten des bisher gültigen Bandbreitenkonzeptes liegen, das heißt diese sind für die einzelnen Maßnahmen weder mit dem unteren noch mit dem oberen bisher empfohlenen Richtwert identisch.

In Veröffentlichungen der Internationalen Strahlenschutzkommission und der Europäischen Kommission werden Konzepte vorgestellt, die auch schwer quantifizierbare Einflüsse und Entscheidungsgrundlagen, die von Art und Umfang des Unfalls abhängen, zu berücksichtigen versuchen (siehe Einleitung). Beim Vergleich dieser Radiologischen Grundlagen mit den eben genannten internationalen und europäischen Veröffentlichungen ist es daher wichtig, klar zwischen den allgemein gültigen Radiologischen Grundlagen und umfassenden Entscheidungsgrundlagen zu unterscheiden, die z. B. auch ereignisspezifische - evtl. extreme - Bedingungen, nicht quantifizierbare Einflüsse oder die Prüfung der Durchführbarkeit von Maßnahmen berücksichtigen.

4.4 Eingreifrichtwerte für die Einleitung von Maßnahmen

4.4.1 Allgemeine Erwägungen

Beim Festlegen der Eingreifrichtwerte für die Einleitung von Maßnahmen sind die in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) festgelegten Dosisgrenzwerte nicht anwendbar, da diese nach den Grundsätzen der Rechtfertigung und Optimierung einer plan- und steuerbaren Strahlenexposition abgeleitet wurden. Außerdem regelt die StrlSchV i. a. Tätigkeiten, die kontinuierlich ausgeführt werden können (z. B. Betrieb von Kernkraftwerken, Anwendungen von Radionukliden in Medizin, Forschung und Technik).

Im Gegensatz dazu ist ein kerntechnischer Unfall ein zeitlich und räumlich singuläres Ereignis. Zur Beurteilung

der durch ihn verursachten zusätzlichen Strahlenexposition kann darum die Schwankungsbreite der Lebensdosis infolge der natürlichen Strahlenexposition als geeignete Vergleichsgröße herangezogen werden. Die effektive Lebensdosis liegt in Deutschland bei etwa $70a \cdot 2,4 \text{ mSv/a} \approx 170 \text{ mSv}$ mit einer Schwankungsbreite zwischen ungefähr 100 mSv und 400 mSv , d. h. einer Schwankungsbreite von ca. 300 mSv .
Geht man davon aus, dass

1. Maßnahmen, die einen schwerwiegenden Eingriff in das Leben der Bevölkerung darstellen, wie z. B. Evakuierung oder Umsiedlung, nur gerechtfertigt sind, wenn durch sie unfallbedingte Dosiswerte mindestens in der Größenordnung der durch die natürliche Strahlenexposition während der gesamten Lebenszeit akkumulierten Strahlendosen vermieden werden können, und
2. einfach realisierbare Maßnahmen, wie z. B. der Aufenthalt in Gebäuden, die Einnahme von Iodtabletten oder Einschränkungen beim Verzehr von Nahrungsmitteln, bereits bei deutlich niedrigeren Dosiswerten initiiert werden sollten,

so kommt man zu einem Dosis-Eingreifrichtwert in der Größenordnung von 300 mSv .

Ein Zusammenhang zwischen der natürlichen Strahlenexposition und gesundheitlichen Wirkungen ist in Deutschland nicht festgestellt worden. Es gibt daher keinen Grund, bei sehr unwahrscheinlichen Ereignissen für so einschneidende Maßnahmen, wie Evakuierung und Umsiedlung, Eingreifrichtwerte unterhalb von 300 mSv pro Lebenszeit festzulegen. Wenn im folgenden trotzdem für langfristige Umsiedlung ein Eingreifrichtwert von 100 mSv pro Jahr festgelegt wird, so ist damit berücksichtigt, dass

- aus praktischen Gründen für die äußere Strahlenexposition ein Integrationszeitraum von einem Jahr gewählt wurde und
- nach einem kerntechnischen Unfall die Strahlenexposition zeitlich nicht homogen verteilt ist, sondern vor allem im Zeitraum der Freisetzung bis zu wenigen Wochen und Monaten danach deutlich erhöht ist. Damit findet bei dem zum Zeitpunkt der Freisetzung sehr jungen Teil der Bevölkerung ein überproportionaler Anteil der Strahlenexposition im Kindesalter statt.

Wird die für schwere Eingriffe (Evakuierung, Umsiedlung) maßgebliche Dosis von 100 mSv in einer Zeitspanne erreicht, die kürzer als ein Jahr ist, so ist über die Umsiedlung hinaus zu prüfen, ob der Eingreifrichtwert für die kurzfristige Maßnahme Evakuierung (Integrationszeit der Dosis = 7 Tage) erreicht wird.

Die Eingreifrichtwerte für die weniger einschneidenden Maßnahmen des Notfallschutzes sollten andererseits auch deutlich oberhalb der Bandbreite der jährlichen natürlichen Strahlenexposition in Deutschland liegen. Diese Überlegung ist unabhängig von der aktuellen Bewertung des Strahlenrisikos. Deswegen wird als niedrigster Eingreifrichtwert 10 mSv effektive Dosis für die relativ einfach durchführbare Maßnahme Aufenthalt in Gebäuden festgelegt.

Die Werte 10 mSv und 100 mSv bringen außerdem zum Ausdruck, dass sich die Eingreifrichtwerte im Rahmen des hier verwendeten Konzepts nicht nach mathematischen Formeln ableiten lassen, sondern das Ergebnis einer qualitativen Abwägung darstellen.

Die aus diesen allgemeinen Überlegungen heraus begründeten Größenordnungen von Eingreifrichtwerten müssen für die praktischen Anwendungen noch hinsicht-

lich der Integrationszeit der Dosis, d. h. dem Zeitraum, der bei der Berechnung der Strahlendosen zugrunde zu legen ist, der dabei zu berücksichtigenden Expositionspfade und der Art der Dosis festgelegt werden. Ausführungen dazu findet man bei den Dosis-Eingreifrichtwerten für die einzelnen Maßnahmen (siehe Abschnitte 4.4.2 bis 4.4.6).

Ziel der Maßnahmen des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge ist die Vermeidung deterministischer Wirkungen und die Verringerung unfallbedingter stochastischer Wirkungen. Den oben genannten Eingreifrichtwerten entsprechend dienen die Maßnahmen Aufenthalt in Gebäuden, Einnahme von Iodtabletten, Eingriffe in den Handel mit Lebensmitteln und Umsiedlung der Verminderung stochastischer Wirkungen, während die Evakuierung darüber hinaus zur Vermeidung hoher Kurzdosisen bis hinein in den deterministischen Bereich geeignet ist. Daher ist die angemessene Integrationszeit der Dosis, die den Eingreifrichtwert für Evakuierung bildet, die für deterministische Wirkungen relevante Expositionszeit. Der Schutz vor stochastischen Wirkungen wird durch längere Integrationszeiten und/oder niedrigere Eingreifrichtwerte bei den übrigen Maßnahmen erreicht. Die Eingreifrichtwerte der übrigen Maßnahmen werden vor demjenigen für Evakuierung erreicht.

Die mit den Eingreifrichtwerten zu vergleichende Dosis ist grundsätzlich die Gesamtdosis über die Expositionspfade, gegen die die Maßnahme wirkt. Sie muss aus den zum Zeitpunkt der Entscheidungsfindung vorliegenden Basisinformationen ableitbar sein: Messwerten und/oder (gegebenfalls daraus) berechneten räumlichen und zeitlichen Verteilungen von Strahlendosen/Dosisleistungen oder Aktivitätskonzentrationen. Dabei handelt es sich grundsätzlich um „potentielle“ radiologische Größen, die keine möglichen Maßnahmen berücksichtigen.

Es wäre theoretisch möglich, die individuellen Lebensgewohnheiten zu berücksichtigen. Wegen der großen Unterschiede in den individuellen Lebensgewohnheiten - wenig oder viel Aufenthalt im Freien, Aufenthalt in Häusern mit kleiner oder großer Abschirmwirkung - und zur Vereinfachung und Vereinheitlichung des Rechenverfahrens ist es sinnvoll, permanenten Aufenthalt im Freien zugrunde zu legen.

4.4.2 Aufenthalt in Gebäuden

Der Aufenthalt in schützenden Räumen abseits von Türen und Fenstern oder in Kellern stellt einen im Vergleich zur Evakuierung und Umsiedlung geringen Eingriff in das Leben der Bevölkerung dar. Daher ist als Startwert ein Eingreifrichtwert von 10 mSv effektiver Dosis gerechtfertigt. Relevante Expositionspfade (siehe Tabelle 2.1) sind die äußere Bestrahlung aus der radioaktiven Wolke und durch auf Oberflächen abgelagerte Radionuklide sowie die innere Bestrahlung nach Inhalation. Als Integrationszeitraum der Dosis wird der Zeitraum von sieben Tagen festgelegt. Bei der Festlegung dieses Zeitraums wurde davon ausgegangen, dass sich über einen noch längeren Zeitraum der zuerst strikte und danach überwiegende Aufenthalt in Gebäuden nicht aufrechterhalten lässt. Der größte Teil der Bevölkerung würde in diesem Fall das betroffene Gebiet vermutlich ohne Aufforderung verlassen. Dies gilt auch bei Freisetzungen, die länger als wenige Tage andauern. Wird der Eingreifrichtwert für temporäre Umsiedlung (siehe Abschnitt 4.4.6) nicht erreicht, ist die Bevölkerung unter Angabe geeigneter Vergleichsgrößen über das Strahlenrisiko zu unterrichten. Da der Eingreifrichtwert deutlich unterhalb der Dosissschwellen für deterministische Wirkungen liegt, ist die effektive Dosis die angemessene Größe:

Eingreifrichtwert für die Maßnahme Aufenthalt in Gebäuden:

10 mSv als Summe aus effektiver Dosis durch

äußere Exposition in sieben Tagen und effektiver Folgedosis durch die in diesem Zeitraum inhalieren Radionuklide

4.4.3 Einnahme von Iodtabletten

Die rechtzeitige Einnahme von Iodtabletten schützt die Schilddrüse gegen inkorporiertes Radioiod. Radioaktives Iod kann über die Atemwege (Inhalation) sowie über den Verzehr kontaminierter Lebensmittel (Ingestion) in den menschlichen Körper gelangen (Inkorporation). Ohne Schutzmaßnahmen kann in der Vegetationsperiode die Ingestionsdosis infolge des Verzehrs lokal erzeugter Nahrungsmittel erheblich größer sein als die Inhalationsdosis. Bei der Entscheidung über die Einnahme von Iodtabletten ist aber zu beachten, dass die Ingestion von Radioiod besser durch die Versorgung mit nicht kontaminierten Lebensmitteln als durch die Verabreichung von Iodtabletten vermieden wird.

