

Generalisierte Konzepte für Maßnahmen bei nuklearen und radiologischen Notfällen

Zwischenbericht zum Vorhaben
3610S60014

Aufarbeitung des für das Vorhaben
relevanten Standes von Wissen-
schaft und Technik

U. Büttner
M. Sogalla

Juni 2014

Auftrags-Nr.: 854680

Anmerkung:

Das diesem Bericht zu Grunde lie-
gende FE-Vorhaben 3610S60014
wurde im Auftrag des Bundesminis-
teriums für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit durchgeführt.
Die Verantwortung für den Inhalt
dieser Veröffentlichung liegt beim
Auftragnehmer.

Der Bericht gibt die Auffassung und
Meinung des Auftragnehmers wie-
der und muss nicht mit der Meinung
des Auftraggebers übereinstimmen.

Kurzfassung

Im Vorhaben „Generalisierte Konzepte für Maßnahmen bei nuklearen und radiologischen Notfällen“ werden verfügbare Maßnahmenkonzepte aus dem Bereich des Anlagenexternen Notfallschutzes, der ABC-Gefahrenabwehr und der Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr mit dem Ziel der Abdeckung eines möglichst weiten Ereignisspektrums mit überschaubaren Maßnahmenkombinationen, der Lagebewertung anhand möglichst einheitlicher Kriterien und der Optimierung der Abstimmung von Maßnahmen und der Information der Bevölkerung ausgewertet und weiter entwickelt.

Der vorliegende Zwischenbericht fasst den für das Vorhaben relevanten Stand von Wissenschaft und Technik zusammen. Dabei wird insbesondere der Kenntnisstand zum Spektrum der Ereignisse in den o. g. Aufgabenfeldern, zu verfügbaren Maßnahmenkonzepten und zum Entwicklungsstand von Methoden und Unterstützungssystemen zur Ermittlung der radiologischen Lage erfasst.

Die Erkenntnisse zu diesen Gesichtspunkten dienen als Wissensbasis für die im Vorhaben durchzuführenden Analysen des relevanten Ereignisspektrums und die darauf aufbauende Konzeption von Maßnahmen sowie die Betrachtung von Umsetzungsmöglichkeiten in Entscheidungshilfe- und Unterstützungssystemen.

Die Ergebnisse des Berichts verdeutlichen die große Heterogenität des Ereignisspektrums, das sich aus der gemeinsamen Betrachtung aller Bereiche des nuklearen und radiologischen Notfallschutzes ergibt. Die bestehenden Maßnahmenkonzepte erscheinen den jeweiligen Bereichen angepasst, weisen jedoch eine unterschiedlich starke Ausarbeitung und Typisierung auf, die im Bereich „Anlagenexterner Notfallschutz für die Umgebung kerntechnischer Anlagen am stärksten ausgeprägt ist. Eine Übertragbarkeit der Maßnahmenkonzepte aus dem anlagenexternen Notfallschutz für die Bereiche ABC-Gefahrenabwehr und Nuklearspezifische Gefahrenabwehr erscheint nur dann möglich, wenn die für das Maßnahmenkonzept grundlegenden Kriterien mit einbezogen und in ihrer Bedeutung für die anderen Bereiche hinterfragt und ggf. angepasst werden können.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Organisation des Notfallschutzes in Deutschland	3
2.1	Allgemeines	3
2.2	Zuständigkeiten	5
3	Kenntnisstand zum relevanten Ereignisspektrum	9
3.1	Kerntechnische Anlagen	9
3.2	ABC-Gefahrenabwehr	12
3.3	Nuklearspezifische Gefahrenabwehr	12
4	Kenntnisstand zu Maßnahmenkonzepten	15
4.1	Kerntechnische Anlagen	15
4.1.1	Maßnahmen des Katastrophenschutzes	18
4.1.2	Maßnahmen der Strahlenschutzvorsorge im nichtlandwirtschaftlichen Bereich	32
4.1.3	Maßnahmen der Strahlenschutzvorsorge im landwirtschaftlichen Bereich	38
4.1.4	Akzeptanz von Maßnahmen	41
4.2	ABC-Gefahrenabwehr	41
4.2.1	Einsatzplanung	41
4.2.2	Maßnahmen im Einsatz	45
4.3	Nuklearspezifische Gefahrenabwehr	47
5	Entwicklungsstand von Entscheidungshilfe- und Informationssystemen	49
6	Zusammenfassung	53
	Literatur	55

Abbildungsverzeichnis.....	61
Tabellenverzeichnis.....	63
Abkürzungsverzeichnis.....	65

1 **Einleitung**

Die national und international etablierten Sicherheitskonzepte beim Umgang mit radioaktiven Stoffen zielen primär auf eine Verhinderung von unerwünschten Ereignissen mit dem Potenzial erhöhter Strahlenexposition für die Bevölkerung und Umwelt ab. Im Rahmen der Notfallvorsorge sind darüber hinaus Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und zur Begrenzung und Reduzierung der radiologischen Auswirkungen vorzusehen. Diese Vorsorge wird in Deutschland sowohl für die Belange des Katastrophenschutzes zur unmittelbaren Gefahrenabwehr als auch nach Maßgabe des Strahlenschutzvorsorgegesetzes getroffen.

Aufgrund des umfangreichen Inventars an radioaktiven Stoffen sind kerntechnische Anlagen zentrales Objekt des anlagenexternen Notfallschutzes und Gegenstand von aufeinander abgestimmten Maßnahmenkonzepten mit zugehörigen Kriterien. Die Vorsorge zum Schutz der Bevölkerung bei Unfällen beim genehmigten Umgang und Transport radioaktiver Stoffe außerhalb kerntechnischer Einrichtungen wird im Rahmen der allgemeinen ABC-Gefahrenabwehr getroffen. Zur Abwendung und Beseitigung von Gefahren durch die missbräuchliche Nutzung radioaktiver Stoffe hat sich als drittes Feld der Vorsorge die nuklearspezifische Gefahrenabwehr (NGA) entwickelt.

Bei einem radiologisch relevanten Ereignis ist die Entscheidung über operative Maßnahmen sowie die Kommunikation mit der Öffentlichkeit auf eine qualifizierte Fachberatung bezüglich der radiologischen Lage angewiesen. Für den anlagenexternen Notfallschutz bestehen auf nationaler und auf internationaler Ebene z. T. umfangreiche Konzepte und Bewertungsgrundlagen für Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung. Bislang ist für den Bereich möglicher radiologischer Notfälle, die in den Bereich der allgemeinen ABC-Gefahrenabwehr (z. B. Transportunfälle oder Unfälle bei der Handhabung sonstiger radioaktiver Stoffe) oder der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr fallen (z. B. Ereignisse mit terroristischem Hintergrund) kein vergleichbares und mit dem kerntechnischen Bereich abgestimmtes Maßnahmenkonzept verfügbar. Mögliche Synergien bei der Notfallvorsorge werden so nicht genutzt. Im Ereignisfall kann die Entscheidungsfindung aufgrund uneinheitlicher Maßnahmenkonzepte und unübersichtlicher oder mehrdeutiger Bewertungsgrundlagen verzögert werden.

Zur Verbesserung der Nutzbarkeit von Unterstützungs- und Informationssystemen für den Notfallschutz sowie zur Verbesserung der Planung von Presse- und Öffentlichkeitsarbeit soll im Rahmen des Vorhabens ein einheitliches Maßnahmenkonzept entwi-

ckelt werden, das auf das gesamte Spektrum nuklearer und radiologischer Notfälle anwendbar ist. Aus dem Konzept müssen Kriterien und übersichtliche Prozeduren für die Lagebewertung und Entscheidungsfindung über Maßnahmen abgeleitet werden können, die in Unterstützungssystemen zur radiologischen Beratung sowie zur Information der Bevölkerung umgesetzt werden können.

Der vorliegende Zwischenbericht fasst den für das Vorhaben relevanten Stand von Wissenschaft und Technik zusammen. Er dient damit als Wissensbasis für die weiteren Analysen des Vorhabens.

Der Bericht stellt zunächst die wichtigsten Aspekte der Organisation des nuklearen und radiologischen Notfallschutzes in Deutschland dar (Kapitel 2). Der Kenntnisstand zum Spektrum der relevanten Ereignisse in den Aufgabenfeldern „Anlagenexterner Notfallschutz“, „ABC-Abwehr“ und „Nuklearspezifische Gefahrenabwehr“ ist in Kapitel 3 zusammengefasst. Die bestehenden Maßnahmenkonzepte sind für alle drei Aufgabenfelder in Kapitel 4 beschreiben. Kapitel 5 enthält eine Kurzbeschreibung der allgemein verfügbaren Informationen über die gängigsten Informations- und Entscheidungshilfssysteme. In Kapitel 6 werden die Erkenntnisse des Berichts kurz zusammengefasst und erste Schlussfolgerungen gezogen.

Der Unfall im Kernkraftwerk Fukushima Daiichi hat eine Fülle neuer Erkenntnisse und Erfahrungen nach sich gezogen, die insbesondere für den anlagenexternen Notfallschutz relevant sind. Der diesbezügliche Erfahrungsrückfluss wird im Rahmen des Vorhabens ebenfalls analysiert, ist jedoch nicht Gegenstand des vorliegenden Berichts. Zu diesem Thema wird ein separater Bericht vorgelegt.

2 Organisation des Notfallschutzes in Deutschland

2.1 Allgemeines

Der Notfallschutz in Deutschland ist darauf ausgerichtet, bei Stör- und Unfällen Auswirkungen auf die Umgebung zu verhindern oder, wenn das nicht mehr möglich ist, zu verringern. Ein Störfall ist gemäß § 3 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) /STR 11/ ein Ereignisablauf, bei dessen Eintreten der Betrieb der Anlage oder die Tätigkeit aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann und für den die Anlage auszulegen ist oder für den bei der Tätigkeit vorsorglich Schutzvorkehrungen vorzusehen sind. Des Weiteren wird in der StrlSchV der Unfall als Ereignisablauf definiert, der für eine oder mehrere Personen eine effektive Dosis von mehr als 50 mSv zur Folge haben kann. Ferner verweist die StrlSchV zur Begriffsdefinition der radiologischen Notstandssituation auf die Richtlinien 89/618/EURATOM /EUR 89/ und 80/836/EURATOM /EUR 80/. Es handelt sich dabei um Unfälle, die zu signifikanten Freisetzungen radioaktiver Stoffe führen oder führen können oder zu anomalen Radioaktivitätswerten, die für die öffentliche Gesundheit schädlich sein können. Zur Definition der Signifikanz verweist die Richtlinie 89/618/EURATOM auf die Richtlinie 80/836/EURATOM. In dieser wird in Artikel 12 u. a. als Grenzwert der Ganzkörperexposition bzw. effektiven Dosis für die Bevölkerung 5 mSv/a angegeben.

Zum Schutz vor Notfällen und zur Vermeidung oder Verminderungen von Schäden bei eingetretenen Notfällen werden Vorsorgemaßnahmen geplant. Der Oberbegriff (nuklearer) Notfallschutz beschreibt den gesamten Bereich des Schutzes von Mensch und Umwelt. Im kerntechnischen Bereich ist aufgrund unterschiedlicher Zuständigkeiten und Aufgaben von Betreibern und Behörden zwischen dem anlageninternen und anlagenexternen Notfallschutz zu unterscheiden (Abb. 2.1). Der anlageninterne Notfallschutz umfasst dazu technische und organisatorische Maßnahmen oder Einrichtungen um auslegungsüberschreitende Ereignisabläufe zu erkennen, zu beherrschen oder ihre möglichen Auswirkungen wirksam zu begrenzen und fällt in den Verantwortungsbereich des Betreibers der Anlage. Der anlagenexterne Notfallschutz umfasst Maßnahmen außerhalb der Anlage zum Schutz von Mensch und Umwelt. Hier – ebenso wie bei sonstigen radiologischen Ereignissen – wird zwischen Maßnahmen des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge unterschieden. Die Zuständigkeit für die externe Notfallschutzplanung liegt bei Bundes- und Landesbehörden.

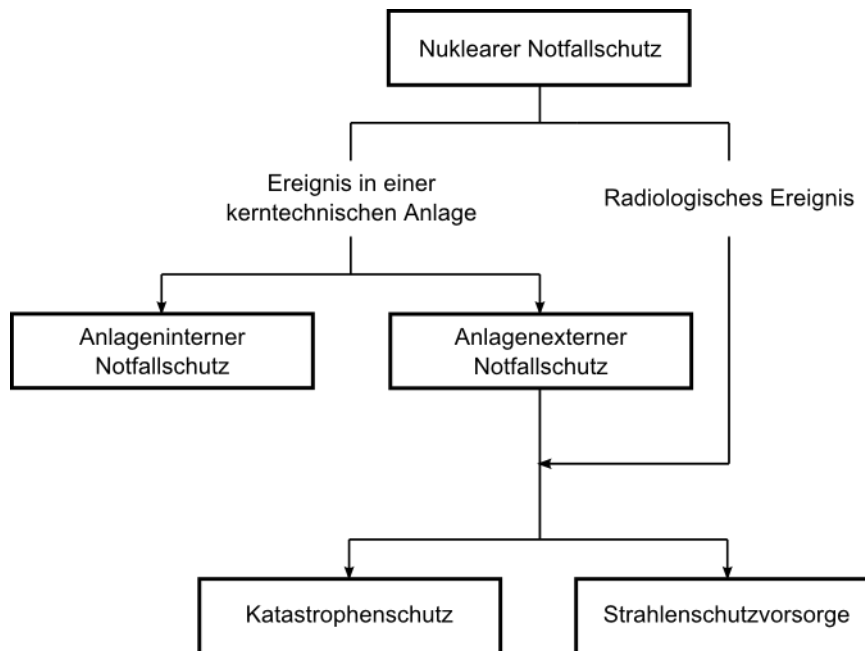


Abb. 2.1 Schema des nuklearen Notfallschutzes in Deutschland

Katastrophenschutz

Mit dem Begriff Katastrophenschutz wird die Vorsorge beschrieben, die für den Fall von unfallbedingten Freisetzungen aus einer Anlage oder Einrichtung in die Umgebung zum Schutz von Leben und Gesundheit der Bevölkerung getroffen wird. Ziel des Katastrophenschutzes ist es, durch geeignete Maßnahmen zum einen Schäden durch deterministische Wirkung aufgrund kurzfristiger hoher Strahlenexpositionen zu vermeiden und zum anderen Schäden durch stochastische Strahlenwirkung zu verringern. Bei deterministischer Wirkung wird durch die ionisierende Strahlung in Geweben und Organen innerhalb kurzer Zeit ein charakteristisches Krankheitsbild erzeugt, wobei der Schweregrad der Schädigung mit der Dosis ansteigt. Bei der stochastischen Strahlenwirkung bestimmt die Strahlendosis die Eintrittswahrscheinlichkeit, jedoch nicht den Schweregrad des Schadens.