Die Einnahme von Iodtabletten bedeutet einen geringen Eingriff in das Leben der Bevölkerung. Bei der Festlegung des Eingreifrichtwerts sind allerdings mögliche Nebenwirkungen zu berücksichtigen. Nach Abwägung von Nutzen und Risiken wurde ein Eingreifrichtwert von 50 mSv Schilddrüsensdosis bei Kindern und Jugendlichen unter 18 Jahren sowie Schwangeren und von 250 mSv bei Personen von 18 bis 45 Jahren als angemessen erachtet /SSK 04a/. Angaben zu Art und Dosierung der Tabletten befinden sich im Anhang.

Personen über 45 Jahren wird von einer Einnahme der Tabletten abgeraten, da für diese das Risiko von Nebenwirkungen durch die Iodtabletteneinnahme größer ist als der Schutz vor möglichen Strahlenschäden. Sie sind durch die für alle Altersgruppen vorgesehenen Maßnahmen Aufenthalt in Gebäuden, Eingriffe in den Handel mit Lebens- und Futtermitteln und Evakuierung ausreichend geschützt.

Eingreifrichtwert für die Einnahme von Iodtabletten:

50 mSv Schilddrüsensdosis (Organ-Folgedosis) bei Kindern und Jugendlichen unter 18 Jahren sowie Schwangeren und von 250 mSv bei Personen von 18 bis 45 Jahren durch das im Zeitraum von sieben Tagen inhalede Radioiod.

Dabei wird vorausgesetzt, dass die Versorgung mit nicht kontaminierten Lebensmitteln gewährleistet ist.

4.4.4 Evakuierung

Wegen der Schwere des Eingriffs in das persönliche Leben ist ein Eingreifrichtwert von 100 mSv effektive Dosis angemessen. Relevante Expositionspfade (siehe Tabelle 2.1) sind die äußere Bestrahlung aus der radioaktiven Wolke und durch auf Oberflächen abgelagerte Radionuklide sowie die innere Bestrahlung nach Inhalation. Als Integrationszeitraum der Dosis wird der Zeitraum von sieben Tagen festgelegt. Mit dieser Integrationszeit sind die Beiträge zur Kurzzeitdosis, die für deterministische Wirkungen relevant ist, konservativ abgeschätzt. Außerdem ist der Beitrag kurzlebiger Spaltprodukte ($T_{1/2} < 1$ Tag) ausreichend berücksichtigt. Bei vorwiegend äußerer Strahlenexposition durch längerlebige abgelagerte Radionuklide werden die Eingreifrichtwerte für temporäre oder längerfristige Umsiedlung zuerst erreicht. Da der Eingreifrichtwert deutlich unterhalb der Dosissschwellen für deterministische Wirkungen liegt, ist die effektive Dosis die angemessene Größe:

Eingreifrichtwert für Evakuierung:

100 mSv als Summe aus effektiver Dosis durch äußere Exposition in sieben Tagen und effektiver

Folgedosis durch die in diesem Zeitraum inhalieren Radionuklide

4.4.5 Langfristige Umsiedlung

Die Umsiedlung über einen langen Zeitraum oder für den Rest des Lebens ist als schwerer Eingriff in die persönlichen Lebensumstände zu betrachten. Daher ist wie bei der Evakuierung ein Eingreifrichtwert von 100 mSv angemessen. Da die Umsiedlung eine wirkungsvolle Maßnahme gegen längerfristige äußere Strahlenexposition darstellt, ist ein längerer, aber der Dosisvorhersage zugänglicher Zeitraum zu betrachten. Als Integrationszeitraum der Dosis wird daher ein Jahr festgelegt. Da der Eingreifrichtwert deutlich unterhalb der Dosissschwellen für deterministische Wirkungen liegt, ist die effektive Dosis die angemessene Größe:

Eingreifrichtwert für langfristige Umsiedlung:

100 mSv effektive Dosis als Folge äußerer Exposition durch auf dem Erdboden und sonstigen Oberflächen abgelagerten Radionukliden in einem Jahr

In gemäßigten Zonen - wie Mitteleuropa - ist die Inhalationsdosis als Folge der Resuspension von abgelagerten Radionukliden klein gegenüber der äußeren Exposition durch abgelagerte Radionuklide und kann darum bei der Berechnung der Interventionsdosen vernachlässigt werden. Der Ingestionspfad muss nicht berücksichtigt werden, da vorausgesetzt werden kann, dass genügend nicht kontaminierte Lebensmittel zur Verfügung stehen.

4.4.6 Temporäre Umsiedlung

Falls zu erwarten ist, dass die Dosisleistung durch äußere Bestrahlung, von der Bodenoberfläche aufgrund von radioaktivem Zerfall oder natürlichen Dekontaminationsvorgängen in den Wochen und Monaten nach dem Unfall relativ schnell abklingt, kann eine vorübergehende Umsiedlung über einige Wochen bis zu mehreren Monaten ausreichend sein. Die Dosisintegrationszeit muss länger sein als die Zeitdauer, um die temporäre Umsiedlung abzuschließen, sie sollte aber auch deutlich kleiner sein als die Integrationszeit für langfristige Umsiedlung, um die Möglichkeit der Rückkehr nach einigen Wochen deutlich zu machen. Darum wird die Integrationszeit für temporäre Umsiedlung auf einen Monat festgelegt. Da die temporäre Umsiedlung als eigenständige Maßnahme von geringerer Auswirkung auf die persönlichen und gesellschaftlichen Lebensumstände der betroffenen Bevölkerung ist, muss der Eingreifrichtwert unter demjenigen für langfristige Umsiedlung liegen. Er wird auf 30 mSv festgesetzt. Da der Eingreifrichtwert deutlich unterhalb der Dosissschwellen für deterministische Wirkungen liegt, ist die effektive Dosis die angemessene Größe:

Eingreifrichtwert für temporäre Umsiedlung:

30 mSv effektive Dosis durch äußere Exposition in einem Monat

Bei Kontamination des Bodens und anderer Oberflächen durch Radionuklide mit sehr langer Halbwertszeit entspricht eine Dosis von 100 mSv/a ungefähr einer Dosis von 10 mSv / Monat, d.h., der Eingreifrichtwert für langfristige Umsiedlung wird vor demjenigen für temporäre Umsiedlung erreicht. Umgekehrt fällt bei überwiegender Kontamination durch kurzlebige Radionuklide (z.B. Radioiod) der größte Teil der Dosis innerhalb eines Monats an. Je nach Höhe und Zeitverlauf der Dosisleistung werden folglich die Eingreifrichtwerte für Aufenthalt in Gebäuden, temporäre Umsiedlung oder Evakuierung überschritten, der Eingreifrichtwert für langfristige Umsiedlung jedoch nicht.

In der folgenden Tabelle sind die Eingreifrichtwerte für die angegebenen Maßnahmen zusammengestellt:

Tab. 4.3: Eingreifrichtwerte für die Maßnahmen Aufenthalt in Gebäuden, Einnahme von Iodtabletten, Evakuierung, langfristige Umsiedlung und temporäre Umsiedlung

Maßnahme	Eingreifrichtwerte		
	Organodosi s (Schilddrüse)	effektive Dosis	Integrationszeiten und Expositionspfade
Aufenthalt in Gebäuden		10 mSv	äußere Exposition in sieben Tagen und effektive Folgedosis durch in diesem Zeitraum inhalierte Radionuklide
Einnahme von Iodtabletten	50 mSv Kinder und Jugendliche unter 18 Jahren sowie Schwangere, 250 mSv Personen von 18 bis 45 Jahren		Organ-Folgedosis der Schilddrüse durch im Zeitraum von sieben Tagen inhaliertes Radioiod
Evakuierung		100 mSv	äußere Exposition in sieben Tagen und effektive Folgedosis durch in diesem Zeitraum inhalierte Radionuklide
Langfristige Umsiedlung		100 mSv	äußere Exposition in einem Jahr durch abgelagerte Radionuklide
Temporäre Umsiedlung		30 mSv	äußere Exposition in einem Monat

Ist bei lang anhaltenden Freisetzungen der Zeitraum des Wolkendurchzuges in einzelnen Gebieten größer als sieben Tage, dann ist die Integrationszeit entsprechend zu verlängern.

Für die Entscheidungsfindung über die Maßnahmen temporäre und langfristige Umsiedlung steht mehr Zeit zur Verfügung als für die Entscheidungsfindung über die Katastrophenschutzmaßnahmen Aufenthalt in Gebäuden, Einnahme von Iodtabletten und Evakuierung.

Durch das Gesamtsystem der Eingreifrichtwerte gemäß Tabelle 4.3 erfolgen die Gegenmaßnahmen

- gegen die gesamte mit dem Durchzug der radioaktiven Wolke verbundene Strahlenexposition einschließlich Inhalation und Folgedosis bei spätestens 10 mSv effektiver Dosis in 7 Tagen (Aufenthalt in Gebäuden/Einnahme von Iodtabletten)⁸,
- gegen die gesamte äußere Strahlenexposition durch abgelagerte kurzlebige Radionuklide bei ca. 30 mSv effektiver Dosis in einem Monat (temporäre Umsiedlung) und
- gegen äußere Exposition durch abgelagerte Cäsiumisotope bei 100 mSv effektiver Dosis im ersten Jahr (langfristige Umsiedlung).

Um von den örtlich unterschiedlichen Schutzfaktoren unabhängig zu sein, wird bei der Anwendung der genannten Eingreifrichtwerte ein ununterbrochener Aufenthalt im Freien von 24 Stunden pro Tag angenommen. Die

mit den Eingreifrichtwerten verbundenen Maßnahmen beginnen also bereits bei realen Strahlenexpositionen, die erheblich darunter liegen. Unter realen Strahlenexpositionen werden Expositionen verstanden, die bei normalen Lebensgewohnheiten, d.h. überwiegendem Aufenthalt in Gebäuden, auftreten.

Durch das Gesamtsystem der Eingreifrichtwerte wird somit sichergestellt, dass die besonders schützenswerte Gruppe der Kinder insgesamt im Kindesalter maximal eine unfallbedingte Strahlenexposition erhält, die in der Größenordnung der natürlichen Strahlenexposition in ihrem weiteren Leben liegt.

Darüber hinaus liegen die Eingreifrichtwerte gemäß Tabelle 4.3 am unteren Ende des in ICRP 63 angegebenen Intervalls für die optimierten Eingreifwerte. Bei dieser Aussage ist berücksichtigt, dass sich das eben genannte Intervall der ICRP auf die durch Maßnahmen vermeidbare Dosis bezieht, d.h. nicht auf die Dosis bei ununterbrochenem Aufenthalt im Freien.

4.4.7 Eingriffe in die Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln

Bei den Eingriffen in die Versorgung der Bevölkerung wird zwischen der (vorsorglichen) Warnung der Bevölkerung vor dem Verzehr frisch geernteter Lebensmittel und von Frischmilch einerseits und Eingriffen in die Versorgung mit Nahrungs- und Futtermitteln auf der Grundlage von Höchstwerten der Kontamination andererseits unterschieden. Die genannte Warnung der Bevölkerung erfolgt in der Umgebung eines Emittenten spätestens zu Beginn einer gefahrbringenden Freisetzung oder bei ungeklärter radiologischer Lage, im Fernbereich bei erheblichen Radionuklidkonzentrationen in der Luft. Die Höchstwerte an

⁸) 50 mSv Organ-Folgedosis (Schilddrüse) entsprechen 2,5 mSv effektive Dosis.

Radioaktivität in Nahrungs- und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation sind in EU-Verordnungen /EUR 87, EUR 89a, EUR 89b, EUR 90/ festgelegt sowie im Maßnahmenkatalog /MNK 98/⁹ ausführlich erläutert.

4.5 Abgeleitete Richtwerte

Die Schwierigkeiten bei der Beurteilung der Frage, ob in einer gegebenen Situation bestimmte Körperdosen vorkommen können, resultieren aus dem äußerst komplexen Geschehen, das den Aktivitätstransport bei einer unfallbedingten Freisetzung in der Ökosphäre zum Menschen hin bestimmt. Je nach Unfallart, Freisetzungsbedingungen, örtlichen und zeitlichen Gegebenheiten und letztlich auch individuellem Verhalten von Betroffenen ergeben sich sehr viele unterschiedliche Expositionsmöglichkeiten und damit Körperdosen für einzelne Personen.

Hinzu kommt, dass es sich bei den Körperdosen in aller Regel um durch Rechnung und nicht unmittelbar durch Messung zu ermittelnde Größen handelt. Daher müssen die festgelegten Dosisrichtwerte auf messbare Größen zurückgeführt werden, anhand derer über die Einleitung von Maßnahmen entschieden werden kann. Solche Werte werden als „abgeleitete Richtwerte“ bezeichnet.

Geeignete Messgrößen sind:

- Ortsdosisleistung
- Aktivitätskonzentration in der Luft
- Oberflächenkontamination (Haut, Boden, Gegenstände)
- Spezifische Aktivität z.B. in Nahrungsmitteln und Trinkwasser, in Oberflächengewässern und in Futtermitteln

Um Messergebnisse der o.a. Messgrößen in Körperdosen umrechnen zu können, müssen in der Regel zusätzliche Annahmen getroffen werden, beispielsweise bei der Ortsdosisleistung über deren Verlauf in Vergangenheit und Zukunft sowie die Expositionszeit. Allgemein beruht die Bestimmung der abgeleiteten Richtwerte auf folgenden Voraussetzungen:

- Ein Messverfahren zur Bestimmung der abgeleiteten Größe ist festgelegt.
- Zwischen der abgeleiteten Größe und der Körperdosis existiert ein durch Modellannahmen festgelegter Zusammenhang, der die Expositionsbedingungen widerspiegelt.
- Damit das Prinzip der Beschränkung der Individualdosis eingehalten wird, werden in den Modellen die Eigenschaften besonders sensibler Personengruppen und dominierender Expositionspfade berücksichtigt.

Wie Dosisrichtwerte sind auch abgeleitete Richtwerte immer auf bestimmte Maßnahmen bezogen. Dabei spielt auch eine Rolle, dass der Zusammenhang zwischen Messgröße und Dosis ggf. maßnahmenspezifisch ist.

Abgeleitete Richtwerte können für eine Vielzahl von kontaminierten Umweltmaterialien, Expositionspfaden und Radionukliden ermittelt werden. Im allgemeinen wird man sich auf abgeleitete Richtwerte beschränken, die für die Strahlenexposition größerer Bevölkerungsgruppen wesentlich sind und hinreichend einfach messtechnisch

bestimmt werden können. Diese sind daher vorab als Entscheidungsgrundlagen bereit zu stellen. Eine umfassende Sammlung von abgeleiteten Richtwerten ist im Maßnahmenkatalog /MNK 98/¹⁰ enthalten.

5 Entscheidungsfindung im Ereignisfall

Zur *Beurteilung der Notwendigkeit von Schutz- und Gegenmaßnahmen* werden grundsätzlich die in Abschnitt 4.4 beschriebenen Eingreifrichtwerte angewandt: durch die aufgrund der Eingreifrichtwerte definierten Isodosislinien werden Gebiete festgelegt, in denen hinsichtlich der zugehörigen Schutz- und Gegenmaßnahmen Handlungsbedarf besteht.

Allerdings ist in der Vorfreisetzungsphase und in der Freisetzungsphase nicht auszuschließen, dass aufgrund des mangelhaften Kenntnisstandes keine ausreichend genauen Dosisabschätzungen möglich sind. Dann ist von der Einsatzleitung - evtl. unter Einbeziehung von Informationen aus der Anlage oder von sachkundigen Institutionen - die Frage der Anordnung vorsorglicher Maßnahmen zu erörtern. Als Ausgangspunkt dieser Überlegungen sind ebenfalls Gebiete zu bestimmen, in denen derartige Maßnahmen zu erwägen sind.

Bei der *Entscheidung über die Durchführung von Schutz- und Gegenmaßnahmen* sollten die Stellungnahmen der Fachberater aller beteiligten Fachbehörden und Institutionen gehört und gegenseitig abgewogen werden, soweit das zeitlich möglich ist. Als Ergebnis dieses Entscheidungsfindungsprozesses erfolgt die zeitlich und räumlich spezifizierte Anordnung von Katastrophenschutz- bzw. Strahlenschutzvorsorgemaßnahmen. Wurden bereits Maßnahmen ergriffen, ist in der Folge zu entscheiden, inwieweit zusätzliche Maßnahmen notwendig sind oder ob Maßnahmen aufgehoben werden können.

5.1 Einflussfaktoren

Die Bewertung und das gegenseitige Abwägen aller relevanten Einflussfaktoren hat zum Ziel, diejenige Maßnahmenstrategie zu identifizieren, die unter den gegebenen Randbedingungen den bestmöglichen Schutz der Bevölkerung erzielen kann. Hierbei kommt den Fachberatern eine wesentliche Bedeutung zu, da sie aufgrund ihrer Sachkenntnisse qualitative und quantitative Angaben zu den relevanten Einflussfaktoren machen können. Die Bedeutung der Einflussfaktoren hängt wiederum von der Zeit nach der Freisetzung und vom betrachteten Ort ab; im folgenden sind die wichtigsten Einflussfaktoren ohne Berücksichtigung ihrer Rangfolge zusammengestellt:

- die potentielle Individualdosis: Vermeidung schwerwiegender deterministischer Wirkungen und hoher Risiken für stochastische Wirkungen
- die Wirksamkeit und die Durchführbarkeit von Maßnahmen: Hierzu gehören insbesondere Aspekte der Machbarkeit (Verfügbarkeit von technischen Hilfsmitteln oder administrativ/personeller Unterstützung; Zustand von Verkehrswegen, Verkehrsbedingungen, etc.), besondere infrastrukturelle Randbedingungen (Sondereinrichtungen wie Versorgungsunternehmen, Flugplätze, Altersheime, Krankenhäuser, Schulen, Gefängnisse, etc.), der Beginn und der Zeitablauf von Maßnahmen sowie deren Schutzwirkung und die Zeit bis zur Ankunft der radioaktiven Wolke, und die Höhe der vermeidbaren Körperdosen bzw. gesundheitlichen Schäden und Risiken

⁹) Aktualisierte Referenz, siehe Anhang zum Literaturverzeichnis: /MNK 08/

¹⁰) Aktualisierte Referenz, siehe Anhang zum Literaturverzeichnis: /MNK 08/

- negative Auswirkungen von Maßnahmen: Körperdosis der Hilfskräfte, Gefährdung der Bevölkerung, wirtschaftliche und soziale Konsequenzen durch die Maßnahmen
- subjektive Einflussfaktoren: situationsbedingte Einschätzungen und Beurteilungen des im Entscheidungsprozess involvierten Personenkreises, wie z.B. die Akzeptanz durch die Bevölkerung, die Gleichbehandlung der Bevölkerung und die Flexibilität hinsichtlich zukünftiger Entscheidungen, sowie sozio-psychologische oder politische Aspekte
- die Einbeziehung von Unsicherheiten: Ungenauigkeiten in der Abschätzung der meteorologischen oder radiologischen Situation (Wettergeschehen, Quellterm, etc.)
- Planungsvorgaben (Sektoren): Abbildung von durch Isodosislinien bestimmten Gebieten auf die Planungssektoren des Katastrophenschutzes

5.2 Entscheidungsfindung

Die Notwendigkeit zur Entscheidung liegt nur dann vor, wenn verschiedene Möglichkeiten von Maßnahmenstrategien denkbar sind. Durch räumliche und zeitliche Variation des Ablaufs von Maßnahmen lässt sich allerdings sehr schnell eine Vielzahl von Handlungsalternativen erzeugen. Die eigentliche Entscheidungsfindung besteht dann darin, aus diesen Handlungsalternativen in einem i.a. iterativen Prozess den am besten geeigneten räumlichen und zeitlichen Vorgang des Ergreifens von Maßnahmen als Einzelaktionen oder in Kombination zu identifizieren (siehe Abbildung 5.1).

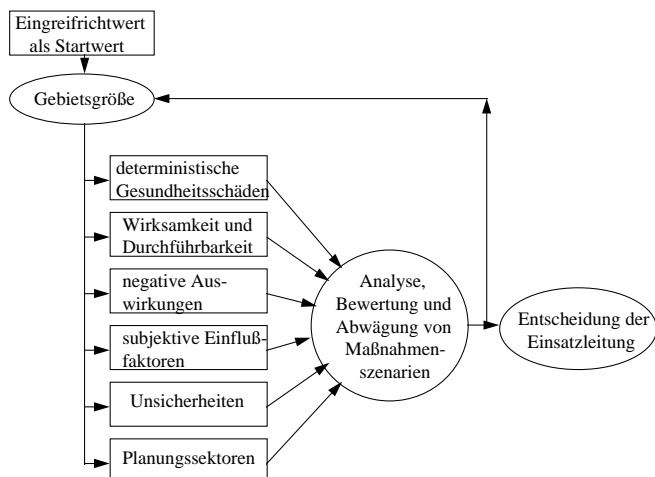


Abb.5.1: Einflussfaktoren und Entscheidungsfindung als iterativer Prozess

Der Vorgang des Bewertens und Abwägens erfolgt in der Regel intuitiv ohne festgelegte Strukturierung und Regeln. Er ist darum empfindlich gegenüber der Verfügbarkeit an verlässlichen Informationen zu den einzelnen Einflussfaktoren und dem Bewusstsein der Entscheidungsträger über ihre Relevanz. Inwieweit sie berücksichtigt werden, hängt auch davon ab, wie viel Zeit für die Entscheidungsfindung zur Verfügung steht und in welchem Umfang die entsprechende fachliche Unterstützung gegeben ist. So werden möglicherweise objektive Einflussfaktoren bei der Entscheidung über Katastrophenschutzmaßnahmen weniger beachtet werden, wenn eine sehr schnelle Entscheidung gefordert wird, wenn entsprechende fachliche Ar-

gumente nicht vorgetragen werden, oder wenn diese Aspekte bisher in Übungen nicht angesprochen worden sind.