Strahlenschutzvorsorge

Die Strahlenschutzvorsorge umfasst alle Maßnahmen, die der Minderung des Individual- und Kollektivrisikos der Bevölkerung auch unterhalb der Eingreifrichtwerte für Katastrophenschutzmaßnahmen dienen. Hierzu gehören Maßnahmen, die sich zeitlich oder räumlich an Katastrophenschutzmaßnahmen in der Umgebung einer Anlage nach ei-

nem Unfall anschließen, aber auch solche, die zur vorsorglichen Reduzierung der Strahlenexposition der Bevölkerung bei Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen ergriffen werden.

2.2 Zuständigkeiten

Aufgrund der föderalen Struktur der Bundesrepublik Deutschland kooperieren bei einem Notfall Behörden und Organisationen der verschiedenen Ebenen, um – bei einem Notfall in Deutschland zusammen mit dem Betreiber – den Schutz der Bevölkerung zu gewährleisten. Die Zusammenarbeit innerhalb Deutschlands ist in Abb. 2.2 dargestellt.

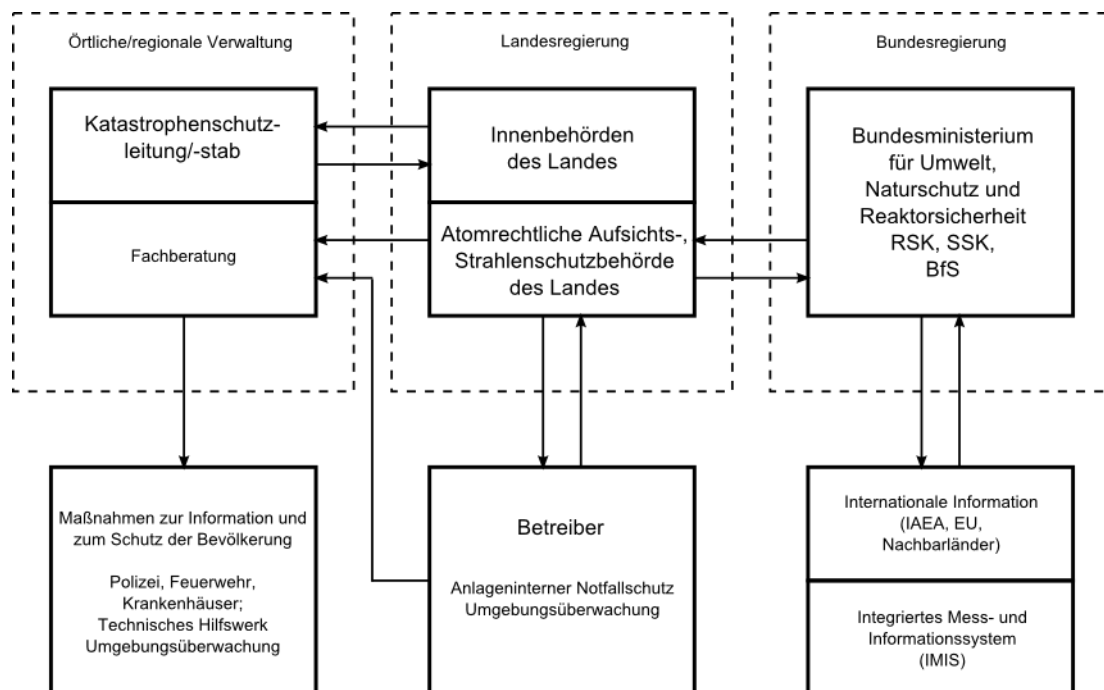


Abb. 2.2 Organisation des Notfallschutzes in Deutschland, nach: /BMU 08/

Bundesebene

Auf Bundesebene ist das BMU auf der Grundlage des Strahlenschutzvorsorgegesetzes (StrVG) /SVG 08/ zuständig für Maßnahmen im Bereich der Strahlenschutzvorsorge. Dabei werden nachgeordnete Stellen des BMU zur Unterstützung sowie weitere Bundesressorts in einzelnen Zuständigkeitsbereichen tätig.

Im Bereich des Katastrophenschutzes hat das BMU keine gesetzlich festgelegte Weisungskompetenz gegenüber den Ländern, da der Katastrophenschutz – sowohl der

konventionelle als auch der radiologische – in der Zuständigkeit der Länder liegt. Hier stellt das BMU im Falle eines Notfalls die ihm verfügbaren Ressourcen den Ländern zur Unterstützung und Beratung zur Verfügung und koordiniert im Bedarfsfall die Maßnahmen der Länder. Bezüglich der Vorbereitung und Planung des Katastrophenschutzes trägt das BMU Sorge für die Harmonisierung, indem es zusammen mit den zuständigen Landesbehörden Empfehlungen für die Planung von Katastrophenschutzmaßnahmen, für Eingreifrichtwerte und die Durchführung von Schutzmaßnahmen erarbeitet.

Zusätzlich zu diesen Aufgaben ist das BMU für die Wahrnehmung der internationalen und bilateralen Informationsverpflichtungen zuständig. Es hält in diesem Rahmen Kontakt mit der Europäischen Union (EU), der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) und mit anderen Staaten. In diesem Zusammenhang wurden u. a. mit vielen Nachbarstaaten Deutschlands bilaterale Vereinbarungen zum Strahlen- und Notfallschutz getroffen.

Landesebene

Gemäß Art. 30 und Art. 70 des Grundgesetzes (GG) der Bundesrepublik Deutschland /GG 09/ sind die Länder für den Katastrophenschutz zuständig. Für die Vorbereitung und Durchführung der Katastrophenschutzmaßnahmen auf der Grundlage der Landeskatastrophenschutzgesetze sind die Katastrophenschutzbehörden der Länder verantwortlich. Entsprechend ihrer Aufgabe können die Länder den Notfallschutz auch für Anlagen mit besonderem Gefahrenpotenzial in Art und Umfang selbst regeln.

Nach Art. 30 GG führen die Länder aufgrund des von der Bundesregierung erlassenen StrVG die in diesen Bereich fallenden Aufgaben in Bundesauftragsverwaltung aus. So sind gemäß StrVG Messungen der Umweltkontamination – z. B. die Ermittlung der Radioaktivität in Lebensmitteln, Futtermitteln, Trink-, Grund- und Oberflächenwasser sowie im Boden und in Pflanzen – ihre Aufgabe.

Weitere Zuständigkeiten nach dem StrVG gehen nur dann an das Land über, wenn es sich um ein lokal auf das Landesgebiet begrenztes Ereignis handelt.

Betreiber

Der Betreiber ist für die Vorbereitung und Durchführung der anlageninternen Maßnahmen zur Vermeidung oder Reduzierung von Auswirkungen eines Ereignisses auf die Umgebung verantwortlich. Hierzu verfügt er über die erforderliche Organisationsstruktur und hält die notwendigen technischen, organisatorischen und personellen Ressourcen vor. Er sorgt für die notwendige Ausbildung des Personals sowie die für die Erlangung und den Erhalt der Kenntnisse und Fähigkeiten notwendigen Übungen. Außerhalb der Anlage ist der Betreiber verpflichtet, bei einem Ereignis mit radioaktiven Freisetzungen den Quellterm zu quantifizieren sowie im Nahbereich um die Anlage und im höchstbetroffenen Sektor Messungen und Probenahmen durchzuführen und die Ergebnisse an die Behörde weiterzuleiten. Bei einem Ereignis alarmiert der Betreiber gemäß Vorgaben der Alarmordnung und der Alarmierungskriterien die zuständigen Behörden und hält enge Verbindung zum Zwecke des Informations- und Datenaustauschs. Im Rahmen der Landesgesetzgebung kann der Betreiber auch verpflichtet werden, bei der externen Notfallschutzplanung mitzuwirken.

3 Kenntnisstand zum relevanten Ereignisspektrum

3.1 Kerntechnische Anlagen

Relevante Ereignisse bei kerntechnischen Anlagen, die ein Eingreifen des anlagenexternen Notfallschutzes notwendig machen können, sind solche mit Freisetzungen¹ radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage. Je nach Schwere der Auswirkungen werden diese Ereignisse unterteilt werden in Störfälle, Unfälle und die radiologische Notstandssituation siehe auch Abschnitt 2.1).

In § 49 StrlSchV werden die Höchstwerte der Strahlenexposition durch eine Freisetzung radioaktiver Stoffe im Störfall für Kernkraftwerke festgelegt. Diese betragen

- 50 mSv (effektive Dosis),
- 150 mSv (Organdosis Schilddrüse und Augenlinse),
- 500 mSv (Organdosis Haut, Hände, Unterarme, Füße und Knöchel),
- 50 mSv (Organdosis Keimdrüsen, Gebärmutter und rotes Knochenmark),
- 300 mSv (Organdosis Knochenoberfläche),
- 150 mSv (Organdosis für weitere, oben nicht aufgeführte Organe und Gewebe).

Gemäß § 50 Abs. 1 StrlSchV sind auch bei anderen als in § 49 StrlSchV genannten Anlagen – z. B. genehmigt nach § 7 Abs. 3 Atomgesetz (AtG) /ATG 11/ – bauliche oder technische Schutzmaßnahmen vorzusehen, wobei Art und Umfang die Genehmigungsbehörde – unter Berücksichtigung des Einzelfalls – festlegt. In diese Überlegungen werden u. a. das potenzielle Schadensausmaß, das Gefährdungspotenzial der Anlage und die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Störfalls einbezogen. Hierbei ist nach § 50 Abs. 4 StrlSchV in Verbindung mit § 117 Abs. 18 StrlSchV die Störfallexposition auf eine in der Umgebung der Anlage oder Einrichtung verursachte effektive Dosis von 50 mSv zu begrenzen.

¹ Der Begriff „Freisetzung“ wird hier im Gegensatz zur Ableitung (vgl. § 3 StrlSchV) als das unbeabsichtigte Entweichen radioaktiver Stoffe aus den dafür vorgesehenen Umschließungen in die Anlage der in die Umgebung verstanden.

Tritt eine radiologische Notstandssituation, ein Unfall oder ein Störfall ein, so sind gemäß § 51 StrlSchV alle notwendigen Maßnahmen zu ergreifen, um Gefahren auf ein Mindestmaß zu begrenzen. Es sind die atomrechtliche Aufsichtsbehörde sowie ggf. die für öffentliche Sicherheit und Ordnung zuständige Behörde und die zuständigen Katastrophenschutzbehörden unverzüglich zu informieren. Eine Information der möglicherweise betroffenen Bevölkerung bei radiologischen Notstandssituationen erfolgt unverzüglich durch die Behörden selbst, von diesen werden auch Verhaltensmaßnahmen ausgegeben.

Neben der Vorbereitung der Schadensbekämpfung bei sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignissen werden in § 52 StrlSchV zusätzliche Vorgaben zur Brandbekämpfung getroffen. Dazu sind die erforderlichen Maßnahmen mit den nach Landesrecht zuständigen Behörden zu planen. Insbesondere sind besondere Gefahrenbereiche, unterteilt in die folgenden Gefahrengruppen, für die Feuerwehr deutlich zu kennzeichnen:

- Gefahrengruppe I:
Feuerwehr kann ohne besonderen Schutz vor radioaktiven Stoffen tätig werden.
- Gefahrengruppe II:
Feuerwehr kann nur unter Verwendung einer Sonderausrüstung tätig werden.
- Gefahrengruppe III:
Feuerwehr kann nur unter Verwendung einer Sonderausrüstung und unter Hinzuziehung eines Sachverständigen, der die während des Einsatzes entstehende Strahlengefährdung und die anzuwendenden Schutzmaßnahmen beurteilen kann, tätig werden.

für die Feuerwehr deutlich zu kennzeichnen.

Sofern die Einteilung in die Gefahrengruppe III aufgrund von Tätigkeiten nach den §§ 6, 7 und 9 AtG erfolgt, ist gemäß Feuerwehrdienstvorschrift FwDV 500 /FWDV 12/ als Sachverständiger – wie in § 52 StrlSchV gefordert – grundsätzlich nur der zuständige Strahlenschutzbeauftragte oder der fachkundige Strahlenschutzverantwortliche zulässig. In anderen Fällen können auch andere fachkundige Personen, z. B. ermächtigte Ärzte nach § 64 StrlSchV, fachkundige Vertreter zuständiger Behörden oder sonstige fachkundige Personen für den Strahlenschutz, als Berater hinzugezogen werden.

Bezüglich des Verlaufes eines Unfalls mit Freisetzungen können grundsätzlich drei Phasen unterschieden werden:

- Vorfreisetzungsphase,
- Freisetzungsphase,
- Nachfreisetzungsphase.

Diese Phasen sind im Verlauf des Unfalls nicht notwendigerweise klar getrennt. Entsprechend der Zuordnung des Unfallverlaufes zu den Phasen können unterschiedliche Maßnahmen (vor-)geplant und später durchgeführt werden. Ebenso kann in den Planungen festgehalten werden, dass einzelne Maßnahmen bei bestimmten Phasen des Unfallverlaufes nicht oder nicht unbedingt durchgeführt werden.

Zu möglichen Emissionen radioaktiver Stoffe, zur Menge der Aktivität und zur Zusammensetzung des Nuklidvektors während eines Unfalls sind in der Vergangenheit mehrere umfangreiche Betrachtungen durchgeführt worden. Für Druckwasserreaktoren (DWR) wurde die Deutsche Risikostudie Phase A /DRSA 80/ und Phase B /DRSB 90/ durchgeführt. Referenzanlage war jeweils Biblis B. Ausgehend von unterschiedlichen betrachteten Anlagenschäden und deren zeitlichen Verläufen wurden Freisetzungskategorien erstellt, die mit unterschiedlichen Anteilen der freigesetzten Radionuklide belegt sind. Im Jahr 2001 wurde eine weitere Studie mit den Methoden einer probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) der Stufe 2 für die Referenzanlage Neckarwestheim II (ebenfalls ein DWR) erstellt /GRS 01/. Auch hier wurden mögliche Freisetzungen in Freisetzungskategorien eingeteilt. Für Siedewasserreaktoren (SWR) wurde von der GRS ebenfalls eine Studie erstellt, wobei hier kein existierendes Referenzkraftwerk sondern eine generische Anlage mit einer Leistung von 1300 MW_e betrachtet wurde. Die daraus resultierenden Freisetzungskategorien können – wie auch alle oben genannten – /SSK 04a/ entnommen werden.

Die „Radiologischen Grundlagen“ /SSK 14/ fassen die Expositionspfade zusammen, die nach Freisetzung radioaktiver Stoffe zu einer Exposition des Menschen führen können:

- Wolkenstrahlung,
- Bodenstrahlung,
- Kontaminationen von Haut, Kleidung oder Gegenständen,
- Inhalation radioaktiver Stoffe,

- Ingestion radioaktiver Stoffe.

Die ersten drei Spiegelstriche sind Pfade der äußeren Exposition, die beiden letzten der inneren. Zwei weitere Expositionspfade werden genannt: Direktstrahlung aus der Anlage sowie Inhalation aufgewirbelter, zuvor abgelagerter, radioaktiver Stoffe (Resuspension). Ersterer Expositionspfad käme nur im unmittelbaren Umfeld der kerntechnischen Anlage zum Tragen. Somit ist der Beitrag insgesamt – verglichen mit den o. g. Expositionspfaden – gering. Bezüglich der Resuspension wird in /SSK 14/ ausgeführt, dass auch deren Beitrag klein im Vergleich zum Beitrag der Bodenkontamination ist, sofern nicht überwiegend Alphastrahler freigesetzt werden. Diese Aussage wird eingeschränkt auf gemäßigte Zonen (wie Mitteleuropa).

3.2 ABC-Gefahrenabwehr

Die ABC-Gefahrenabwehr beinhaltet die Bekämpfung von atomaren, biologischen und chemischen Gefahren, die Mensch und Umwelt schaden können. Da der „atomare Bereich“ häufig differenzierter betrachtet werden muss, hat sich neben der Abkürzung ABC (für atomar, biologisch, chemisch) auch die Abkürzung CBRN (für chemisch, biologisch, radiologisch, nuklear) etabliert. Für diesen Bericht werden Maßnahmen zur atomaren bzw. radiologischen Gefahrenabwehr erörtert.

Dem Bereich der allgemeinen ABC-Gefahrenabwehr können Ereignisse zugeordnet werden, die weder Unfällen kerntechnischer Einrichtungen noch der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr zuzuordnen sind. Somit fallen z. B. Unfälle beim Transport radioaktiver Stoffe oder allgemeine Handhabungsunfälle darunter.

3.3 Nuklearspezifische Gefahrenabwehr

In Abgrenzung zur allgemeinen ABC-Gefahrenabwehr befasst sich die NGA mit der Abwendung oder Beseitigung von Gefahren, die durch die missbräuchliche Nutzung radioaktiver Stoffe entstehen.

Das „TMT Handbook“ /TMT 09/ gibt über Ereignisse einen Überblick. Mögliche Szenarien sind z. B.

- Exposition durch radioaktive Quellen (Radiological Exposure Device, RED),

- Unkonventionelle Spreng- und/oder Brandvorrichtungen (USBV-R), schmutzige Bomben (Radiological Dispersal Device, RDD),
- Einwirkung auf einen Transport radioaktiver Stoffe,
- Kontamination von Nahrungsmitteln oder Trinkwasser,
- Einwirkung auf kerntechnische Einrichtungen, Laboratorien o. ä.,
- improvisierte nukleare Sprengvorrichtung, Improvised Nuclear Device (IND).

Diese Aufzählung ist nicht abschließend und stellt auch keine Wertung oder Wahrscheinlichkeit der Szenarien dar.

4 Kennnisstand zu Maßnahmenkonzepten

4.1 Kerntechnische Anlagen

Gemäß § 53 StrlSchV sind zur Eindämmung von durch Stör- und Unfälle auf dem Betriebsgelände entstandenen Gefahren geschultes Personal und Hilfsmittel bereitzuhalten. Den für die öffentliche Sicherheit und Ordnung und den für den Katastrophenschutz zuständigen Behörden und Organisationen sind notwendige Informationen und erforderliche Beratungen zu geben. Dies bezieht sich auf die Beseitigung und auf die Planung der Beseitigung einer radiologischen Notstandssituation, eines Unfalls oder eines Störfalls sowie für die Aus- und Fortbildung von Einsatzkräften. Diese Vorschriften des § 53 Abs. 1 und 2 StrlSchV gelten nicht, wenn die Aktivitäten der radioaktiven Stoffe, mit denen umgegangen wird, die Freigrenzen der Anlage III Tabelle 1 Spalte 2 der StrlSchV um nicht mehr als das 10^7 fache bei offenen radioaktiven Stoffen und das 10^{10} fache bei umschlossenen radioaktiven Stoffen überschreiten.

Personen, die bei einer radiologischen Notstandssituation bei Rettungsmaßnahmen eingesetzt werden können, sind nach § 53 StrlSchV durch die zuständigen Behörden, Feuerwehren und Hilfsorganisationen über gesundheitliche Risiken und Vorsichtsmaßnahmen zu unterrichten. Sofern die zuständigen Katastrophenschutzbehörden besondere Schutzpläne für eine radiologische Notstandssituation erstellt haben, ist die möglicherweise betroffene Bevölkerung regelmäßig über Sicherheitsmaßnahmen und geeignete Verhaltensweisen bei solchen Ereignissen zu informieren.

Verfügbare Konzepte für Gegenmaßnahmen beziehen sich hauptsächlich auf Freisetzungen radioaktiver Stoffe und sind schwerpunktmäßig für Unfälle im kerntechnischen Bereich erstellt worden. Diese sind auf nationaler Ebene insbesondere in den „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“ (Rahmenempfehlungen) /SSK 09/, den „Radiologischen Grundlagen für die Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden“ (Radiologische Grundlagen) /SSK 14/ und in der „Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen“ (Maßnahmenkatalog) /SSK 10/ dokumentiert. Ein Leitfaden zur radiologischen Lagebewertung bei kerntechnischen Unfällen wird in /SSK 04a/ gegeben, die Grundlagen hierzu sind im zugehörigen Erläuterungsbericht /SSK 04b/ dokumentiert.

Die Rahmenempfehlungen bilden die Grundlage für eine möglichst einheitliche Erstellung der besonderen Katastrophenschutzpläne für die Umgebung kerntechnischer Anlagen im gesamten Bundesgebiet durch die Länderbehörden. Sie behandeln insbesondere im Detail:

- die Verpflichtungen des Betreibers einer kerntechnischen Anlage zum Zusammenwirken mit der Katastrophenschutzbehörde,
- die Grundsätze für die Aufstellung von besonderen Katastrophenschutzplänen für die Umgebung kerntechnischer Anlagen, d. h. für den Inhalt der Pläne,
- Erläuterungen und Hinweise zu den vorgesehenen Alarmmaßnahmen.

In Anhängen wird detailliert u. a. auf die Eingreifrichtwerte für die Einleitung von Maßnahmen, die Jodblockade und den Aufbau und Betrieb von Notfallstationen eingegangen. Ergänzend sind Begriffserläuterungen und Muster für Textbausteine für die Information der Bevölkerung zusammengestellt.

Die Radiologischen Grundlagen enthalten die bei der Erarbeitung der Rahmenempfehlungen und der Festlegung der Eingreifrichtwerte benutzten Grundlagen sowie Hintergrundinformationen, die für die Erstellung der besonderen Katastrophenschutzpläne, aber auch bei der Entscheidung über Katastrophenschutzmaßnahmen verfügbar sein und genutzt werden sollten.

Für die vorgesehenen Schutzmaßnahmen der Bevölkerung sind in /SSK 14/ Eingreifrichtwerte vorgesehen (Tab. 4.1). Diese unterscheiden sich bewusst von den Dosisgrenzwerten, welche in der Strahlenschutzverordnung festgelegt sind. Die StrlSchV definiert Grenzwerte insbesondere für Tätigkeiten, die plan- und steuerbar sind. Demgegenüber ist ein kerntechnischer Unfall – für diesen ist u. a. /SSK 14/ erstellt worden – ein ungeplantes und zeitlich singuläres Ereignis.

Tab. 4.1 Eingreifrichtwerte für Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung, nach /SSK 14/

Maßnahme	Eingreifrichtwerte		
	Organdosis (Schilddrüse)	Effektive Dosis	Integrationszeiten und Expositionspfade
Aufenthalt in Gebäuden		10 mSv	äußere Exposition in 7 Tagen und effektive Folgedosis durch in diesem Zeitraum inhalierte Radionuklide
Einnahme von Jodtabletten	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 7 Tagen inhaliertes Radiojod
Evakuierung		100 mSv	äußere Exposition in 7 Tagen und effektive Folgedosis durch in diesem Zeitraum inhalierte Radionuklide

Im Maßnahmenkatalog sind die in bzw. nach einem Notfall ggf. zu ergreifenden Schutzmaßnahmen zusammengestellt. Diese sind in drei Schwerpunkte gegliedert:

- Katastrophenschutzmaßnahmen
Diese sind in den Katalog aufgenommen worden, um die Gesamtheit der Schutzmaßnahmen darzustellen und sie gegen die weiteren Maßnahmen abzugrenzen
- Maßnahmen der Strahlenschutzvorsorge für den nichtlandwirtschaftlichen Bereich und
- Maßnahmen der Strahlenschutzvorsorge im landwirtschaftlichen Bereich.

Der Maßnahmenkatalog enthält darüber hinaus auch Empfehlungen und Hinweise zu Maßnahmen zur Reduktion der Exposition, die vorsorglich in betroffenen Haushalten angewendet werden sollen. Diese können auch dann gegeben werden, wenn noch keine Richtwerte für andere Maßnahmen des Maßnahmenkatalogs erreicht wurden. Da der Maßnahmenkatalog in der Papierversion sehr umfangreich ist, wurde 2010 in ei-

nem Vorhaben eine PC-Version erstellt /GRS 10/. Der elektronische Maßnahmenkatalog (MKat-EI) ist insbesondere für Schulungs-, Übungs- und Testzwecke geeignet. Im Ereignisfall kann die elektronische Fassung des Maßnahmenkatalogs zur schnellen Dosisabschätzung insbesondere anhand abgeleiteter Richtwerte herangezogen werden, falls entsprechende Ergebnisse von RODOS (Realtime Online Decision Support System) und PARK (Programm für die Abschätzung radiologischer Konsequenzen) nicht zur Verfügung stehen.

Der Katalog „Hilfsmöglichkeiten bei kerntechnischen Unfällen“ /BMU 10/ bietet ergänzend zu bestehenden Maßnahmenkonzepten Übersichten zu sachverständigen Beratern und Organisationen mit Messequipment. Ebenfalls enthalten sind Listen der kerntechnischen Anlagen in Deutschland sowie ein Verzeichnis regionaler Strahlenschutzzentren. Er wird in regelmäßigen Abständen aktualisiert und ist auch online (passwortgeschützt) verfügbar.

4.1.1 Maßnahmen des Katastrophenschutzes

Zu Planungszwecken für Maßnahmen und zur schnellen Orientierung im Katastrophenfall empfiehlt /SSK 09/ die Einrichtung sogenannter Planungszonen. Diese werden mit verschiedenen Radien kreisförmig um die kerntechnische Anlage gelegt. Unlängst wurden durch die SSK erweiterte Planungsradien für Kernkraftwerke im Leistungsbetrieb empfohlen /SSK14a/. Die bisherigen und neuen Empfehlungen sind in nachfolgender Tabelle gegenübergestellt.

Tab. 4.2 Planungszonen

Zone	Ausdehnung nach bisheriger Planung /SSK 09/	Ausdehnung nach neuer Empfehlung /SSK14a/.
Zentralzone Z	ca. 2 km	ca. 5 km
Mittelzone M	ca. 10 km	ca. 20 km
Außenzone A	ca. 25 km	ca. 100 km
Fernzone F	ca. 100 km	Vorplanung der Versorgung von Kindern und Jugendlichen unter 18 Jahren sowie Schwangeren mit Iodtabletten zur Herstellung einer Iodblockade in der gesamten Bundesrepublik Deutschland

Das Konzept der Planungszonen wird den realen Gegebenheiten vor Ort angepasst (z. B. sollte eine Stadt nicht in zwei verschiedenen Planungszonen liegen und damit evtl. zwei verschiedenen Maßnahmen unterliegen). Zudem werden bis auf die Zentralzone alle Planungszonen in zwölf Sektoren unterteilt. Die Planung von Maßnahmen bzw. deren Durchführung erfolgt dann jeweils für die Sektoren einer Zone.

Der Katastrophenschutz umfasst als wichtigste Maßnahmen

- Aufenthalt in Gebäuden,
- Einnahme von Jodtabletten,
- Evakuierung.

Daneben gibt es weitere Maßnahmen, wie z. B. solche zur Verringerung der Inhalation von Radionukliden, Zugangsbeschränkungen und Sperrungen oder verkehrsleitende Maßnahmen. Nachfolgend werden beispielhaft Maßnahmen näher beschrieben.

Aufenthalt in Gebäuden

Diese Maßnahme stellt einen vergleichsweise geringen Eingriff in die Lebensgewohnheiten der Bevölkerung dar. Beim Aufenthalt in Gebäuden soll die abschirmende Wirkung gegenüber externer Exposition sowie die Verhinderung oder Minderung der Inhalation radioaktiver Stoffe genutzt werden. Der Eingreifrichtwert für diese Maßnahme beträgt 10 mSv effektive Dosis, integriert über sieben Tage. Relevante Expositionspfade zur Berechnung sind äußere Bestrahlung und Inhalation.