5.3 Methodische Hilfsmittel

Aus wissenschaftlich-technischer Sicht steht eine Reihe von Hilfsmitteln zur Verfügung, die die Einsatzleitungen unter den geschilderten Randbedingungen unterstützen können. Hierzu gehören:

- manuelle Methoden, bei denen mit Hilfe von Tabellen, Nomogrammen und Rechenvorschriften durch Handrechnungen radiologische Größen abgeschätzt werden (Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen /SSK 95a/¹¹; Maßnahmenkatalog /MNK 98/¹¹, hauptsächlich für Entscheidungen im Rahmen der Strahlenschutzvorsorge).
- PC-basierte Hilfsmittel, die im Wesentlichen die Handrechnungen der manuellen Methoden ersetzen und somit bei gleichzeitiger Erhöhung der Rechengeschwindigkeit die Möglichkeit von Rechenfehlern reduzieren. (PLUTO / PLU 97/¹¹, SAFER /SAF 97/¹¹).
- rechnergestützte Entscheidungshilfesysteme; sie erlauben es, fundierte Wissensbasen auf unterschiedlichen Stufen der Informationsverarbeitung zu erstellen, die dann als Grundlage für rationale Entscheidungen dienen können.

Entscheidungshilfesysteme für den Katastrophenschutz decken den Entfernungsbereich bis zu einigen (zehn) Kilometern ab, in dem (schnelle) Katastrophenschutzmaßnahmen erforderlich sein können. Diese Systeme haben i.a. Zugriff zu anlagenspezifischen Emissions- und Immissionsdaten eines lokalen Überwachungsnetzes. Zusätzlich können Messdaten von speziellen Messeinrichtungen oder mobilen Einsatztrupps verarbeitet werden. (KFÜ-Systeme der Bundesländer /Ebe 93/, CAIRE /CAI 92/, RODOS/RESY /ROD 97a/).

Entscheidungshilfesysteme für die Strahlenschutzvorsorge decken ein ganzes Land bis an seine Grenzen ab; in ihnen werden automatisch die gesamten Daten eines flächendeckenden Netzes von ODL-Messstationen ausgewertet und beurteilt. Zusätzlich gehen in die Systeme im Fall einer radioaktiven Kontamination weitere Daten über nuklidspezifische Kontaminationen von Wasser, Boden und Nahrungsmitteln ein, die von speziellen Messeinrichtungen oder mobilen Einsatztrupps stammen (IMIS /IMI 93/¹², PARK /PAR 91/, RODOS /ROD 97b/).

6 Strahlenschutz der Einsatzkräfte

Einsatzkräfte im Sinne der folgenden Ausführungen sind Personen, die bei einem kerntechnischen Unfall zur Bewältigung der Unfallfolgen eingesetzt werden. Neben dem Anlagenpersonal gehören hierzu Personen, die aufgrund ihrer allgemeinen beruflichen Qualifikation für bestimmte Aufgaben (z.B. Messungen, Transporte, Reparaturen, Bauarbeiten) eingesetzt werden sowie Sicherheits- und Rettungspersonal (z.B. Polizei, Feuerwehr, Sanitäter, Ärzte). Die Gruppen unterscheiden sich beträchtlich hinsichtlich ihrer Strahlenschutzkenntnisse und damit der Möglichkeiten, ihre eigene Gefährdung einzuschätzen und eigenständig wirkungsvoll zu mindern.

¹¹) Aktualisierte Referenzen, siehe Anhang zum Literaturverzeichnis: /SSK 04b/, /MNK 08/, /PLU 07/, /SAF 06/

¹²) Aktualisierte Referenz, Siehe Anhang zum Literaturverzeichnis: /IMI 06/

Von der allgemeinen Bevölkerung unterscheiden sich Einsatzkräfte dadurch, dass ihre zusätzliche Strahlenexposition aus der Entscheidung resultiert, sie zur Unfallfolgenbewältigung einzusetzen. Die Strahlenexposition der Bevölkerung kann durch Maßnahmen des Einsatzpersonals vermieden oder vermindert werden. Daher müssen sich die Strahlenschutzgrundsätze für die Bevölkerung und für die Einsatzkräfte unterscheiden.

Die von den Einsatzkräften durchzuführenden Aufgaben unterscheiden sich je nach Unfallphase und damit zusammenhängend nach den Möglichkeiten, die Strahlenexposition planvoll zu steuern. Die Rechtfertigung der zusätzlichen Strahlenexposition von Einsatzkräften wird durch die Wichtigkeit der Aufgaben bestimmt.

Die Einsatzaufgaben können eingeteilt werden in:

- Lebensrettende Maßnahmen
- Maßnahmen zur Abwehr einer Gefahr für Personen oder zur Verhinderung einer wesentlichen Schadensausweitung
- Frühe Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung
- Längerfristige Abhilfemaßnahmen
- Messaufgaben

Ehe die sich daraus ergebenden Folgerungen diskutiert werden, sollen die in der Bundesrepublik bereits vorhandenen Bestimmungen kurz dargestellt werden. In § 59 StrlSchV "Strahlenexposition bei Personengefährdung und Hilfeleistung" ist festgelegt /STR 01/:

- (1) Bei Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren für Personen ist anzustreben, dass eine effektive Dosis von mehr als 100 Millisievert nur einmal im Kalenderjahr und eine effektive Dosis von mehr als 250 Millisievert nur einmal im Leben auftritt.
- (2) Die Rettungsmaßnahmen dürfen nur von Freiwilligen über 18 Jahren ausgeführt werden, die zuvor über die Gefahren dieser Maßnahme unterrichtet worden sind.

Für Einsätze von Feuerwehr und Polizei wurden von den Innenministern die Feuerwehr-Dienstvorschriften 500 „Einheiten im ABC-Einsatz“ (FwDv 500) /FEU 04/ sowie der Polizeileitfaden 450 „Gefahren durch chemische, radioaktive und biologische Stoffe“ erlassen. Darin werden zusätzlich zu den Festlegungen in § 59 StrlSchV Dosisrichtwerte für Einsätze zum Schutz von Sachwerten von 15 mSv pro Person und Jahr (Feuerwehr) bzw. 6 mSv pro Person und Jahr (Polizei) festgelegt. Zu diesen Vorschriften und den darin festgelegten Grenzwerten ist zu bemerken, dass ihre Anwendung für qualitativ andere Ereignisse (z.B. Unfälle in Radionuklidlabors, Transportunfälle u.ä.) vorgesehen ist, bei denen eine höhere Strahlenexposition der Einsatzkräfte, die keine beruflich strahlenexponierten Personen sind, i. allg. nicht gerechtfertigt ist. Die Anwendung bei einem nuklearen Unfall sollte, ggf. unter Bezug auf die gegebene Möglichkeit der Überschreitung, so gehandhabt werden, dass ein Konflikt mit den für die Bevölkerung angewendeten Eingreifrichtwerten im aktuellen Fall vermieden wird. Dabei kann auch in Betracht gezogen werden, dass es sich bei Polizei und Feuerwehr um Erwachsene und in der Regel gesunde Personen handelt.

Lebensrettende Maßnahmen

Die vorgenannten Vorschriften sehen höhere Dosisrichtwerte nur im Einzelfall beim Einsatz zur Rettung von Menschenleben vor und liegen unterhalb der Schwelle deterministischer Wirkungen. Das mit jeder Strahlenexposition

verbundene Risiko einer Spätschädigung (stochastische Wirkungen) in diesem Dosisbereich ist bei der Rettung von Menschenleben zumutbar und übersteigt nicht das sonst übliche Ausmaß gesundheitlicher Risiken bei Unfall- und Katastropheneinsätzen.

Die Strahlenschutzkommission empfiehlt daher in Band 4 ihrer Veröffentlichungen „Medizinische Maßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen“ von 1995 /SSK 95b/¹³, dass eine Dosis von 1 Sv nicht überschritten werden sollte. Bei einem kerntechnischen Unfall muss allerdings sichergestellt werden, dass Dosisgrenzwerte für das Einsatzpersonal die Rettung von Menschenleben nicht unmöglich machen.

Beim Einsatz sind persönliche Schutzmittel zu benutzen. Die Strahlenexposition ist zu überwachen und aufzuzeichnen, sofern dies unter den gegebenen Umständen möglich ist.

Maßnahmen zur Verhinderung einer Schadensausweitung

Die durchzuführenden Aufgaben können charakterisiert werden durch

- unaufschiebbare Maßnahmen zur Wiederherstellung der Beherrschbarkeit einer außer Kontrolle geratenen Strahlenquelle,
- Durchführung von Maßnahmen zur Verhinderung oder Begrenzung von erheblichen Radioaktivitätsfreisetzungen in die Umgebung.

Erheblich sind beispielsweise Freisetzungen, die zu deterministischen Wirkungen in der Bevölkerung führen können oder solche, die die Evakuierung einer sehr großen Anzahl von Personen notwendig machen. Die Aufgaben können beispielsweise Schaltheilungen und dringende Reparaturarbeiten zur Wiedergewinnung der Kühlbarkeit sowie Abdichtungs- und Löscharbeiten umfassen.

Man kann davon ausgehen, dass solche Aufgaben in der Regel vom Anlagenpersonal mit Training im Strahlenschutz und Wissen in der Anwendung von Strahlenschutzmaßnahmen wie zeitliche Beschränkung der Exposition, Abschirmung, Kontaminations- und Inkorporationsschutz wahrgenommen werden. Zu dem damit betrauten Personenkreis zählen auch Mitglieder der zur Anlage gehörenden Werkfeuerwehr.

Es kann jedoch nicht völlig ausgeschlossen werden, dass Angehörige der öffentlichen Feuerwehren, der Polizei und der medizinischen Rettungsdienste an einem solchen Einsatz mitwirken. Angehörige dieser Gruppen besitzen im Allgemeinen wenig Strahlenschutzkenntnisse und müssen deshalb von Personal, das Orts- und Strahlenschutzkenntnisse hat, beraten werden.

Typisch für solche Aufgaben ist, dass sie unverzüglich und schnell durchgeführt werden müssen. In solchen Situationen ist es eher unwahrscheinlich, dass für eine Optimierung genügend Zeit zur Verfügung steht.

Maßnahmen zur Verhinderung einer erheblichen Freisetzung sind in der Regel gerechtfertigt. Trotzdem sollen die Einsatzkräfte keine Dosen oberhalb der Schwellenwerte für deterministische Wirkungen (ca. 1 Sv effektive Dosis bzw. 5 Sv Hautdosis) erhalten.