Die Maßnahme soll nicht länger als zwei Tage dauern. Es wird davon ausgegangen, dass nach dieser Zeit die Aufrechterhaltung der Maßnahme nicht mehr möglich ist und die Bevölkerung nicht mehr ständig in Gebäuden verbleibt. Es ist mit Selbstevakuierungen der betroffenen Personen zu rechnen.

Die Durchführbarkeit der Maßnahme ist vergleichsweise einfach, wobei eine rechtzeitige Information der Bevölkerung einzuplanen ist. Der Aufenthalt in Gebäuden kann auch als vorbereitende Maßnahme z. B. für eine spätere Evakuierung genutzt werden. Denkbar ist die Maßnahme auch als Alternative zu anderen Maßnahmen, wenn bei-

spielsweise für die Durchführung einer Evakuierung nicht genügend Zeit mehr vorhanden ist.

Die Wirksamkeit der Maßnahme ist abhängig vom jeweiligen Aufenthaltsort der Person. In Tab. 4.3 sind Beispiele für Schutzfaktoren bei externer Exposition durch die Gamma-Wolken- und Gamma-Bodenstrahlung. Der Schutzfaktor ist das Verhältnis der Dosis bei ungeschütztem Aufenthalt zur Dosis bei geschütztem Aufenthalt.

Tab. 4.3 Schutzfaktoren bei Aufenthalt in Gebäuden, nach /SSK 10/

Aufenthalt/Gebäude		Schutzfaktor	
		Gamma-Submersion	Gamma-Bodenstrahlung
Im Freien	Unbebaute Umgebung, Vorstadt	1	1
	Städtische Umgebung	2	3
In Häusern	Einfamilienhaus	3	10
	Große Wohngebäude	20	100
Im Keller	Einfamilienhaus mit oberirdischen (Keller-)Fenstern	20	100
	Einfamilienhaus ohne oberirdische (Keller-)Fenster	100	1000
	Große Wohngebäude	1000	2000

Der Schutzgrad bei Inhalation radioaktiver Stoffe ist abhängig davon, wie abgedichtet der Aufenthaltsort gegenüber dem Freien ist. Die Dichtheit beispielsweise von Fenstern und Türen in Gebäuden kann erhöht werden, indem durch Verschließen kleiner Öffnungen mit Handtüchern, Laken o. ä. der Luftaustausch durch diese Spalte reduziert wird. Zu beachten ist, dass nach Durchzug der Wolke der Raum gelüftet werden soll, um die Aktivitätskonzentration der Raumluft zu verringern.

Einnahme von Jodtabletten

Durch die Einnahme von Jodtabletten soll die Schilddrüse gegen die Aufnahme radioaktiver Jodisotope über Inhalation oder Ingestion geschützt werden. Diese Maßnahme stellt einen vergleichsweise geringen Eingriff in die Lebensgewohnheiten der Bevölke-

rung dar. Der Eingreifrichtwert für diese Maßnahme beträgt 50 mSv Organdosis in der Schilddrüse bei Kindern und Jugendlichen sowie Schwangeren und 250 mSv Organdosis bei Erwachsenen von 18 bis 45 Jahre; integriert über sieben Tage. Relevanter Expositionspfad ist die Inhalation von Radiojod. Erwachsenen über 45 Jahren wird von einer Einnahme von Jodtabletten abgeraten, da das Risiko von Nebenwirkungen im Vergleich zum Nutzen größer ist.

Die Durchführung der Maßnahme ist vergleichsweise einfach, erfordert jedoch organisatorischen Aufwand. Dieser besteht in der Verteilung der notwendigen (hochdosierten) Jodtabletten². Dabei werden – je nach Entfernung zur kerntechnischen Anlage und abhängig vom Bundesland – verschiedene Möglichkeiten genutzt. In Frage kommen die Vorverteilung der Jodtabletten an die Haushalte (insbesondere in der Zentralzone und teilweise Mittelzone) oder Vorratshaltung an mehreren Stellen in der jeweiligen Gemeinde (Mittelzone). Im Bereich der Außenzone werden Jodtabletten eher an zentralen Orten in der Gemeinde oder sonstigen geeigneten Einrichtungen gelagert. In den Fernzonen ist eine Versorgung aus (zur Zeit acht) zentralen Bundeslagern geplant (Abb. 4.1). Die Jodpräparate werden von den Zentrallagern in die betroffenen Gebiete transportiert und dort von zentralen Stellen aus an die Bevölkerung verteilt.

² In Deutschland werden Kaliumjodidtabletten verwendet. Eine Tablette enthält 65 mg Kaliumjodid, das entspricht 50 mg Jodid.

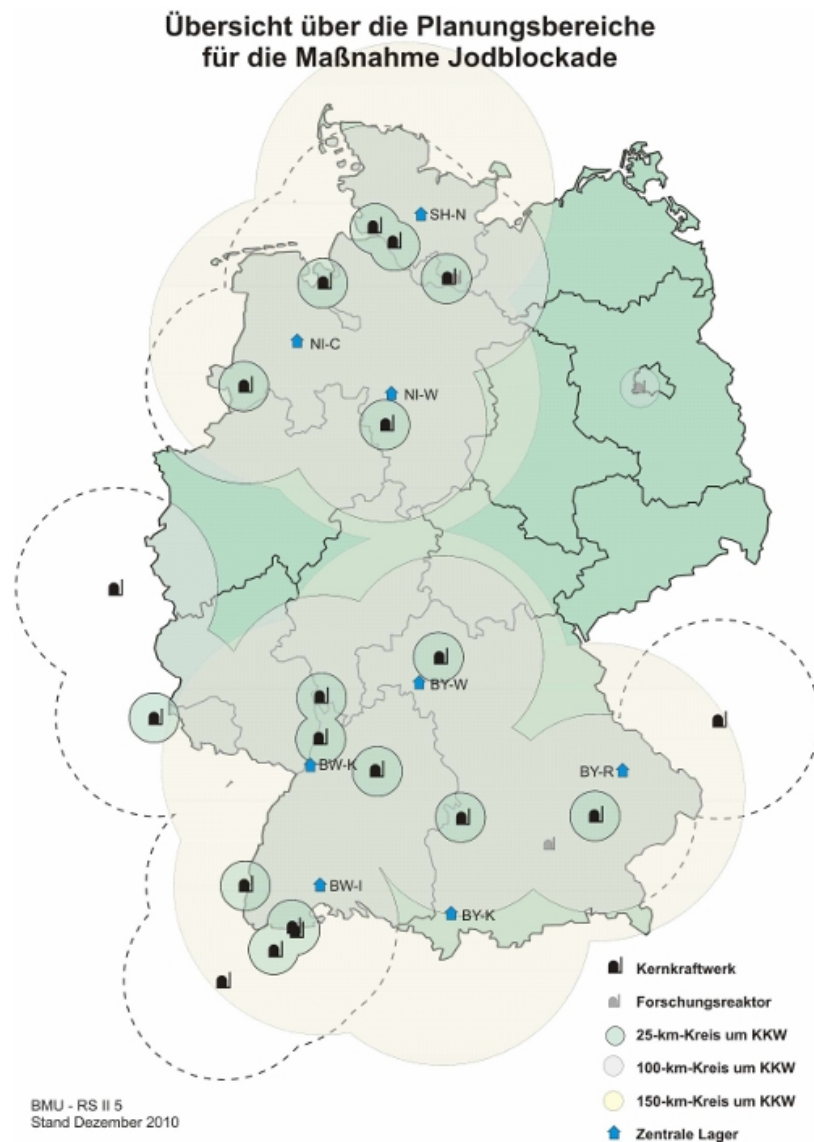


Abb. 4.1 Planungsbereiche zur Verteilung von Jodtabletten, Quelle: /BFS 11/

Die Wirksamkeit der Kaliumjodidtabletten hängt u. a. entscheidend vom Zeitpunkt der Einnahme ab. Dieser sollte kurz (ca. ein bis zwei Stunden) vor der Freisetzung bzw. dem Durchzug der Wolke liegen. Die empfohlene Dosierung der Tabletten ist altersabhängig und wird in Tab. 4.4 wiedergegeben.

Tab. 4.4 Dosierungsschema für Kaliumjodidtabletten, nach /SSK 09/

Personengruppe		Tagesgabe Jodid (mg)	Tagesgabe Kaliumjodid (mg)	Anzahl Tabletten à 65 mg Kaliumjodid
< 1	Monat	12,5	16,25	¼
1 – 36	Monate	25	32,5	½
3 – 12	Jahre	50	65	1
13 – 45	Jahre	100	130	2
> 45	Jahre	0	0	0

Im Regelfall reicht die einmalige Einnahme. Nur bei länger andauernden Freisetzen von Radiojod kann nach einigen Stunden ggf. auch eine nachträgliche bzw. nochmalige Einnahme von Kaliumjodid sinnvoll sein.

Evakuierung

Die Evakuierung gehört zu den einschneidenden Maßnahmen, da sie einen erheblichen Eingriff in die Lebensgewohnheiten der Bevölkerung darstellt. Der Eingreifrichtwert für diese Maßnahme beträgt daher 100 mSv effektive Dosis, integriert über sieben Tage. Relevante Expositionspfade zur Berechnung sind – wie beim Aufenthalt in Gebäuden – äußere Bestrahlung und Inhalation. Im Gegensatz zur Umsiedlung ist die Evakuierung auf eine sehr schnelle Räumung von Gebieten für einen kurzen Zeitraum angelegt. Dies schließt nicht aus, dass im Anschluss eine temporäre oder langfristige Umsiedlung für das betroffene Gebiet ausgesprochen wird.

Durch eine Evakuierung in der Vorfreisetzungsphase soll eine Exposition durch radioaktive Stoffe vermieden oder minimiert werden. Die betroffenen Personen werden in ungefährdete und zumindest in weniger gefährdete Gebiet gebracht. Durch eine Evakuierung in der Nachfreisetzungsphase wird ebenfalls eine Minimierung der Exposition erreicht. Problematisch kann eine Evakuierung während der Freisetzungsphase sein oder wenn während einer laufenden Evakuierung die Freisetzung beginnt. Durch Verzögerungen im Ablauf oder langem Aufenthalt im Freien sind dann auch erhöhte Expositionen möglich. Hier ist abzuwägen, ob für den Zeitraum der Freisetzungsphase andere Maßnahmen, z. B. die kurzfristige Anordnung der Maßnahme Aufenthalt in

Gebäuden, nicht zielführender sind. Für den Fall, dass eine laufende Evakuierung vom Durchzug der radioaktiven Wolke eingeholt wird, empfiehlt /SSK 10/ die Fortsetzung der Maßnahme.

Die Evakuierung erfordert erheblichen organisatorischen Aufwand sowohl im Vorfeld bei der Planung als auch bei der konkreten Durchführung. Zudem gibt es viele Unwägbarkeiten, welche nicht alle im Vorhinein bekannt sind. Dazu zählen u. a. das Verhalten der Bevölkerung im Ereignisfall, Wetter und Wetteränderungen sowie damit verbunden Änderungen der Windrichtung, kurzfristige Straßensperrungen oder fehlende (geplante) Transportmittel. Die Dauer der Evakuierung hängt auch von der Bevölkerungsdichte ab, bei einer niedrigen Bevölkerungsdichte von etwa 200 Einwohnern pro Quadratkilometer wird eine Zeit von ungefähr zwei bis drei Stunden angenommen /SSK 10/.

Maßnahmen zur Reduktion der Inhalation radioaktiver Stoffe

Diese Maßnahmen zielen darauf ab, die Inhalation radioaktiver Stoffe zu unterbinden oder zumindest zu reduzieren. Sie können daher auch als Ergänzung zu anderen Maßnahmen (z. B. Aufenthalt in Gebäuden) dienen.

Bei Aufenthalt in Gebäuden sollte vor Durchzug der Wolke der Luftaustausch zwischen Raumluft und Außenluft minimiert werden. Dazu können Lüftungs- und Klimaanlage mit Verbindung nach Außen abgeschaltet werden. Neben dem Schließen von Fenstern und Türen können kleinere Öffnungen zusätzlich abgedichtet werden.

Zugangsbeschränkungen und Sperrungen

Aufgrund der Kontamination um den Ereignisort sind Maßnahmen zur Zugangskontrolle und zum Strahlenschutz der Einsatzkräfte zu ergreifen. Verbreitet zur Unterscheidung der unterschiedlichen Dosisleistungen im Umfeld und der damit verbundenen maximalen Arbeitszeit in dieser Umgebung ist das Zonenmodell.

Die Feuerwehrdienstvorschrift FwDV 500 /FWDV 12/ empfiehlt bei Einsätzen einen Gefahrenbereich und einen Absperrbereich einzurichten. Der Gefahrenbereich, dessen kürzester Abstand zur Gefahrenquelle ca. 50 m betragen soll, ist nur durch Einsatzkräfte mit persönlicher Schutzausrüstung zu betreten. Weiterhin darf die Gamma-Dosisleistung außerhalb des Gefahrenbereichs 25 $\mu\text{Sv/h}$ nicht überschreiten. Kontami-

nierte Gebiete sowie Gebiete mit Verdacht auf Kontaminationen sind in den Gefahrenbereich einzuschließen. Die Festlegung, Markierung und Sicherung wird durch die Feuerwehr übernommen. Zusätzlich wird ein Absperrbereich eingerichtet mit mindestens 100 m Abstand zur Gefahrenquelle. Er soll nur von erforderlichen Einsatz- und Unterstützungskräften betreten werden und dient als Aufstell-, Bewegungs- und Bereitstellungsfläche der Einsatzkräfte. Die Markierung und Sicherung soll im Regelfall von der Polizei übernommen werden. Bei der Einrichtung der Bereiche sind meteorologische und topographische Gegebenheiten zu berücksichtigen.

Anzumerken ist, dass sich obige Angaben aus /FWDV 12/ – insbesondere Entfernungsangaben für den Gefahren- und den Absperrbereich – auf Ereignisse mit vergleichsweise geringen und lokalen begrenzten radiologischen Auswirkungen (z. B. Transportunfälle) beziehen. Bei einem kerntechnischen Unfall mit Freisetzungen radioaktiver Stoffe ist mit weitaus größeren kontaminierten Gebieten zu rechnen. Entsprechend sind die Größen der Planungszonen angenommen. Dementsprechend können Zugangsbeschränkungen bzw. Absperrungen großen materiellen und personellen Aufwand benötigen.