Im Rahmen der Notfallschutzplanung muss dafür Sorge getragen werden, dass die bei solchen Einsätzen erforderlichen Schutzmittel (Atemschutz, Kontaminations-

¹³) Aktualisierte Referenz, siehe Anhang zum Literaturverzeichnis: /SSK 07b/

schutz, Iodtabletten) vorhanden sind.

Die Strahlenexposition ist zu überwachen und aufzuzeichnen. Die Exposition und die sich daraus ergebenden möglichen Gesundheitsfolgen sind den Einsatzkräften mitzuteilen und zu erläutern.

Frühe Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung

Typischerweise handelt es sich um den Einsatz bei verkehrslenkenden Maßnahmen oder beim Personentransport z.B. bei einer Evakuierung. Die Durchführung solcher Aufgaben obliegt Angehörigen der Polizei, der Feuerwehr, der Rettungsdienste und zusätzlich herangezogenen Hilfskräften (z.B. Fahrer von Transportmitteln).

Solche Einsätze sind im Allgemeinen gerechtfertigt, wenn bestimmte Körperdosen nicht überschritten werden. Möglicherweise ist eine grobe Optimierung durchführbar. Alle vernünftigen Anstrengungen sollten unternommen werden, um die Körperdosen der oben genannten Einsatzkräfte unter 100 mSv pro Jahr zu halten.

In der Regel werden die Einsatzkräfte aus der näheren Umgebung stammen. Im Rahmen der Notfallschutzplanung für die Anlage ist für den abzusehenden Personenkreis eine Grundeinweisung in die von ionisierender Strahlung ausgehenden Risiken, in Strahlenschutzpraktiken (zeitliche Limitierung der Exposition, Kontaminationschutz u. ä.) und im Gebrauch von einfachen Messgeräten (Dosimeter, Dosisleistungsmessgeräte, Dosiswarner) vorzunehmen. Der Einsatzführer soll von Strahlenschutzsachverständigen beraten werden. Die Einsatzleitung trägt dafür Sorge, dass Hilfspersonal keiner Strahlenexposition ausgesetzt ist, die nicht gerechtfertigt ist.

Die Strahlenexposition der Einsatzkräfte ist zu überwachen und aufzuzeichnen, wobei vereinfachte Verfahren zulässig sind (z.B. Messung der Körperdosis mit Dosimeter nur bei einem Mitglied einer zusammengehörigen Gruppe, Abschätzung auf der Basis der gemessenen Ortsdosisleistungen und der zugehörigen Expositionszeiten). Nach dem Einsatz sind die abgeschätzten Körperdosen und die damit verbundenen Gesundheitsrisiken den Betroffenen bekannt zu geben und zu erläutern.

Längerfristige Abhilfemaßnahmen

Sobald die betroffene Anlage wieder unter Kontrolle gebracht ist, steht für Aufgaben wie

- Dekontamination der Anlage und der Umgebung,
- Reparaturen der Anlage und der Gebäude,
- Abfallbehandlung und -lagerung

in der Regel Zeit zur Verfügung. In einer solchen Situation ist die Strahlenexposition der mit solchen Arbeiten betrauten Einsatzkräfte steuerbar. Die Beschäftigten sind als beruflich strahlenexponierte Personen unter Anwendung der dafür gültigen Vorschriften der Strahlenschutzverordnung einzustufen.

Messaufgaben

Bei einem kerntechnischen Unfall ist es zur Ermittlung der radiologischen Lage erforderlich, sowohl in der betroffenen Anlage als auch in der Umgebung Messungen vorzunehmen. Das kann zu einer Strahlenexposition des Personals der Messdienste führen.

Die Rechtfertigung dieser Strahlenexposition muss sich daran orientieren, in welchem Zusammenhang die Ergeb-

nisse der Messung benötigt werden. So kann beispielsweise die Strahlenexposition von Einzelpersonen bei den zur Vorbereitung lebensrettender Maßnahmen notwendigen Messungen höher ausfallen als die entsprechende Strahlenexposition bei Messungen, die zur Entscheidung über längerfristige Abhilfemaßnahmen durchgeführt werden. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass die Strahlenexposition aufgrund der Durchführung einer Messaufgabe deutlich geringer sein muss als die Strahlenexposition, die aufgrund einer Unterlassung der Messung bei anderen Personen absehbar wäre. Die für die verschiedenen oben genannten Einsatzzwecke genannten oberen Grenzen gelten daher in jedem Fall auch für die Messaufgaben, die zur Entscheidung darüber notwendig sind.

Bereits bei der Planung sind Überlegungen zur Optimierung anzustellen. Dabei ist zu prüfen, ob die zur Ermittlung der radiologischen Lage erforderlichen Messungen ohne oder mit geringer Strahlenexposition der Messdienste gewonnen werden können. Hierzu kommen beispielsweise ortsfeste Messstationen sowie im Bedarfsfall absetzbare Sonden mit Datenfernübertragung, ferngesteuerte Messfahrzeuge, Aerometrie (= Messungen vom Hubschrauber / Flugzeug) in Betracht. Für Fälle, bei denen auf den Einsatz von Messpersonal nicht verzichtet werden kann, sind Einsatzstrategien vorzubereiten, die helfen, die radiologische Lage mit möglichst geringer Strahlenexposition zu erfassen (Einsatz in besonders (durch Luftfilterung und Abschirmung) geschützten Messfahrzeugen, Ausrüstung mit Dosimetern und Dosiswarngeräten zur Selbstüberwachung, zeitliche Begrenzung des Einsatzes, lageabhängige Planung von Messfahrten, Festlegung von Umkehrdosen).

7 Strahlenschutz besonderer Berufsgruppen

Falls ein Unfall zu einer Kontamination der Umgebung geführt hat, werden alle dort lebenden Personen einer erhöhten Strahlung ausgesetzt sein. Über den Verbleib der Menschen in einer solchen Umgebung wird entsprechend den Strahlenschutzgrundsätzen für die Bevölkerung entschieden. Die Erhöhung der Umgebungsstrahlung wird allerdings nicht gleichmäßig sein, vielmehr werden sich örtlich, aber auch tätigkeitsspezifisch Anreicherungen ergeben. Dies könnte beispielsweise bei folgenden Tätigkeiten der Fall sein:

- Klärschlammbearbeitung,
- Umgang mit industriellen Filteranlagen (Aufenthalt in der Nähe, Auswechseln, Reinigen, Abfallbehandlung).

Das Messprogramm zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt wird Hinweise darauf liefern, ob es bei solchen Tätigkeiten zu erhöhten Strahlenexpositionen kommen kann, die ggf. spezielle Überwachungsprogramme erfordern und die vielleicht auch Strahlenschutzmaßnahmen bei den dort Beschäftigten notwendig machen können.

Angesichts der Vielzahl der möglichen Situationen können hierzu vorab keine Festlegungen getroffen werden, vielmehr sind in Kenntnis der tatsächlichen Umstände über die Rechtfertigung und die Optimierung solcher Tätigkeiten zu entscheiden.

Literatur			
/CA1 92/	Brenk, H. D.: Das Störfall-Leitsystem CAIRE für Echtzeit-Anwendungen. Brenk Systemplanung Aachen, Bericht BS-8705/2 (fertiggestellt 31.12.1989), erschienen in der Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz des BMU, BMU-1992 - 361,1992	/ICR 84/	International Commission on Radiological Protection: Protection of the Public in the Event of Major Radiation Accidents: Principles for Planning, Publication No. 40, Pergamon Press, Oxford and New York 1984
/Ebe 93/	Eberbach, F.: Possible Contributions of the KFÜ Systems to Decisions for Off-site Emergency Management. Radiation Protection Dosimetry 50, 107-112,1993	/ICR 93/	Internationale Strahlenschutzkommission: ICRP Veröffentlichung 60, Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission 1990, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1993
/EG 82/	Commission of the European Communities: Radiological Protection Criteria for Controlling Doses to the Public in the Event of Accidental Releases of Radioactive Material, Luxemburg 1982	/ICR 96/	Internationale Strahlenschutzkommission: ICRP Veröffentlichung 63, Grundsätze für die Intervention zum Schutz der Bevölkerung im Strahlennotfall, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1996
/EUR 87/	Verordnung (EURATOM) Nr. 3954/87 des Rates vom 22.12.1987 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 371/11-13, 30.12.1987	/IMI 93/	Weiss, M., Leeb, H.: IMIS - the German Integrated Radioactivity Information and Decision Support System. Radiation Protection Dosimetry 50, 113-116, 1993
/EUR 89a/	Verordnung (EURATOM) Nr. 2218/89 des Rates vom 18.7.1989 zur Änderung der Verordnung (EURATOM) Nr. 3954/87 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln von geringerer Bedeutung im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 211/1-3,22.7.1989	/Jac 89/	Jacobi, W., Paretzke, H., Jacob, P., Meckbach, R.: Externe Strahlenexposition. GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg, GSF-Bericht 13/89,
/EUR 89b/	Verordnung (EURATOM) Nr. 944/89 der Kommission vom 12.4.1989 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln von geringerer Bedeutung im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 101/17-18,12.4.1989	/Jac 98/	Jacob, P.: GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg, persönliche Mitteilung 1.7.1998
/EUR 90/	Verordnung (EURATOM) Nr. 770/90 der Kommission vom 29. 3.1990 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 83/78-79, 30.3.1990	/Mec 88/	Meckbach, R., Jacob, P.: Gamma exposures due to radionuclides deposited in urban environments, Part II: Location factors for different deposition Patterns. Radiation Protection Dosimetry 25, 181 -190, 1988
/FEU 04/	Feuerwehr Dienstvorschrift 500, Einheiten im ABC, Stand August 2004	/MNK 98/	Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition bei Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen, Bonn, BMU 1999
/Fli 92/	Fliedner, T.M.: Strahlenwirkungen bei externer Ganz- und Teilkörperbestrahlung. In: Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 27, herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1994	/PAR 91/	Gregor, J., Jacob, P.: Programmsystem zur Abschätzung und Begrenzung radiologischer Konsequenzen (PARK). Jubiläumstagung 30.9.-3. 10. 91, Fachverband Strahlenschutz FS-91-55-T, Band 1, S. 200-205, Verlag TÜV Rheinland, Köln 1991
/IAE 96/	International Atomic Energy Agency: International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, Vienna 1996	/PLU 97/	Eberbach, F., Schnadt, H.: PLUTO - Rechenprogramm für den Fachberater Strahlenschutz bei der Katastrophenschutzleitung. Version 5.27 (Vertrieb durch den TÜV Rheinland, Köln) 1997
		/RAD 88/	Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden. Verabschiedet im Länderausschuss für Atomkernenergie - Hauptausschuss - am 11. Mai 1988, GMBI 1989, Nr. 5, S. 94
		/RAH 99/	Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen, GMBI. Nr. 28/29, S. 57 ff. vom 12.11.1999

- /ROD 97a/ Ehrhardt, J., Benz, G., Faude, D., Fischer, F., Haller, Ch., Lorenz, A., Päsler-Sauer, J., Rafat, M., Raskob, W., Sauder, T., Schichtel, T., Schüle, O., Steinhauer, C.:
Die Entwicklung des Entscheidungshilfesystems RODOS/RESY für den Katastrophenschutz nach kerntechnischen Unfällen. Bundesamt für Strahlenschutz, Strahlenschutzforschung Programmreport 1996, Salzgitter, Bericht BfS/ISH-179/97, S. 33-57, 1997
- /ROD 97b/ Ehrhardt, J., Brown, J., French, S., Kelly, G.N., Mikkelsen, T., Müller, H.:
RODOS: Decision-making Support for off-site emergency management after nuclear accidents, Kerntechnik 62, 122-128, 1997
- /SAF 97/ Köhncke, C., Schumacher, P.:
Programmdokumentation SAFER, Strahlenexposition als Folge eines Reaktorunfalls, Version SAFER97, Technischer Überwachungsverein Nord e.V. Hamburg 1997
- /SSK 89/ Strahlenschutzkommission:
Wirkungen nach pränataler Bestrahlung. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 2, 2. Auflage, herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1989
- /SSK 95a/ Strahlenschutzkommission:
Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 13, 2., überarbeitete Auflage, herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1995
- /SSK 95b/ Strahlenschutzkommission:
Medizinische Maßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 4, 2., überarbeitete Auflage, herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1995
- /SSK 96/ Strahlenschutzkommission:
Der Strahlenunfall. Ein Leitfaden für Erstmaßnahmen. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 32, herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1996
- /SSK 97/ Strahlenschutzkommission:
Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen. Empfehlung der Strahlenschutzkommission. BAnz. Nr. 53 vom 18. März 1997
- /STR 01/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. Juli 2001 (BGBl. I, 2001, S. 1714, (2002, 1459)), zuletzt geändert durch Art. 2, § 3 Abs. 31 Gv. 1.9.2005 (BGBl. I S. 2618)
- Anhang zum Literaturverzeichnis**
- /IMI 06/ Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Integrierten Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (IMIS) nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (AVV-IMIS), veröffentlicht im Bundesanzeiger Nr. 244a vom 29.12.2006
- /MNK 08/ Strahlenschutzkommission:
Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen (Maßnahmenkatalog Band 1 und 2), Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet auf der 220. Sitzung der SSK am 5./6.12.2007
- /PLU 07/ Schnadt, H.:
Umsetzung des Leitfadens für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung in das Rechenprogramm PLUTO, in: Vorkehrungen und Maßnahmen bei radiologischen Ereignissen, FS-07-142-AKN, TÜV Media GmbH, Köln 2007
- /RAH 08/ Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen. Abschließende Fassung mit positiven Voten durch die SSK (213. Sitzung am 6.12.2006 und 220. Sitzung am 6.12.2007), des Arbeitskreises V der Innenministerkonferenz (18./19. 10.2007) und des Länderausschusses für Atomkernenergie (im Umlaufverfahren am 29.2.2008)
- /SAF 06/ Köhncke, C., Schumacher, P.:
SAFER2 (Version 2.3.2) Strahlenexposition als Folge eines Reaktorunfalls, TÜV Nord Systec GmbH, Hamburg 2006
- /SSK 04a/ Strahlenschutzkommission:
Verwendung von Jodtabletten zur Jodblockade der Schilddrüse bei einem kerntechnischen Unfall. In: Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 58, H. Hoffmann Verlag, Berlin 2007
- /SSK 04b/ Strahlenschutzkommission:
Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen. Berichte der Strahlenschutzkommission, Heft 37, Urban & Fischer, München, Jena 2004
- /SSK 07a/ Strahlenschutzkommission:
Der Strahlenunfall - Ein Leitfaden für Erstmaßnahmen. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 32 (2., überarbeitete Auflage), H. Hoffmann Verlag, Berlin 2007
- /SSK 07b/ Strahlenschutzkommission:
Medizinische Maßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 4 (3., überarbeitete Auflage), H. Hoffmann Verlag, Berlin 2007

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

CAIRE	Computer Aided Response to Emergencies
EU	Europäische Union
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRP	International Commission on Radiological Protection
ILO	International Labour Office
IMIS	Integriertes Meß- und Informationssystem
OECD/NEA	Organisation for Economic Co-Operation and Development/Nuclear Energy Agency
PAHO	Pan American Health Organization
PARK	Programmsystem zur Abschätzung und Begrenzung radiologischer Konsequenzen
PLUTO	P rogrammsystem nach dem L eitfaden für den F achberater K atastrophenschutz bei U nfällen für den F achberater S trahlenschutz und T echnik vor O rt
RODOS/RESY	real-time o n-line d ecision s upport/ rechnergestütztes Entscheidungshilfe-System
SAFER	Strahlenexposition als Folge eines Reaktorunfalls
WHO	World Health Organization

Anlage**Verwendung von Jodtabletten zur Jodblockade der Schilddrüse bei einem kerntechnischen Unfall**

Empfehlung der Strahlenschutzkommission

Inhaltsverzeichnis

- 1 Merkblatt für Ärzte
- 2 Merkblatt für die Bevölkerung

1 Merkblatt für Ärzte**1.1 Vorbemerkungen**

Die für den Katastrophenschutz zuständigen Behörden bevorraten Kaliumiodidtabletten (im folgenden Iodtabletten genannt), um diese bei Bedarf an die Bevölkerung auszugeben, sofern sie nicht schon unter bestimmten Voraussetzungen vorher an die Haushalte verteilt wurden. Eine Tablette enthält 65 mg Kaliumiodid (KI) entsprechend 50 mg Iodid. Das vorliegende Merkblatt soll den Arzt über die wesentlichen, mit einer Iodblockade der Schilddrüse zusammenhängenden Fragen informieren. Auf das Merkblatt für die Bevölkerung wird in diesem Zusammenhang verwiesen.

1.2 Warum eine Blockade der Schilddrüse?

Zu den Spaltprodukten die beim Betrieb von Kernreaktoren entstehen, gehören die verschiedenen radioaktiven Isotope des Iods. Sie nehmen wegen der biologischen Besonderheit des Iods, nämlich seinem Einbau in die Schilddrüsenhormone, eine Sonderstellung ein. Da bei den in Kernreaktoren vorhandenen Temperaturen das Iod in gasförmigem Zustand vorliegt, muss bei Unfällen unter ungünstigen Umständen mit der Abgabe von radioaktivem Iod in die Luft gerechnet werden. Dieses radioaktive Iod wird sich zum größten Teil auf dem Boden und auf Pflanzen niederschlagen. Von dort kann es mit den Nahrungsmitteln, insbesondere mit der Milch, in den Menschen gelangen. Bei einem kerntechnischen Unfall kann radioaktives Iod auch mit der Atemluft aufgenommen und in den Lungen resorbiert werden.

Nach der Resorption verhält sich das radioaktive Iod genauso wie stabiles Iod. Es kommt zu einer Verteilung im Extravasalraum, von dort zu einer vorübergehenden Anreicherung in den Speicheldrüsen und in der Magenschleimhaut und insbesondere zu einer langanhaltenden Speicherung in der Schilddrüse. Das Ausmaß der Speicherung in der Schilddrüse hängt von ihrem Funktionszustand ab, beim Euthyreoten insbesondere vom Iodangebot in der Nahrung. Je geringer das Iodangebot in der Nahrung ist, desto höher ist die prozentuale Speicherung in der Schilddrüse. Im Iodmangelgebiet Deutschland liegt die alimentäre Iodaufnahme oft unter 100 µg/Tag, daher wird bei einem Euthyreoten mehr als 50 Prozent des resorbierten radioaktiven Iods in der Schilddrüse gespeichert. In Ländern mit ausreichender Iodversorgung ist die Aufnahme radioaktiven Iods um den Faktor 2 bis 3 geringer.

Ziel der Iodblockade ist die Verhinderung von strahleninduzierten Schilddrüsenkarzinomen. Kinder sind besonders gefährdet.

1.3 Wann ist die Iodblockade angezeigt?

Eine Iodblockade der Schilddrüse ist nur dann zu erwägen, wenn nach der Lagebeurteilung tatsächlich eine

erhebliche Freisetzung radioaktiven Iods befürchtet werden muss. Hohe Schilddrüsendosen durch die Iodinkorporation können insbesondere bei Kindern, die jünger als vier Jahre alt sind, auftreten. Deshalb sollte der Schutz von Kindern und Schwangeren bei der Durchführung der Iodblockade im Vordergrund stehen.

Eine Freisetzung von radioaktivem Iod eines Ausmaßes, das eine Iodblockade für die Bevölkerung als zweckmäßig erscheinen lässt, wird in der Regel rechtzeitig erkannt. Daher kann mit einer Vorwarnzeit von Stunden bis Tagen gerechnet werden, in der die Behörde auf Grund ihrer Informationen und der Beurteilung der Lage die erforderlichen Anweisungen geben kann.

Es ist erforderlich, die Bevölkerung darauf hinzuweisen, dass es nutzlos und sogar schädlich wäre, wenn sie eine Iodblockade aus eigener Initiative, d. h. ohne Aufforderung durch die zuständigen Behörden, durchführen würde. Sie würde sich nur unnötig dem Risiko von Nebenwirkungen aussetzen.

1.4 Ist eine Blockade der Schilddrüse bei Schwangeren und Stillenden zulässig?

Auch in der Schwangerschaft soll, unabhängig vom Alter der Schwangeren, die empfohlene Iodblockade durchgeführt werden.

Feten nehmen etwa ab der zwölften Schwangerschaftswoche Iod in die Schilddrüse auf. Ab dem sechsten bis neunten Monat ist die Iodspeicherung in der fetalen Schilddrüse erheblich. Damit ist auch die Notwendigkeit einer Blockade der Schilddrüse des älteren Feten gegeben, die über die Iodgabe an die Schwangere ohne Erfordernis einer besonderen Dosisanpassung erfolgt.

Die empfindliche fetale Schilddrüse kann gelegentlich einen Iodkropf mit Hypothyreose bilden. Die Hypothyreose wird mit Hilfe des am fünften Lebenstag routinemäßig erfolgenden TSH-Screenings erkannt und entsprechend behandelt.

Iod wird während der Stillzeit in individuell unterschiedlicher Menge in die Muttermilch abgegeben. Da hierdurch eine ausreichende Iodblockade beim gestillten Kind nicht gewährleistet ist, sollen auch Neugeborene bzw. Säuglinge Iodtabletten (s. Dosierungsschema) erhalten.

Frauen, die während der Schwangerschaft und Stillzeit mit hohen Dosen Iod behandelt worden sind, sollten darauf hingewiesen werden, dies dem Geburtshelfer und dem Kinderarzt mitzuteilen, damit diese beim Neugeborenen besonders auf mögliche Schilddrüsenfunktionsstörungen achten.