Mit Hilfe dieser Maßnahmen lassen sich Gebiete oder zumindest Teile von Gebieten (z. B. der Nahbereich der kerntechnischen Anlage) sperren. Falls nur Zugangsbeschränkungen ausgesprochen werden, können beispielsweise auch durch verkehrslenkende Maßnahmen wichtige Hilfstransporte und -fahrzeuge bevorzugt in das betroffene Gebiet hineingelassen und Evakuierungstransporte herausgelassen werden. Schaulustige oder andere Personen ohne besondere Aufgaben/Aufträge können zurückgehalten werden.

Medizinische Maßnahmen bei Inkorporation

Neben der Behandlung von „normalen“ Verletzungen müssen in den medizinischen Einrichtungen auch Maßnahmen zur Verringerung oder Vermeidung radiologischer Schäden ergriffen werden. Zur schnelleren Behandlung und zur Vereinfachung der Entscheidungsprozesse stehen auch hier Kategorisierungsschemata zur Verfügung (siehe z. B. /TMT 09/), auf welche an dieser Stelle aber nicht näher eingegangen werden soll.

Die medizinischen Einrichtungen müssen soweit ausgerüstet sein, dass sie auch kontaminierte Patienten aufnehmen und selbst dekontaminieren können. Neben der Be-

handlung externer Kontaminationen müssen ggf. auch innere Kontaminationen, beispielsweise entstanden durch Inhalation, Ingestion oder Eintrag von Radionukliden über Wunden, behandelt werden.

Allgemein empfiehlt /BFS 09/ zuerst das Entfernen radioaktiven Materials auf der Körperoberfläche, um eine nachfolgende innere Kontamination zu verhindern. Neben dem Entkleiden (Reduzierung der externen Kontamination um etwa 90 %) und dem Waschen mit milder Seife (Reduzierung der externen Kontamination um etwa 95 %) wird die Wundreinigung als Maßnahme beschrieben. Diese kann durch Spülung erfolgen, größere Partikel können z. B. mit Pinzetten entfernt werden. Sofern nach diesen beiden Maßnahmen die Kontamination noch immer sehr hoch ist, kommt eine Exzision der Wunde in Frage. Weiterhin sind bei Kontamination der Körperöffnungen (Mund, Nase, Ohren, Augen) diese zu spülen.

Falls radioaktive Stoffe in den Magen gekommen sind, können diese ggf. innerhalb ein bis zwei Stunden nach Ingestion mit einer Magenspülung oder durch Gabe von Emetika (Brechmittel) entfernt werden. Zur Verminderung der Aufnahme über den Magen-Darm-Trakt können Antazida (zur Neutralisierung der Magensäure) gegeben werden. Zur Verkürzung der Verweildauer im Magen-Darm-Trakt können auch Laxanzien (Abführmittel) gegeben werden, alternativ kann eine Darmspülung oder eine Spülung des gesamten Gastrointestinaltraktes durchgeführt werden.

Sofern unlösliche radioaktive Partikel in die Lunge gelangt sind, kann eine Lungenspülung durchgeführt werden. Es ist jedoch aufgrund der Risiken dieser Behandlung eine Abwägung mit eventuellen Strahlenschäden und Spätfolgen durchzuführen.

Für die nuklidspezifische Behandlung stehen verschiedene Stoffe zur Verfügung /BFS 09/, /TMT 09/, /DHS 03/: Bei Verdacht einer Inkorporation von radioaktivem Jod können als Gegenmaßnahme Jodtabletten (Kaliumjodid) gegeben werden. Diese Maßnahme ist am effektivsten kurz vor einer möglichen Inkorporation von radioaktivem Jod. Nach einer Inkorporation von radioaktivem Jod nimmt die Wirksamkeit der Jodtabletten schnell stark ab, sie beträgt vier Stunden nach einer Inkorporation etwa nur noch die Hälfte.

Die Behandlung von inkorporiertem Plutonium und weiteren Transuranen (z. B. Americium, Curium, Californium und Berkelium) kann mit DTPA (Diethylentriaminpentaessigsäure) erfolgen. Die beiden Substanzen Ca-DTPA und Zn-DTPA unterscheiden

sich in ihrer Wirksamkeit in den ersten 24 Stunden nach Inkorporation, wobei Ca-DTPA etwa 10fach wirksamer ist. Nach 24 Stunden ist die Wirksamkeit beider Substanzen gleich gut und es sollte Zn-DTPA wegen der geringeren Giftigkeit verabreicht werden. Keine Wirkung kann bei stark unlöslichen Stoffen, z. B. bei bestimmten Oxiden, erreicht werden. Bei Thorium, Uran und Neptunium ist DTPA nicht effektiv.

Preußisch Blau (Eisen(III)-hexacyanoferrat(II)) eignet sich zur Behandlung von inkorporiertem radioaktivem Cäsium, Rubidium oder Thallium. Es wurde beispielsweise erfolgreich bei Kontaminationen mit Cs-137 nach einem Unfall in Goiânia (Brasilien) eingesetzt. Durch die Gabe von Preußisch Blau wird die biologische Halbwertszeit o. g. Stoffe deutlich herabgesetzt. Toxische Nebenwirkungen sind nicht bekannt.

Bei Inkorporation von Uran kann als medizinische Gegenmaßnahme Natriumbikarbonat gegeben werden. Die Effektivität wird teilweise jedoch als zweifelhaft angesehen.

Alginate (stärkeähnliche Substanzen) binden Strontium und vermindern dessen Resorption. Alginate werden selbst nicht vom Körper resorbiert und besitzen daher eine sehr geringe Toxizität; Nebenwirkungen sind nicht bekannt. Durch Aluminiumphosphat wird sowohl Strontium als auch Radium gebunden. Auch hier wird die Resorption dieser Substanzen im Körper vermindert. Aluminiumphosphat ist wenig toxisch. Mit Hilfe von Ammoniumchlorid wird der pH-Wert in den Körperflüssigkeiten gesenkt, weshalb im Körper deponiertes Strontium mobilisiert und ausgeschieden wird. Es arbeitet besonders effektiv bei gleichzeitiger Gabe von Calciumgluconat, welches die Aufnahme von Strontium (und wahrscheinlich auch Radium) im Knochen blockiert. Weiterhin ist zur Verminderung der Resorption von Strontium und Radium die Gabe von Bariumsulfat möglich.

Polonium und andere Schwermetalle können mit Hilfe von Dimercaprol (2,3-Dimercaptopropanol, BAL) gebunden werden, sie werden dann mit dem Urin ausgeschieden. Da die notwendige Injektion von Dimercaprol sehr schmerzhaft ist, muss vorher ein Lokalanästhetikum gegeben werden. Dimercaprol ist in Deutschland nicht als Arzneimittel zugelassen.

DMPS ((RS)-2,3-Bis(sulfanyl)propan-1-sulfonsäure) bildet mit Schwermetallionen einen Chelatkomplex, es ist ein Antidot bei Schwermetallvergiftungen (z. B. Blei oder Quecksilber). Diese gebundenen Schwermetalle werden über Urin und Stuhl ausgeschieden.

Ebenfalls werden Schwermetalle durch D-Penicillamin gebunden. Aufgrund seiner Nebenwirkungen ist es für Schwermetallvergiftungen nur ein Ausweichprodukt.

Um die innere Dekontamination von mit dem Stuhl ausscheidenden Radionukliden (z. B. Radium) zu beschleunigen, können Abführmittel, z. B. Magnesiumsulfat (Bittersalz) verwendet werden.

Zur Anregung der Bildung von weißen Blutkörperchen kann nach ein Granulozyten-Kolonie stimulierender Faktor (Granulocyte-Colony Stimulating Factor, G-CSF) eingesetzt werden, u. a. Filgrastim und Pegfilgrastim.

Ob und welche Maßnahmen oder Dekontaminationsmittel eingesetzt werden sollen, liegt in der Entscheidung des medizinischen Fachpersonals. In jedem Fall hat die Versorgung lebensbedrohlicher Verletzungen Vorrang. Nach /BFS 09/ sollte ab einem Bereich von 20 mSv bis 200 mSv effektiver Folgedosis eine Behandlung erfolgen, bei Kindern und Jugendlichen können auch niedrigere Dosen angesetzt werden. Da die interne Radiodekontamination zeitkritisch sein kann, ist es nicht in jedem Fall möglich, längerdauernde Messungen zur Entscheidung über Maßnahmen durchzuführen. Hier muss eine Entscheidung auch anhand der Risiken der Behandlung verglichen mit den Risiken aufgrund der prognostizierten Folgedosis getroffen werden. So sollte beispielsweise eine Lungenspülung erst dann in Erwägung gezogen werden, wenn die erwartete Organdosis der Lunge einen Bereich von 2 Sv bis 5 Sv übersteigt.

Maßnahmen zum Schutz der Einsatzkräfte

In den „Radiologischen Grundlagen“ /SSK 14/ werden Maßnahmen zum Strahlenschutz der Einsatzkräfte genannt. Einsatzaufgaben werden dort auf die Bereiche

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

aufgeteilt. Für diese Einsatzaufgaben sind in der FwDV 500 /FwDV 12/ bzw. im Polizeileitfaden LF 450 Richt- bzw. Grenzwerte für das Einsatzpersonal festgelegt, die in Tab. 4.5 wiedergegeben sind.

Tab. 4.5 Dosisgrenzwerte und -richtwerte nach StrlSchV, FwDV 500, LF 450

Aktion	beruflich strahlenexponierte Person (Kategorie A) (StrlSchV)	Feuerwehr (Richtwerte) (FwDV 500)	Polizei (Grenzwerte) (LF 450)
Verhinderung der Schadensausweitung	100 mSv einmalig (§ 58 StrlSchV; Freiwillige, Genehmigung der Behörde für jeden Einzelfall notwendig)	100 mSv/a (Kalenderjahr)	100 mSv/a (Kalenderjahr)
Abwehr der Gefahr von Personen	> 100 mSv einmal pro Jahr	100 mSv/a (Kalenderjahr)	100 mSv/a (Kalenderjahr)
Rettung von Menschenleben	> 250 mSv einmal im Leben (§ 59 StrlSchV; Freiwillige) Empfehlung (/SSK 14/): 1 Sv nicht überschreiten	250 mSv einmalig Überschreitung im Ausnahmefall möglich	250 mSv einmalig
Sonstige Tätigkeiten	20 mSv/a (§§ 54...57 StrlSchV)	15 mSv je Einsatz	6 mSv/a (Kalenderjahr)

Die Dosisrichtwerte für die Feuerwehr können sinngemäß auch für sonstiges Einsatzpersonal (z. B. medizinische Rettungskräfte) angewandt werden, sofern für diese keine eigenen herausgegeben sind.

Dekontamination von Personen

Die vom BMU herausgegebene Veröffentlichung der SSK „Der Strahlenunfall“ /BMU 07b/ enthält u. a. Maßnahmen und Durchführungshinweise zur Dekontamination von Personen. Bei der Dekontamination muss schonend vorgegangen werden. Im Allgemeinen wird das Abwaschen mit lauwarmem Wasser empfohlen. Dabei dürfen keine Verletzungen zugefügt werden, da über diese Radionuklide in den Körper gelangen können. Besondere Vorgehensweisen sind bei kontaminierten offenen Verletzungen zu beachten.

Die Veröffentlichung „Medizinische Maßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen“ /BMU 07a/ stellt für die Dekontamination der Haut Richtwerte in Tabellenform zur Ver-

fügung (Tab. 4.6). Die darin dargestellten Messwerte sind für einen typischen Nuklidvektor nach einem Kernkraftwerksunfall angegeben.

Tab. 4.6 Richtwerte für abgestufte Maßnahmen bei Kontamination der Haut,
Quelle: /BMU 07a/

Stufe:	I	II	III	IV	V
Kontamination (kBq/cm ²)	< 0,04	0,04-0,4	0,4-4	4-40	> 40
Gamma dosisleistung in 1 m Abstand ^{a)} (µSv/h)	< 0,1	0,1-0,4	0,4-4	4-40	> 40
Zählrate ^{b)} von Kontaminationsmessgeräten, nah (nicht abgedeckt) (lps)	≤ 1500	1500-15000 ^{*)}	15000-150000 ^{*)}	^{*)}	^{*)}
Dekontaminationsmaßnahmen:	nicht erforderlich	zu erwägen	empfohlen	erforderlich	vorrangig erforderlich
Beta-Hautdosis (mSv in 24 h)	< 1	1-10	10-100	100-1000	> 1000
Gamma-Dosis durch äußere Bestrahlung (mSv in 24 h)	< 0,02	0,02-0,2	0,2-2	2-20	> 20

^{*)} Bei einzelnen Kontaminationsmessgeräten ist die maximale Zählrate niedriger.

^{a)} Werte, basierend auf $\Gamma_H = 1,4 \text{ (}\mu\text{Sv/h)/(kBq/cm}^2\text{)}$

^{b)} Gilt grob für bei der Feuerwehr zugelassene Kontaminationsmessgeräte.

Entsprechend dem Schemas sind keine weiteren Dekontaminationen durchzuführen, wenn Stufe I erreicht ist oder die Kontamination um zwei Stufen erniedrigt wurde. Zudem sind nur zwei Dekontaminationsvorgänge durchzuführen.

Notfallstationen

In /BMU 07a/ wird die Einrichtung von Notfallstationen beschrieben. Diese dienen der Überprüfung von Bevölkerung und Einsatzkräften bezüglich eventueller Strahlenexpositionen und ggf. zur Durchführung von Hilfsmaßnahmen. Sie sind außerhalb des gefährdeten Gebietes (d. h. mindestens im Abstand von 10 km zur kerntechnischen An-

lage) zu errichten. Die Einrichtung und der Betrieb von Notfallstationen werden durch die Länder durchgeführt.