1.5 Wie wird eine Blockade der Schilddrüse gegenüber radioaktivem Iod durchgeführt?

Die Speicherung von radioaktivem Iod in der Schilddrüse kann dadurch verhindert werden, dass vor Aufnahme des radioaktiven Iods eine größere Menge von stabilem (nicht radioaktivem) Iodid in hohen Einzeldosen (altersabhängig zwischen 12,5 und 100 mg) verabreicht wird. Durch dieses erhöhte Angebot an stabilem Iod wird wegen der begrenzten Aufnahmefähigkeit der Schilddrüse nur ein kleiner Bruchteil des resorbierten radioaktiven Iods gespeichert. Das nicht gespeicherte Iod wird mit einer biologischen Halbwertszeit von etwa sechs Stunden ausgeschieden.

Da die Speicherkurve der Schilddrüse am Anfang sehr steil verläuft, ist die Iodblockade dann am wirksamsten, wenn das stabile Iod kurz vor der Resorption des radioaktiven Iods im Organismus vorhanden ist. Aber auch in den

ersten Stunden nach Aufnahme des radioaktiven Iods wird noch eine Reduktion der Speicherung erreicht (Iodgabe nach zwei Stunden - Reduktion um ca. 80 Prozent; Iodgabe nach acht Stunden - Reduktion um ca. 40 Prozent). Im Gegensatz dazu hat die Verabreichung von stabilem Iodid später als 24 Stunden nach abgeschlossener Inhalation oder Ingestion keinen erheblichen Einfluss mehr auf die Speicherung und damit auf die Strahlenbelastung der Schilddrüse durch das radioaktive Iod. Werden hohe Dosen von stabilem Iod wesentlich später als 24 Stunden nach Inkorporation eingenommen, verlängert sich sogar die Verweildauer des radioaktiven Iods. Deshalb sollte die Einnahme von Iodtabletten nach diesem Zeitpunkt nicht mehr durchgeführt werden.

1.6 Wie ist Kaliumiodid zu dosieren?

Neben dem Zeitpunkt der Verabreichung ist die Menge des stabilen Iods entscheidend für die Reduktion der Speicherung radioaktiven Iods. Da es wichtig ist, dass die Blockade möglichst vollständig ist, muss anfänglich eine hohe Plasmakonzentration an stabilem Iodid erreicht werden. Dies wird bei Erwachsenen durch eine Dosis von 130 mg Kaliumiodid erreicht, ohne dass im Allgemeinen Unverträglichkeiten von Seiten des Magens zu befürchten sind, wenn die Einnahme nicht auf nüchternen Magen erfolgt.

Eine Verringerung der Dosis reduziert eventuelle Nebenwirkungen nicht, eine Erhöhung wäre nicht schädlich, erbringt aber keine weitere nennenswerte Verringerung der Strahlenbelastung.

1.7 Das folgende Dosierungsschema wird empfohlen

Diese Dosierung gilt nur für die 65 mg-Kaliumiodidtabletten aus der Notfallbevorratung

Personengruppe	Tagesgabe in mg Iodid	Tagesgabe in mg Kaliumiodid	Tabletten à 65 mg Kaliumiodid
< 1 Monat	12,5	16,25	1/4
1-36 Monate	25	32,5	1/2
3-12 Jahre	50	65	1
13-45 Jahre	100	130	2
> 45 Jahre	0	0	0

(Bei Tabletten mit anderen Kaliumiodidgehalten bitte die jeweiligen Dosisangaben beachten.)

Iodtabletten sind nur nach Aufforderung durch die zuständige Behörde einzunehmen. Schwangere und Stillende erhalten die gleiche Ioddosis wie die Gruppe der 13- bis 45-Jährigen. Im Regelfall ist eine einmalige Einnahme der Iodtabletten ausreichend. Im Ausnahmefall kann die zuständige Behörde eine weitere Tabletteneinnahme empfehlen. Die Tabletteneinnahme ist jedoch bei Neugeborenen stets auf einen Tag, bei Schwangeren und Stillenden auf zwei Tage zu beschränken.

Die Einnahme von Kaliumiodid sollte möglichst nicht auf nüchternen Magen erfolgen. Die Tabletten können geschluckt oder in Flüssigkeit gelöst eingenommen werden. Die Einnahme kann - vor allem für Säuglinge und Kinder - durch Auflösen der Tablette in einem Getränk, z. B. Wasser oder Tee, erleichtert werden. Die Lösung ist jedoch nicht haltbar und muss sofort getrunken werden.

1.8 Welche gesundheitlichen Risiken birgt die Iodblockade der Schilddrüse?

Personen mit einer bekannten Überempfindlichkeit gegen Iod (sehr seltene Erkrankungen, wie echte Iodallergie, Dermatitis herpetiformis Duhring, Iododerma tuberosum, hypokomplementämische Vaskulitis, Myotonia congenita) dürfen keine Iodtabletten einnehmen. Iodtabletten können selten auch zu Hautausschlägen, Gewebswassereinlagerungen, Halsschmerzen, Augentränen, Schnupfen, Speicheldrüsenschwellungen und Fieber führen.

In sehr seltenen Fällen können sich Zeichen einer Überempfindlichkeit gegen Iod (echte Iodallergie), z. B. Iodschnupfen oder Iodexanthem, bemerkbar machen. Die Möglichkeit einer Iodintoleranz sollte nicht überbewertet werden. Die Iodresorption kann durch Magenspülung mit Stärkelösung (30 g auf 1 Liter solange, bis Blaufärbung verschwindet) oder mit 1-3 % Natriumthiosulfatlösung gehemmt werden. Zur beschleunigten Ausscheidung sind die Gabe von Glaubersalz und eine forcierte Diurese zu empfehlen. Ein möglicher Schock sowie Wasser- und Elektrolytstörungen sind in üblicher Weise zu behandeln.

Bei Vorerkrankungen der Schilddrüse, auch wenn sie bis dahin asymptomatisch verliefen (insbesondere bei Knotenkröpfen mit funktioneller Autonomie), kann eine Hyperthyreose innerhalb von Wochen bis Monaten nach Iodgabe ausgelöst werden.

Umgekehrt neigen besonders Neugeborene und Säuglinge bei langer dauernder Iodverabreichung zur Hypothyreose.

Aufgrund des geringen Risikos der Karzinominduktion durch radioaktives Iod bei älteren Menschen und einer zunehmenden Häufigkeit funktioneller Autonomien mit Krankheitswert bei fortschreitendem Lebensalter, soll die Iodblockade bei über 45-Jährigen nicht durchgeführt werden.

1.9 Auslösung einer Hyperthyreose

Eine gesunde Schilddrüse verfügt über mehrere Regulationsmechanismen, um ein Überangebot von Iod ohne eine schädliche Steigerung der Produktion von Schilddrüsenhormonen zu tolerieren. Die Pathophysiologie einer klinisch manifesten Hyperthyreose infolge eines erhöhten Iodangebots ist noch nicht restlos geklärt. Es ist jedoch bekannt, dass dieser Übergang in eine Hyperthyreose vorwiegend in Struma-Endemiegebieten mit einer hohen Prävalenz der funktionellen Autonomie auftritt.

Mit dieser Möglichkeit der Auslösung einer Hyperthyreose muss deshalb in der Bundesrepublik Deutschland bei hoher Iodzufuhr gerechnet werden.

Grundlage für die Entstehung einer Hyperthyreose können sein:

1. Autoimmunhyperthyreose (M. Basedow),
2. funktionelle Autonomie
 - unifokal/multifokal („autonomes Adenom“),
 - disseminiert.

Alle drei Schilddrüsenerkrankungen können auch latent ohne klinische Hyperthyreosezeichen bestehen.

1.10 Kontraindikationen gegen die Iodblockade der Schilddrüse

In der Literatur gelegentlich genannte, jedoch unbegründete Kontraindikationen sind Herzinsuffizienz und die verschiedenen Formen der Tuberkulose. Auch Schwangerschaft und Stillzeit sowie Hypothyreosen und Thyreoiditiden werden genannt, stellen jedoch keine Kontraindikationen dar.

Die Iodgabe muss bei bekannter Iodallergie unterbleiben. Diese ist nicht zu verwechseln mit einer Unverträglichkeitsreaktion bzw. Allergie gegen Röntgenkontrastmittel, die meist nicht durch das darin enthaltene Iod verursacht wird.

Patienten mit den sehr seltenen Erkrankungen echte Iodallergie, Dermatitis herpetiformis Dühring, Iododerma tuberosum, hypokomplementämische Vaskulitis, Myotonia congenita dürfen auf keinen Fall Iod einnehmen.

Unter Behandlung stehende Patienten mit Hyperthyreose müssen neben der Einnahme von Iod ihre Behandlung meist unverändert weiterführen. Alle hyperthyreoten Patienten - ob unter Behandlung oder unbehandelt - sind nach Beendigung der Nottfallsituation mit Iodgabe in kurzfristigen Abständen mittels Hormonanalysen ärztlich zu überwachen.

1.11 Möglichkeiten der Schilddrüsenblockade durch andere Medikation

Da durch die Blockade die Speicherung von radioaktivem Iod in der Schilddrüse möglichst weitgehend verhindert werden soll, eignet sich neben Iod am besten Perchlorat, das die Aufnahme von Iod kompetitiv hemmt, z. B. Natriumperchlorat als Irenat®.

Es empfiehlt sich für Erwachsene folgende Dosierung:

Natriumperchlorat als Irenat®

- am ersten Tag 60 Tropfen, anschließend über sieben Tage alle sechs Stunden 15 Tropfen.

Kontraindikationen, wie Überempfindlichkeitsreaktionen (Agranulozytose) und schwere Leberschäden, sind zu beachten.

Da die Iodblockade durch Iodid effektiver ist als durch Perchlorat, sollte Letzteres nur dann benutzt werden, wenn hohe Iodgaben kontraindiziert sind.

2 Merkblatt für die Bevölkerung

2.1 Der Strahlenunfall mit Freisetzung von radioaktivem Jod¹⁴

Bei Unfällen in kerntechnischen Anlagen, insbesondere in Kernkraftwerken, kann es unter ungünstigen Umständen zur Freisetzung von radioaktiven Stoffen - darunter auch radioaktivem Jod - kommen. Radioaktives Jod hat die gleichen chemischen und biologischen Eigenschaften wie das in der Nahrung vorkommende natürliche Jod und wird deshalb wie normales, nicht radioaktives Jod in der Schilddrüse gespeichert. Diese konzentrierte Speicherung in der Schilddrüse unterscheidet Jod von anderen Stoffen.

Durch die Einnahme von Jodtabletten als Gegenmaßnahme (Jodblockade der Schilddrüse) kann diese Speicherung verhindert werden.

2.2 Wie kommt radioaktives Jod in den Körper?

Wie andere Stoffe aus der Umwelt des Menschen kann radioaktives Jod auf drei Wegen in den Körper (Inkorporation) gelangen:

- mit der Luft über die Atemwege (Inhalation),
- mit Nahrung und Getränken über Magen und Darm (Ingestion) und
- über die Haut nach Kontamination.