4.1.2 Maßnahmen der Strahlenschutzvorsorge im nichtlandwirtschaftlichen Bereich

Die Maßnahmen der Strahlenschutzvorsorge dienen nicht der akuten Gefahrenabwehr sondern der mittel- und langfristig angelegten Vorsorge gegen zu hohe Expositionen nach einem Ereignis. Die Zuständigkeit für diese Maßnahmen liegt primär beim Bund, sofern sie nicht nur innerhalb eines Bundeslandes in Erwägung zu ziehen sind (vgl Abschnitt 2.2).

Umsiedlung

Die Maßnahme Umsiedlung ist nicht zu verwechseln mit der Evakuierung. Die Umsiedlung dient der Vermeidung einer zu hohen Exposition der Bodenstrahlung nach einem Ereignis. Es wird unterschieden zwischen der temporären und der langfristigen Umsiedlung.

Für die temporäre Umsiedlung ist ein Zeitraum von einigen Wochen bis zu mehreren Wochen vorgesehen. Die langfristige Umsiedlung ist auf unbestimmte Zeit ausgelegt, sie gehört daher zu den einschneidenden Maßnahmen.

Umsiedlungen erfordern einen erheblichen Aufwand an Organisation und Ressourcen. Zudem müssen Aufnahmemöglichkeiten für die Zeit der Umsiedlung geschaffen werden. Die Maßnahme ist zudem mit erheblichen Problemen für die Bevölkerung verbunden. Die Durchführung kann sowohl im Anschluss an eine erfolgte Evakuierung als auch nach Aufenthalt in Gebäuden durchgeführt werden.

Dekontamination von Bodenoberflächen und urbanen Gebieten

Um die Maßnahme Umsiedlung nicht durchführen zu müssen, kann eine Dekontamination von Bodenoberflächen und sonstigen urbanen Gebieten sinnvoll sein. Darunter zu verstehen sind Maßnahmen, die radioaktive Stoffe entfernen oder minimieren, wobei die entstehenden radioaktiven Abfälle entsorgt werden müssen. Dadurch ist es möglich, die äußere Strahlenexposition als auch die Resuspension und ggf. eine Kontami-

nationsverschleppung einzudämmen. Alternativ können Maßnahmen ergriffen werden, die radioaktive Stoffe zwar vor Ort belassen, diese aber fixieren oder in tiefere Bodenschichten einbringen.

Im „Generic Handbook for Assisting in the Management of Contaminated Inhabited Areas in Europe Following a Radiological Emergency“ /BRO 07/ sind verschiedene Maßnahmen, die diesem Bereich zuzuordnen sind, aufgelistet und in Datenblättern beschrieben (Tab. 4.7).

Tab. 4.7 In /BRO 07/ beschriebene Maßnahmen. Die Nummer entspricht dem zugehörigen Datenblatt. Nach: /SSK 10/

Nr.	Maßnahme
Maßnahmen an Gebäuden (sowohl öffentliche Gebäude, Industriebauten und Geschäftsbauwerke als auch Wohngebäude)	
12	Abreißen von Gebäuden
13	Abspritzen von Gebäuden mit Feuerwehrspritzen
14	Abbürsten von Gebäudedächern
15	Sandstrahlen von Gebäuden
16	Hochdruckreinigen von Gebäuden
17	Nasse Dachreinigung mit druckluftgetriebenen rotierenden Bürsten
18	Neueindeckung von Dächern
19	Wandbehandlung mit Ammoniak-Lösung
20	Mechanisches Abschleifen der Farbe von Holzwänden
21	Aufsprühen von Acrylfarbe auf Hauswände
Maßnahmen an Gebäudeinnenflächen	
22	Staubsaugen innerhalb von Gebäuden
23	Abwaschen von Innenräumen
24	Weitere Innenraum-Reinigungsmethoden (Schrubben, Shampooieren, Dampfreinigen)
25	Entfernen von Wand- und Bodenbelägen in Innenräumen (Farben, Tapeten, Fliesen, Holzdielen etc.)
26	Entfernen von kontaminiertem Inventar aus Häusern
Maßnahmen an Gebäudeinnenflächen (zusätzliche Optionen bei großen öffentlichen Gebäuden (z. B. Bahnhöfe))	
27	Reinigung von (öffentlichen) Innenräumen, wie z. B. U-Bahn-Stationen, mit aggressiven Methoden (Hochdruckreiniger, Sandstrahlen)
28	Lagerung, Abschirmung, Bedeckung und behutsame Dekontamination wertvoller Gegenstände innerhalb von Gebäuden
Maßnahmen an Straßen und Plätzen mit gepflasterten, asphaltierten Oberflächen oder mit anderen Hartbelägen	
29	Abspritzen von Straßen mit Feuerwehrspritzen

Nr.	Maßnahme
30	Straßenreinigung mit Straßenstaubsauger-Fahrzeugen
31	Hochdruckreinigen von Straßen
32	Entfernen von Straßenbelägen
33	Umdrehen von Pflastersteinen
34	Temporäre oder permanente Überdeckung von Straßenoberflächen mit Wasser, Sand, Bitumen, Pflaster

Maßnahmen an Flächen mit Erdreich oder Grasbewuchs

- 35 Gras mähen und entfernen in Gärten und Parks
- 36 Entfernen von Pflanzen und Büschen aus Gärten und Parks
- 37 Maschinelles Mähen und Entfernen von Grassoden von Rasenflächen in Gärten und Parks
- 38 Maschinelles Abtragen der obersten Erdschicht in Gärten
- 39 Manuelles Abtragen der obersten Erdschicht
- 40 Abdecken kontaminierter Gras- und Erdflächen mit unkontaminierter Erde
- 41 Fixieren resuspendierbarer Materialien an Erdreich oder Gras

Zusätzliche Maßnahmen für Gärten und andere offene kleine Flächen

- 42 Motorhacken zur Bearbeitung von Gras- und Bodenflächen
- 43 Manuelles Umgraben von Gras- und Bodenflächen
- 44 Abdecken von Gras- und Bodenflächen mit Asphalt, Beton oder Pflastersteinen
- 45 Mit Tiefspaten Umgraben von Gras- und Bodenflächen

Zusätzliche Maßnahmen für große offene Flächen, wie z. B. Parks

- 46 Pflügen von Gras- und Bodenflächen
- 47 Tiefpflügen von Gras- und Bodenflächen
- 48 Spezialpflügen (Tiefenverlagerung der obersten Bodenschicht)

Alle Flächen im Freien

- 49 Auftragen von abziehbaren Beschichtungen und deren Entfernung
- 50 Entfernen von Schnee

Maßnahmen an Bäumen und Sträuchern

- 51 Sammlung von Baum- und Strauchblättern
- 52 Entfernen von Bäumen und Sträuchern

Maßnahmen an speziellen Oberflächen (insbesondere an Metalloberflächen)

- 53 Ultraschallreinigung von Metalloberflächen
- 54 Reinigung von Lüftungssystemen
- 55 Entfernung von Filtern
- 56 Chemische Reinigung von Metalloberflächen

Nr.	Maßnahme
57	Chemische Reinigung von Plastik und beschichteten Materialien
58	Auftragen von entfernbaren Polymerklebern auf Metalloberflächen und deren Entfernung
59	Elektrochemische Reinigung von Metalloberflächen

Die Durchführbarkeit der Maßnahmen muss im Einzelfall bewertet werden. Sie richtet sich u. a. nach Art der Maßnahme, Größe und Beschaffenheit der zu dekontaminierenden Fläche, Höhe der Kontamination und zur Verfügung stehendes Gerät und Personal. Die entstehenden kontaminierten Abfälle, z. B. der abgetragene Boden, müssen entsorgt werden.

Ebenso wie die Durchführbarkeit kann auch die Wirksamkeit der Maßnahmen nur im Einzelfall genau bewertet werden. Zur grundsätzlichen Wirksamkeit verschiedener Reinigungsmethoden auf diversen Oberflächen kann Tab. 4.8 herangezogen werden.

Letztendlich ist die Entscheidung, ob eine Umsiedlung oder eine Dekontamination von Flächen in Betracht zu ziehen ist, auch eine Entscheidung mit Kosten-Nutzen-Abwägung. Hierbei sind auch die Belange der betroffenen Bevölkerung in Betracht zu ziehen.

Tab. 4.8 Gebräuchliche Dekontaminationsmethoden und deren Wirksamkeit, nach /SSK 10/

Oberfläche	Methode												Anmerkungen
	Staub-saugen	Waschen mit De-tergens	Fegen/ Kehr-saugen	Ab-spritzen	Hoch-druckab-spritzen	Dampf-reinigen	Wässrige Methode mit Chem.	Schaum-behand-lung	Abzieh-bare Bin-demittel	Ab-schlei-fen	Oberflä-chen entfer-nen	Straßen-belag entfer-nen	
Kunststoff	o	+++		++	++			+++	+++				
Asphalt/ Beton	o	++	+	+	+					+		+++	And. Straßen-reinigungsmeth. mögl.
Betonwän-de	o	++		++	++	++	++	++	++	++	+++		
Steinwände	o	+		+						+++			
Metallober-flächen	o	++	++	++	++	++	++	++	++				Abhängig von der Zugänglich-keit
Maschinen (Metall)	o	++		+	+	++	++	++	++				Nicht für kom-plizierte Ma-schinen
Glas	o	+++		++			+++	++	+++				
Gestrichene Oberflä-chen	o	++	+++	+++		++	++			+++			Kommerz. Rei-nigungsmittel eff.
Metalldä-cher	o	++	++	++	++	++	++	++	++				Zugänglichkeit kann behindert sein
Andere Dä-cher	o	+		+									Benetzungssys-teme erforder-lich
Ungestri-chenes Holz	o	+		+									Abschmirlgeln effektiver

o hoher Dekontaminationsgrad, falls kleine Partikel, an Staub gebunden und Oberfläche glatt und trocken

+++ hoher Dekontaminationsgrad (DG > 0,5)

++ guter Dekontaminationsgrad, abhängig von Oberflächenveredlung, Art und Tiefe der Kontamination (DG etwa 0,5)

+ Dekontaminationsgrad abhängig von Oberflächenbedingungen und Kontaminationsart (DG < 0,5)

Weitere Maßnahmen

In /SSK 10/ werden noch weitere Maßnahmen der Strahlenschutzvorsorge ausführlich behandelt. Dies sind u. a.

- Vermeidung der Kontamination von Kleidung und Haut,
 - Aufenthalt im Freien vermeiden,
 - Regenschutz und Gummistiefel verwenden,
 - nach Aufenthalt im Freien Überkleider und Schuhe wechseln,
 - Schutzmaßnahmen bei der Lagerung kontaminierter Kleidung,
 - nach Aufenthalt im Freien unbedeckte Körperteile/Haare waschen,
- Verzicht bzw. Einschränkung von Reisen in kontaminierte Gebiete,
- Behandlung von Fahrzeugen/Gegenständen aus kontaminierten Gebieten,
 - Zurückweisung kontaminierter Fahrzeuge,
 - Reinigung von Fahrzeugen
 - Tragen von Schutzkleidung bei Messung und Reinigung,
- Maßnahmen bei Kontamination von Luftfiltern,
 - Filterwechsel bei Lüftungsanlagen,
 - Schutzmaßnahmen bei Filterwechsel und Lagerung,
- Beschränkung des Aufenthalts in bzw. auf kontaminierten Gewässern,
 - Sperrung kontaminierter Gewässer,
 - Begrenzung des Aufenthalts auf Ufersedimenten, Überschwemmungsgebieten, Spülfeldern,
 - Nutzungsbeschränkungen (z. B. Schwimmen, Tauchen, Bootfahren),
- Schutzmaßnahmen bei der Entsorgung kontaminierter Abfälle,

- Beschränkung des Aufenthalts bei der Sammlung und dem Transport kontaminierter Abfälle,
- Beschränkung des Aufenthalts in Kläranlagen,
- Beschränkung des Aufenthalts auf Deponien,
- Abschirmung der Gammastrahlung durch Abdeckung der Deponie,
- Vermeidung/Einschränkung schwerer körperlicher Arbeit bzw. Sport.

Die Maßnahmen werden in /SSK 10/ auch hinsichtlich ihrer Durchführbarkeit und Effizienz bewertet.

4.1.3 Maßnahmen der Strahlenschutzvorsorge im landwirtschaftlichen Bereich

Die Möglichkeiten bezüglich der Ergreifung von Maßnahmen im Bereich der Landwirtschaft werden in /SSK 10/ eingehend beschrieben. Die Maßnahmen werden eingeteilt in kurzfristige, mittelfristige und langfristige Maßnahmen. Ergänzend gibt es Maßnahmen für die Jagdwirtschaft sowie für die vorsorgliche Anwendung im Haushalt.

Kurzfristige Maßnahmen sollen eine Kontamination von Pflanzen und Tieren verhindern. Sie sind anzuwenden, wenn eine Kontamination noch nicht stattgefunden hat oder gerade stattfindet. Entscheidungen über die Maßnahmen werden aufgrund von Quelltermabschätzungen und Ausbreitungsrechnungen sowie Messungen von Dosisleistungen oder Aktivitätskonzentrationen in der Luft vorgenommen. Zu den kurzfristigen Maßnahmen zählen:

- Ernte von vermarktungsfähigen Produkten,
- Verschließen von Gewächshäusern,
- Abdecken von Pflanzen,
- Verschluss von Stallungen,
- Aufstallungen.

Je früher mit der Umsetzung dieser Maßnahmen begonnen wird, desto effektiver sind sie. Die Durchführbarkeit hängt auch von den personellen Kapazitäten der betroffenen Betriebe ab.

Mittelfristige Maßnahmen haben das Ziel, bei Überschreitung der EU-Höchstwerte für das betreffende Nahrungs- oder Futtermittel zu prüfen, ob durch entsprechende Maßnahmen das Produkt noch marktfähig gemacht werden kann. Kann dies nicht erreicht werden, muss es entsorgt werden. Neben den kurzfristigen Maßnahmen – bei denen zu prüfen ist, ob sie weiter aufrechterhalten werden – sind mittelfristige Maßnahmen z. B.:

- Pflanzliche Produkte
 - Nichtnutzung von kontaminiertem Wasser zur Beregnung,
 - Verschiebung der Ernte,
 - spezielle Erntetechniken,
 - Ernten und Lagern,
 - Ernten und technologische Maßnahmen.
- Tierische Produkte
 - Nichtnutzung von kontaminiertem Wasser als Viehtränke,
 - Verwendung von unkontaminiertem Futter,
 - Zufütterung von Bindemittel,
 - technologische Be- oder Aufarbeitung,
 - alternative Verwendung kontaminierter Futter- und Nahrungsmittel.

Diese Maßnahmen dienen zur Reduzierung der radioaktiven Stoffe in Pflanzen oder Nutztieren und damit zu einer Verminderung der Exposition beim Verzehr. Sofern Produkte entsorgt werden müssen werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- Tierische Nahrungsmittel
 - Verwerfen,
 - Ausbringen von Milch und Molke auf dem Boden,

- Verklappen von Milch und Molke auf See,
- Vergraben von Fleisch,
- Abdecken von Fleisch.
- Futtermittel und pflanzliche Nahrungsmittel
 - Unterpflügen,
 - Kompostieren,
 - Deponieren,
 - Verbrennen,
 - Abfallbeseitigung gemäß Abfallablagerungsverordnung.

Die Empfehlung oder Anordnung der Maßnahmen soll auf der Basis von Messwerten beruhen.

Langfristige Maßnahmen dienen der Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen für die Produktion. Sie werden angewendet, wenn aufgrund der hohen Kontamination der Nutzflächen die darauf erzeugten Nahrungs- und Futtermittel über Jahre nicht vermarktet werden dürften. Zu langfristigen Maßnahmen zählen

- Anbau von Nicht-Nahrungspflanzen, Änderung der Fruchtfolge,
- Abtrag des Oberbodens, Tiefpflügen, Tiefenverlagerung, Zugabe von Düngemitteln,
- Aufforstung landwirtschaftlicher Flächen.

Sofern auch diese Maßnahmen aufgrund zu hoher Restkontamination nicht greifen, muss die landwirtschaftliche Nutzung aufgegeben werden.

Ergänzend zu den obigen Maßnahmen werden zusätzlich noch beschrieben:

- Maßnahmen für die Jagdwirtschaft
 - Fütterung von Wildtieren mit unkontaminiertem Futter,
 - Zusatzmaßnahmen bei Fütterung von Wildtieren,
- Maßnahmen für die vorsorgliche Anwendung im Haushalt

- Ergänzende Empfehlungen für Selbstversorger, Verzehrsbeschränkungen bzw. –verzicht,
- Ergänzende Empfehlungen für Selbstversorger, häusliche Verarbeitung.

Neben diesen Maßnahmen werden in /SSK 10/ für die Produktionsbereiche Milch, Fleisch, Gemüse, Obst und Wein sowie Getreide Maßnahmenstrategien diskutiert. Dazu werden Vor- und Nachteile der einzelnen Maßnahmen im jeweiligen Produktionsbereich verglichen und deren Durchführbarkeit besprochen. Dadurch können diese Maßnahmen in empfehlbare, bedingt empfehlbare und nicht empfehlbare unterteilt werden.

4.1.4 Akzeptanz von Maßnahmen

In /SSK 10/ ist ein Kapitel enthalten, welches sich mit der Akzeptanz von Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich befasst. Danach wird nach Gesprächen mit verschiedenen Interessengruppen davon ausgegangen, dass der Verbraucher kontaminierte Produkte – auch wenn die Kontaminationen unter den EU-Höchstwerten liegen – nicht oder nur bedingt akzeptieren wird. Zudem wird aufgeworfen, dass die Verbraucher auch nichtkontaminierte Produkte aus einer als kontaminiert bekannten Region meiden könnten und stattdessen auf nichtkontaminierte Produkte aus anderen Regionen bzw. aus dem Ausland ausweichen. Infolgedessen wird verdeutlicht, dass schon die Verarbeitung kontaminierter landwirtschaftlicher Erzeugnisse zu Endprodukten für den Verbraucher aufgrund o. g. Absatzschwierigkeiten problematisch sein kann und daher auch Hersteller von Produkten auf nichtkontaminierte Erzeugnisse ausweichen. Es wird daher davon ausgegangen, dass der Entsorgung landwirtschaftlicher Erzeugnisse eine sehr viel größere Bedeutung zukommen kann und Maßnahmen zur Begrenzung der Kontamination von Produkten bzw. zum Erhalt der Vermarktungsfähigkeit von Produkten nicht oder nur begrenzt umgesetzt werden können.

4.2 ABC-Gefahrenabwehr

4.2.1 Einsatzplanung

Gemäß § 51 StrlSchV sind bei sogenannten sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignissen sofort alle notwendigen Maßnahmen zu ergreifen, um die daraus entstehenden Gefahren für Mensch und Umwelt zu minimieren. Zudem sind die atomrechtliche Auf-

sichtsbehörde sowie ggf. die für öffentliche Ordnung und Sicherheit zuständige Behörde und die Katastrophenschutzbehörde zu informieren.

Grundsätzlich sind in Deutschland für die ABC-Gefahrenabwehr Landesbehörden zuständig. Ebenso wird die atomrechtliche Aufsicht durch Landesbehörden in Bundesauftragsverwaltung wahrgenommen.³ Diese werden – ggf. nach Benachrichtigung durch Polizei oder Feuerwehr – bei relevanten Ereignissen hinzugezogen (Abb. 4.2). Welche Behörden dies im Einzelnen sind obliegt den Ländern, die das beispielsweise in Zuständigkeitsverordnungen oder Erlassen regeln. Von den Behörden können zusätzlich externe Sachverständige oder speziell geschulte Ärzte nach Bedarf hinzugezogen werden.

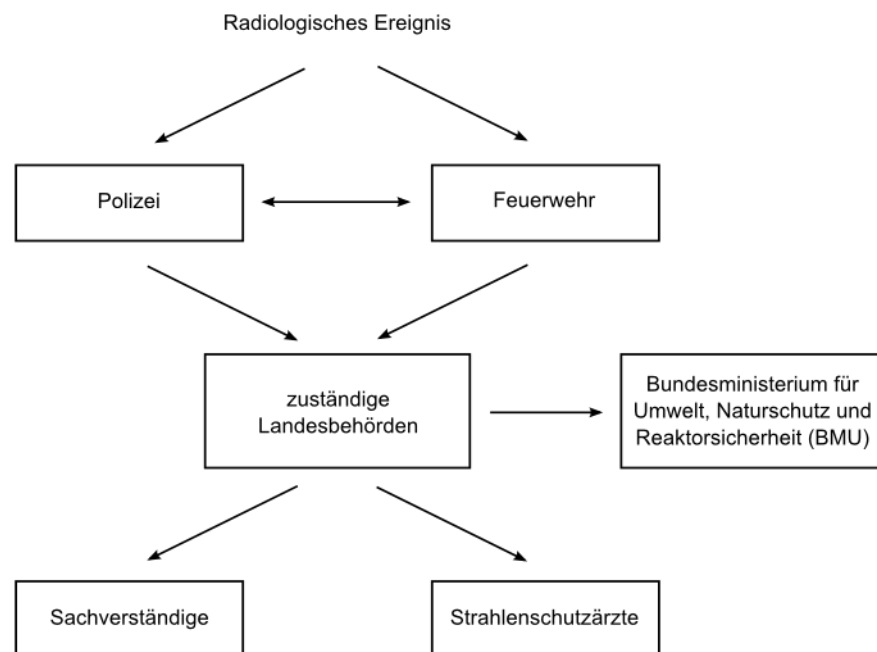


Abb. 4.2 Mögliches Ablaufschema nach einem radiologischen Ereignis

Zusätzlich ist bei besonderen Vorkommnissen gemäß Rundschreiben vom 15. Juli 2002 /BMU 02/ das BMU durch das Land zu informieren. Besondere Vorkommnisse (abgestellt auf die Geltungsbereiche der StrlSchV bzw. Röntgenverordnung (RöV)) im Sinne dieses Rundschreibens sind insbesondere

- schwere Körperverletzung oder Tod von Personen,

³ Hiervon kann es im Einzelfall Abweichungen geben: So ist gemäß § 24 AtG für die Beförderung radioaktiver Stoffe im Schienenverkehr der Eisenbahn das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) die Aufsichtsbehörde.

- erhebliche Strahlenexposition von Personen,
- Mängel oder Versagen sicherheitstechnisch bedeutsamer Funktionen oder Vorrichtungen,
- Einwirkungen von außen,
- erhebliche Kontamination von Personen oder Bereichen,
- Abhandenkommen radioaktiver Stoffe,
- Fund radioaktiver Stoffe,
- Emission radioaktiver Stoffe oberhalb zulässiger Werte.

Dadurch soll u. a. sichergestellt werden, dass im Bedarfsfall zuständige Bundes- und ggf. Landesbehörden anderer Länder informiert werden. Weitere Vorschriften bezüglich der Information von Behörden können existieren, beispielsweise nach Vorkommnissen bei der Beförderung radioaktiver Stoffe durch das Gefahrgutrecht.

Da davon auszugehen ist, dass bei radiologischen Ereignissen Polizei und Feuerwehren bei der Schadensbekämpfung beteiligt sind, gibt es speziell dafür ergänzende Vorschriften. Im Bereich der Feuerwehren ist das die FwDV 500 /FWDV 12/. Für Rheinland-Pfalz existiert eine eigene Dienstvorschrift („Gefahrstoffkonzept Rheinland-Pfalz“, /RLP 05/), diese baut jedoch ebenfalls auf der FwDV 500 auf. Diese Vorschriften dienen in erster Linie dem Schutz der Einsatzkräfte.

Vorbereitend sind – sofern möglich – Einsatzbereiche speziellen Gefahrengruppen zuzuordnen /FWDV 12/ (vgl. auch Einteilung der Gefahrengruppen nach § 52 StrlSchV, wiedergegeben auf S. 47):

- **Gefahrengruppe I**
Bereiche, in denen die Einsatzkräfte ohne Sonderausrüstung tätig werden dürfen.
- **Gefahrengruppe II**
Bereiche, in denen die Einsatzkräfte nur mit Sonderausrüstung und unter besonderer Überwachung und Dekontamination/Hygiene tätig werden dürfen.
- **Gefahrengruppe III**
Bereiche, in denen Einsatzkräfte nur mit Sonderausrüstung und unter besonderer Überwachung und Dekontamination/Hygiene tätig werden dürfen und deren Eigenart die Anwesenheit einer fachkundigen Person notwendig macht, die während

des Einsatzes die entstehende Gefährdung und die anzuwendenden Schutzmaßnahmen beurteilen kann.

Diese Gefahrengruppen können zur Unterscheidung der Einsatzart zusätzlich mit einem nachgestellten Buchstaben (A, B oder C) je nach Art des Gefahrstoffes gekennzeichnet werden (z. B. Gefahrengruppe IIA). Da bei der Beförderung gefährlicher Güter eine solche vorbereitende Einteilung nicht möglich ist, ist bei Transportunfällen mit Gefahrstoffen zunächst von der Gefahrengruppe II auszugehen. Einsätze mit terroristischem Hintergrund sind grundsätzlich in Gefahrengruppe III einzuordnen. Für Objekte, die den Gefahrengruppen II und III zugeordnet werden, sind spezielle Einsatzpläne aufzustellen.

Zur Sonderausrüstung beim A-Einsatz zählen u. a.:

- Persönliche Sonderausrüstung
 - Atemschutz
 - Körperschutz
 - Amtliches Dosimeter
 - Dosiswarngerät
- Sonstige Sonderausrüstung
 - Dosisleistungsmessgerät
 - Dosisleistungswarngerät
 - Kontaminationsnachweisgerät
 - Sonstige Arbeitsgeräte und Verbrauchsmaterialien

Ihr Einsatz erfolgt nach Lage und Einstufung in die Gefahrengruppe.

4.2.2 Maßnahmen im Einsatz

Sicherung des Einsatzbereiches

Als eine der ersten Maßnahmen durch die Einsatzkräfte ist nach /FWDV 12/ das Absperrn des betroffenen Bereichs durchzuführen. Unmittelbar um das Schadenobjekt wird der Gefahrenbereich eingerichtet, der Mindestabstand beträgt 50 m bzw. – bei radiologischen Gefahren – die Dosisleistung 25 $\mu\text{Sv/h}$ oder mehr beträgt. Ebenso sind Bereiche mit Kontaminationen oder Verdacht auf Kontaminationen durch radioaktive Stoffe in den Gefahrenbereich einzubeziehen. Um den Gefahrenbereich wird der Absperrbereich mit einem Mindestabstand von 100 m eingerichtet. Bei Gefahr einer Explosion sind diese Bereiche auf mindestens 300 m bzw. 1000 m zu erweitern. Im Verlauf des Einsatzes sind die Grenzen der Bereiche laufend zu überprüfen und ggf. der Situation anzupassen (vergrößern oder verkleinern).

Fachliche Unterstützung

Zur Unterstützung des Einsatzes in fachlicher Hinsicht sollen auch externe Sachverständige und Fachbehörden hinzugezogen werden. In /FWDV 12/ ist eine Vielzahl von Beispielen genannt, u. a. Ordnungsbehörden, Umweltbehörden, Hochschulen, Katastrophenschutzdienststellen und regionale Strahlenschutzzentren. Als Informationssystem über Beratungs-, Mess- und Dekontaminationsmöglichkeiten wird der Katalog „Hilfsmöglichkeiten bei kerntechnischen Unfällen“ /BMU 10/ vom BMU den für den Katastrophenschutz und die Strahlenschutzvorsorge zuständigen Behörden zur Verfügung gestellt. Zusätzlich sollen in den Feuerwehren Fachberater für ABC-Einsätze zur Verfügung stehen. Dazu können auch (im Vorfeld) regionale Einsatzplanungen durchgeführt und z. B. spezielle ABC-Züge aufgestellt werden.

Strahlenschutzüberwachung

Entsprechend der Art des Einsatzes sind zusätzlich zulässige Dosisrichtwerte für die Einsatzkräfte festgelegt (siehe Tab. 4.5 auf S. 30). Diese sind durch eine Strahlenschutzüberwachung sicherzustellen. Strahlenexpositionen der Einsatzkräfte sind zu erfassen und zu bewerten. Insbesondere sind alle Personen zu erfassen, die an Einsätzen in Bereichen der Gefahrengruppen IIA oder IIIA teilgenommen haben.