Die Aufnahme über die Haut ist üblicherweise so geringfügig, dass sie außer Betracht bleiben kann. Die Aufnahme mit Wasser oder Nahrung kann erheblich sein, wenn z. B. Milch getrunken wird, die von Kühen stammt, die auf der Weide mit radioaktivem Jod verunreinigtes Gras gefressen haben. Diese Aufnahme ist jedoch beim Strahlenunfall sehr einfach zu verhindern: solche Milch oder auch Gemüse von Flächen, auf denen sich radioaktives Jod niedergeschlagen haben kann, werden dem unmittelbaren Verzehr entzogen.

Die Aufnahme von radioaktivem Jod durch die Atemluft lässt sich durch Verbleiben im Haus nur geringfügig herabsetzen. Durch die Einnahme von Jodtabletten wird die Wirkung des radioaktiven Jods im Körper durch möglichst schnelle Ausscheidung verringert.

2.3 Wie wirken Jodtabletten?

Die Schilddrüse benötigt für ihre normale Funktion geringe Mengen Jod, die in der Regel mit der Nahrung aufgenommen werden. Da Deutschland ein Jodmangelgebiet ist, kann eine ausreichende Zufuhr durch die normale Nahrungsaufnahme nicht erreicht werden. Deshalb wird zur Vorbeugung von Jodmangelkrankheiten generell die Verwendung von jodiertem Speisesalz oder die Einnahme von Tabletten mit niedrigem Jodgehalt (0,1 bis 0,2 mg) empfohlen; Diese Tabletten sind jedoch nicht zur Blockade der Schilddrüse geeignet.

Zur Blockade sind nur die wesentlich höher dosierten Jodtabletten geeignet, da sie die Aufnahme von radioaktivem Jod in die Schilddrüse verhindern. Das überschüssige Jod wird schnell aus dem Körper ausgeschieden.

2.4 Warum die vorbeugende Einnahme von Jodtabletten?

Die Einnahme von Jodtabletten schützt - das muss betont werden - ausschließlich gegen die Aufnahme von radioaktivem Jod in der Schilddrüse, nicht gegen die Wirkung anderer radioaktiver Stoffe. Der Schutz ist dann am wirksamsten, wenn die Jodtabletten kurz vor oder praktisch gleichzeitig mit dem Einatmen von radioaktivem Jod eingenommen werden. Aber auch wenige Stunden nach dem Einatmen von radioaktivem Jod wird noch ein gewisser Schutz erzielt. Später als ein Tag nach der Aufnahme des radioaktiven Jods schützt die Einnahme von Jodtabletten nicht mehr; sie ist dann eher schädlich. Für zu früh eingenommene Jodtabletten gilt das Gleiche.

2.5 Wo und wann sind Jodtabletten bei Bedarf erhältlich?

Die zuständigen Behörden haben Jodtabletten in ausreichender Menge bevorratet und so gelagert, dass sie im Bedarfsfall unverzüglich an die betroffene Bevölkerung

¹⁴) wissenschaftliche Schreibweise: Iod

ausgegeben werden können, sofern sie nicht schon unter bestimmten Voraussetzungen vorher an die Haushalte ausgegeben wurden. „Bedarfsfall“ bedeutet hierbei, dass - je nach Entwicklung eines Unfalles - die Einnahme von Jodtabletten empfehlenswert werden könnte. Die Ausgabe der Jodtabletten ist eine Vorsorgemaßnahme und bedeutet nicht, dass die Tabletten sofort eingenommen werden sollen. Wenn die Einnahme tatsächlich erforderlich sein sollte, so wird die betroffene Bevölkerung durch die Katastrophenschutzbehörde dazu ausdrücklich durch Rundfunk- oder Lautsprecherdurchsage aufgefordert.

Da nur die Behörden aufgrund der Bewertung der Unfalllage die Entscheidung treffen können, ob die Einnahme von Jodtabletten erforderlich ist, sollten die Tabletten nie aus eigener Veranlassung oder Befürchtung eingenommen werden.

2.6 Zusammensetzung der Tabletten zur Jodblockade

Eine Tablette aus der Notfallbevorratung in Deutschland enthält 65 mg Kaliumjodid entsprechend 50 mg Jodid.

Über die Apotheken sind auch Jodtabletten mit 130 mg Kaliumjodid, entsprechend 100 mg Jodid, erhältlich.

2.7 Wirkungen und Anwendungszweck

Die Jodtabletten sättigen in der angegebenen Dosierung und bei Einnahme zum empfohlenen Zeitpunkt die Schilddrüse mit Jod und verhindern damit die Speicherung radioaktiven Jods (sogenannte Jodblockade). Diese Art von Jodtabletten ist nicht zum Ausgleich des in Deutschland herrschenden Jodmangels geeignet.

2.8 Dosierung

Diese Dosierung gilt nur für die 65 mg-Kaliumjodid-tabletten aus der Notfallbevorratung

Personen im Alter von 13 bis 45 Jahren nehmen einmalig zwei Tabletten ein. Kinder von drei bis zwölf Jahren nehmen einmalig eine Tablette ein. Kleinkinder vom ersten bis zum 36. Lebensmonat nehmen einmalig eine halbe Tablette ein. Säuglinge bis zum ersten Lebensmonat nehmen einmalig ein Viertel der Tablette ein.

(Bei Tabletten mit anderen Kaliumjodidgehalten bitte die Dosisangaben in der Gebrauchsinformation beachten.)

Die Jodtabletten sollen möglichst nicht auf nüchternen Magen eingenommen werden. Die Tabletten können geschluckt oder in Flüssigkeit gelöst eingenommen werden. Die Einnahme kann - vor allem für Säuglinge und Kinder - durch Auflösen der Tablette in einem Getränk, z.B. Wasser oder Tee, erleichtert werden. Die Lösung ist jedoch nicht haltbar und sollte sofort getrunken werden.

Jodtabletten sind nur nach Aufforderung durch die zuständige Behörde einzunehmen. Schwangere und Stillende erhalten die gleiche Joddosis wie die Gruppe der 13- bis 45-Jährigen. Erwachsene über 45 Jahren sollen keine Jodtabletten einnehmen, da bei ihnen das Gesundheitsrisiko für schwerwiegende Schilddrüsenerkrankungen (z. B. durch Jod ausgelöste Schilddrüsenüberfunktion) infolge der Tabletteneinnahme höher ist als das Strahlenrisiko durch Einatmen von radioaktivem Jod.

Im Regelfall ist eine einmalige Einnahme der Jodtabletten ausreichend. Im Ausnahmefall kann die zuständige Behörde eine weitere Tabletteneinnahme empfehlen. Die Anzahl der verteilten Tabletten ist hierfür ausreichend. Die Tabletteneinnahme ist jedoch bei Neugeborenen stets auf

einen Tag, bei Schwangeren und Stillenden auf zwei Tage zu beschränken.

2.9 Jodtabletten in der Schwangerschaft

Auch in der Schwangerschaft soll, unabhängig vom Alter der Schwangeren, die empfohlene Jodblockade durchgeführt werden, da durch die Jodeinnahme Mutter und Ungeborenes geschützt werden. Die Schwangere sollte jedoch den Arzt über eine Jodeinnahme informieren, da dieser dann die ohnehin erfolgende Schilddrüsenvorsorgeuntersuchung des Neugeborenen besonders beachten wird.

2.10 Unverträglichkeit und Risiken

Jodtabletten dürfen nicht eingenommen werden bei:

- bekannter Überempfindlichkeit gegenüber Jod (diese ist sehr selten und darf nicht mit der häufigen Allergie gegen Röntgenkontrastmittel verwechselt werden),
- Dermatitis herpetiformis Duhring,
- Hypokomplementämischer Vaskulitis (allergisch bedingter Entzündung der Blutgefäßwände).

Die Einnahme von Jodtabletten kann selten auch zu allergischen Reaktionen wie Hautausschlägen, Gewebswasereinsparungen, Halsschmerzen, Augentränen, Schnupfen, Speicheldrüsenanschwellungen, Fieber u. ä. Symptomen führen.

Personen, die an einer Überfunktion der Schilddrüse leiden oder litten, sollen Jodtabletten unter Beibehalten ihrer Behandlung einnehmen, jedoch nach Beendigung der Notfallsituation ihren Arzt aufsuchen.

Bei Patienten, die an einer Überfunktion oder an einer knotig veränderten Schilddrüse leiden, ist das Risiko einer Verschlechterung des Zustandes bzw. der Auslösung einer Schilddrüsenüberfunktion erhöht. Deshalb ist nach Einnahme ein baldiger Besuch beim Arzt erforderlich.

Personen, bei denen im Zeitraum von einer Woche bis zu drei Monaten nach Einnahme der Tabletten Beschwerden auftreten, die auf eine Schilddrüsenüberfunktion hinweisen, wie Unruhezustände, Herzklopfen, Gewichtsabnahme oder Durchfall, sollten ebenfalls ihren Arzt aufsuchen.

2.11 Personen über 45 Jahre

Die Durchführung der Jodblockade bei Personen, die über 45 Jahre alt sind, wird aus zwei Gründen nicht empfohlen:

1. Deutschland zählt zu den Jodmangelgebieten, wodurch mit steigendem Lebensalter häufiger Stoffwechselstörungen in der Schilddrüse auftreten. Eine solche sogenannte funktionelle Autonomie erhöht das Risiko der Nebenwirkungen einer Jodblockade.
2. Mit steigendem Lebensalter nimmt das Risiko einer bösartigen Schilddrüsenneoplasie, die durch Strahlung verursacht wird, stark ab.

2.12 Begleiterscheinungen

Ein Reizung der Magenschleimhaut kann insbesondere bei Einnahme von Jodtabletten auf nüchternen Magen auftreten. Bei längerer Dauer der Erscheinungen sollte ein Arzt befragt werden.

2.13 Wogegen schützen Jodtabletten nicht?

Jodtabletten schützen nicht gegen Strahlung, die von außerhalb den Körper trifft, oder gegen andere radioaktive Stoffe außer Jod, die in den Körper aufgenommen worden sind.

2.14 Dringende Bitte

Folgen Sie deshalb in Ihrem eigenen Interesse den Anweisungen der Behörde, die die Lage beurteilen kann und geeignete weitere Schutzmaßnahmen anordnet.

2.15 Hinweis

Die Tabletten sind - wie andere Arzneimittel - vor Licht und Feuchtigkeit geschützt und für Kinder unzugänglich aufzubewahren.

Wegen der möglichen Nebenwirkungen sollten Jodtabletten nur von Personen unter 45 Jahren (mit Ausnahme von Schwangeren) und nach ausdrücklicher Aufforderung durch die zuständigen Behörden eingenommen werden.

Redaktioneller Hinweis:

BfS bemüht sich, fehlerfrei konsolidierte Texte zur Verfügung zu stellen, übernimmt jedoch keine Haftung. Bei Rechtsakten sind die in den amtlichen Publikationsorganen des Bundes auf Papier veröffentlichten Fassungen verbindlich.