Einsatzkräfte, die eine Dosis von mehr als 15 mSv erhalten haben, sind – z. B. im Rahmen von regelmäßigen Untersuchungen – ärztlich zu überwachen. Einsatzkräfte mit Kontaminationen, mit Verdacht auf Erhalt einer Dosis über 50 mSv oder mit Verdacht auf Inkorporation sind unverzüglich nach dem Einsatz einem ermächtigten Arzt vorzustellen.

Maßnahmen bei Gefährdung durch luftgetragene Stoffe

Bei einer Gefährdung durch luftgetragene Stoffe, sind Maßnahmen zum Schutz von Personen entsprechend der Lage zu treffen. Grundsätzlich sollen bei einer Ausbreitung von Gefahrstoffen im Inneren von Gebäuden die Personen aus diesen herausgeführt werden. Bei einer Ausbreitung von Gefahrstoffen außerhalb von Gebäuden sollen Personen im Gebäude belassen werden; weiterhin entscheidet der Einsatzleiter abhängig von der Gefahrenlage, ob betroffene Personen den Gefahrenbereich räumen sollen oder in diesem mit Schutzvorkehrungen belassen werden.

Dekontamination

In /FWDV 12/ werden Vorgehensweisen zur Dekontamination durch die Feuerwehr (Dekon) von Einsatzkräften, anderen Personen und Geräten beschrieben. Für die Personendekontamination wird ein Stufenkonzept verfolgt:

- Not-Dekon
Notdekontamination von Personen
- Dekon-Stufe I
Allgemeine Einsatzstellenhygiene
- Dekon-Stufe II
Standard-Dekontamination
- Dekon-Stufe III
Erweiterte Dekontamination im ABC-Einsatz

Bei Einsätzen der Gefahrengruppen II und III ist ein abgegrenzter Dekontaminationsplatz einzurichten. Er soll auf der windzugewandten Seite außerhalb des Gefahrenbereichs liegen.

Grundsätzlich gilt, dass lebensrettende medizinische Maßnahmen vor der Dekontamination durchzuführen sind. Bei Personen ist eine Kontaminationskontrolle durchzuführen; bei Überschreiten der dreifachen Nullrate sind sie dann zu dekontaminieren. Kontaminierte Kleidungsstücke sind abzulegen. Personen mit Verdacht auf Kontaminationen oder Inkorporationen sind einem Arzt vorzustellen und zu registrieren.

Lokalisierung und Sicherung von Strahlenquellen

Die Lokalisierung von Strahlenquellen kann z. B. nach einem Transportunfall erforderlich werden. Die Lokalisierung schließt auch das Untersuchen verdächtiger Gegenstände sowie das Feststellen der Strahlungsart mit ein. Sind Strahlenquellen gefunden worden, so müssen sie gesichert werden. Dies geschieht zum einen durch Abschirmung der ionisierenden Strahlung und zum anderen muss eine weitere Verbreitung der radioaktiven Stoffe vermieden werden, indem diese z. B. umhüllt oder abgedeckt werden.

4.3 Nuklearspezifische Gefahrenabwehr

Im Bereich der NGA zeigt das „Handbuch der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr“ /BFS 10/ Möglichkeiten für Gegenmaßnahmen auf. Das Augenmerk liegt dabei auf Maßnahmen, die vor einer Freisetzung radioaktiver Stoffe ergriffen werden können. Das NGA-Handbuch ist als „VS - Nur für den Dienstgebrauch“ eingestuft.

Im Rahmen des Vorhabens 3608R01680 hat die GRS u. a. Maßnahmen für NGA-Situationen identifiziert und in einem auf Handlungsoptionen basierten Konzept systematisiert. In Bezug auf radiologische Auswirkungen können diese den Bereichen

- Begrenzung der Auswirkung,
- Schutz der Bevölkerung,
- Schutz der Einsatzkräfte,
- medizinische Maßnahmen

zugeordnet werden. Viele Maßnahmen entsprechen dabei den bereits in den Abschnitten 4.1 und 4.2 beschriebenen Maßnahmen. Das Maßnahmenkonzept ist in /GRS 12/ (VS - Nur für den Dienstgebrauch) beschrieben.

5 Entwicklungsstand von Entscheidungshilfe- und Informationssystemen

Als Systeme zur Unterstützung bei der Entscheidungsfindung bei kerntechnischen Unfällen werden in Deutschland zentral die Entscheidungshilfesysteme RODOS (Real-time On-line Decision Support System) und PARK (Programmsystem zur Abschätzung und Begrenzung radiologischer Konsequenzen) betrieben. RODOS und Park sind eingebunden in das „Integrierte Mess- und Informationssystem“ (IMIS) des Bundes. Ergebnisse der radiologischen Lagebewertung mit RODOS und PARK können im Ereignisfall bundesweit über die Elektronische Lagedarstellung für den Notfallschutz in Deutschland (ELAN) verbreitet werden und sollten daher im Sinne einer einheitlichen radiologischen Lagewertung grundsätzlich als Basis für Maßnahmenempfehlungen herangezogen werden.

Im Falle einer Unverfügbarkeit von RODOS und PARK bieten sich als vereinfachte Instrumente zur Lagebewertung z.B. die EDV-technischen Umsetzungen des „Leitfadens für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Unfällen“ /SSK 04a/ (SAFER2, PLUTO) an. Weitere Modellsysteme zur Bewertung der radiologischen Lage sind als Bestandteil der Kernreaktor-Fernüberwachung (KFÜ) der Bundesländer implementiert. Im Bereich der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr wird das Modellsystem LASAIR zur der Bewertung der radiologischen Lage betrieben.

IMIS

IMIS dient der Wahrnehmung von Überwachungs- und Prognoseaufgaben im Rahmen des StrVG. IMIS wird vom BfS betrieben. Das System umfasst

- Messeinrichtungen bei Bund und Ländern zur Ermittlung von spezifischen Aktivitäten oder Aktivitätskonzentrationen von Radionukliden sowie der Ortsdosisleistung in der Umwelt,
- rechnergestützte Kommunikationssysteme zur Übermittlung und Aufbereitung der Daten sowie
- Entscheidungshilfesysteme zur Analyse, Simulation und Prognose von Strahlenexposition und Umweltkontamination.

Für IMIS wird zwischen zwei Betriebsarten (Normalbetrieb und Intensivbetrieb) unterschieden. Grundsätzlich läuft IMIS im Normalbetrieb. Der Intensivbetrieb kann im Ereignisfall durch das BMU angeordnet werden und zeichnet sich im Wesentlichen durch eine erhöhte Probenahme- und Messfrequenz aus. Alle im Rahmen von IMIS erhobenen Daten werden in der Zentralstelle des Bundes (ZdB) beim BfS erfasst, dokumentiert und ggf. zur weiteren Bewertung aufbereitet.

RODOS/PARK

RODOS ist ein in Echtzeit arbeitendes Entscheidungshilfesystem zur Berechnung der Auswirkungen von unfallbedingten radioaktiven Freisetzungen unter Berücksichtigung von Schutz- und Gegenmaßnahmen. Speziell können mit RODOS bereits in der Vorphase einer Freisetzung radiologische Prognosen vorgenommen werden, die während und nach einer etwaigen Freisetzung kontinuierlich durch Rechnungen auf der Basis gemessener Daten ersetzt werden können. RODOS ist für einen Einsatz im Nahbereich um einen potenziellen Emittenten bis etwa 100 km Entfernung vom Emissionsort vorgesehen, kann aber auch für Fernbereiche durch Aufsetzen von großräumigen Ausbreitungsrechnungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verwendet werden. Das Entscheidungshilfesystem PARK nutzt Eingangsdaten aus IMIS und dient zur Abschätzung mittel- bis langfristiger Konsequenzen großräumiger Kontaminationen der Umwelt (Luft, Boden, Pflanzen, Nahrungsmittel usw.).

SAFER2

Das Programm SAFER2 (Version 2.4.5) ist eine Umsetzung von /SSK 04a/ sowie weiteren Vorschriften wie die Allgemeine Verwaltungsvorschrift (AVV) zu § 45 StrlSchV oder den Störfallberechnungsgrundlagen (SBG) zu § 28 Abs.3 StrlSchV alte Fassung (der § 28 Abs. 3 der StrlSchV alte Fassung entspricht dem § 49 StrlSchV neue Fassung /STR 11/) und soll dem Fachberater einen schnellen Überblick über die radiologische Lage bei kerntechnischen Notfällen geben /TÜV 06/. Berechnungen können für deutsche Kernkraftwerke (KKW) sowie für KKW der Nachbarstaaten Deutschlands bis zu einer Entfernung von 20 km im Umkreis für die Gruppen Kleinkind und Erwachsene durchgeführt werden. Das Rechenmodell basiert auf dem Gauß-Fahnenmodell mit den Ausbreitungsparametern des DFK-Modells, die Ergebnisse der Rechnung lassen sich graphisch darstellen.

PLUTO

PLUTO (Version 6.1) basiert ebenfalls auf /SSK 04a/. Mit PLUTO können in einem Umkreis der Freisetzung etwa 25 km Dosen und Kontaminationen schnell und überblicksmäßig berechnet werden. Es sind sogenannte Stammdaten deutscher sowie grenznaher KKW hinterlegt /SCH 07/. Auch PLUTO rechnet mit dem Gauß-Fahnenmodell und den Ausbreitungsparametern des DFK-Modells. Es wird die Dosis für die Gruppen Kleinkind und Erwachsene berechnet. Rechenergebnisse lassen sich auch graphisch, unterlegt mit den jeweiligen Karten der Umgebung des KKW, anzeigen.

MKat-EI

In einem im Jahr 2010 abgeschlossenen Vorhaben /GRS 10/ hat die GRS u. a. einen elektronischen Maßnahmenkatalog MKat-EI (Version 1.0) entwickelt. Dieser stellt eine einfach handhabbare PC-Version der Papierversion von /SSK 10/ dar und eröffnet dadurch zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten, vor allem für Schulungs-, Übungs- und Testzwecke. Insbesondere können bezüglich der Nuklidspektren flexiblere Abschätzungen auf der Basis vorliegender Quellterm- oder Freisetzungsinformationen erstellt, Überlagerungen bezüglich mehrerer Nuklide bewertet und ein bezüglich der Bewertung abdeckendes Maßnahmenspektrum erhalten werden. Im Ereignisfall kann die elektronische Fassung des Maßnahmenkatalogs zur schnellen Dosisabschätzung insbesondere anhand abgeleiteter Richtwerte herangezogen werden, falls entsprechende Ergebnisse von RODOS oder PARK nicht zur Verfügung stehen.

LASAIR

Mit dem Programm LASAIR (Version 3.0.9) können Konzentrationsverteilungen von luftgetragenen Radionukliden nach Freisetzung durch eine USBV berechnet werden in einem Umkreis von 40 km /JAN 09/. Die Berechnungen erfolgen auf Grundlage eines Langrange-Partikelmodells für die Gruppen Kleinkind und Erwachsene. Die Ergebnisse lassen sich auch mit Kartenmaterial unterlegt graphisch darstellen.

6 Zusammenfassung

Im Vorhaben „Generalisierte Konzepte für Maßnahmen bei nuklearen und radiologischen Notfällen“ werden verfügbare Maßnahmenkonzepte aus dem Bereich des anlagenexternen Notfallschutzes, der ABC-Gefahrenabwehr und der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr mit dem Ziel der Abdeckung eines möglichst weiten Ereignisspektrums mit überschaubaren Maßnahmenkombinationen, der Lagebewertung anhand möglichst einheitlicher Kriterien und der Optimierung der Abstimmung von Maßnahmen und der Information der Bevölkerung ausgewertet und weiter entwickelt.

Der vorliegende Zwischenbericht fasst den für das Vorhaben relevanten Stand von Wissenschaft und Technik zusammen. Dabei wird insbesondere der Kenntnisstand zum Spektrum der Ereignisse in den o. g. Aufgabenfeldern, zu verfügbaren Maßnahmenkonzepten und zum Entwicklungsstand von Methoden und Unterstützungssystemen zur Ermittlung der radiologischen Lage erfasst. Der für das Vorhaben relevante Erfahrungsrückfluss aus dem Unfall im Kernkraftwerk Fukushima Daiichi wird in einem separaten Bericht zusammengestellt und aufbereitet.

Die Erkenntnisse zu den Gesichtspunkten „Ereignisspektrum“, „Maßnahmenkonzepte“ und „Hilfsmittel und Unterstützungssysteme“ dienen als Wissensbasis für die im Vorhaben durchzuführenden Analysen des relevanten Ereignisspektrums und die darauf aufbauende Konzeption von Maßnahmen sowie die Betrachtung von Umsetzungsmöglichkeiten in Entscheidungshilfe- und Unterstützungssystemen.

Die Ergebnisse des Berichts verdeutlichen die große Heterogenität des Ereignisspektrums, das sich aus der gemeinsamen Betrachtung aller Bereiche des nuklearen und radiologischen Notfallschutzes ergibt. Die bestehenden Maßnahmenkonzepte erscheinen für die jeweiligen Bereiche zweckmäßig, weisen jedoch eine unterschiedlich starke Ausarbeitung und Typisierung auf, die im Bereich „Anlagenexterner Notfallschutz für die Umgebung kerntechnischer Anlagen am stärksten ausgeprägt ist. Eine Übertragbarkeit der Maßnahmenkonzepte aus dem anlagenexternen Notfallschutz für die Bereiche ABC-Gefahrenabwehr und Nuklearspezifische Gefahrenabwehr erscheint nur dann möglich, wenn die für das Maßnahmenkonzept grundlegenden Kriterien mit einbezogen und in ihrer Bedeutung für die anderen Bereiche hinterfragt und ggf. angepasst werden können. Ggf. ist auch die Rückführung aller bestehenden Konzepte auf eine bislang nicht verfügbare Grundlagenbetrachtung erforderlich. Entsprechende Analysen sind Bestandteile der Arbeitspakete 2 und 3 dieses Vorhabens.

Literatur

- /ATG 11/ Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) vom 15. Juli 1985 i. d. F. v. 31. Juli 2011.
- /BFS 09/ Hormann, V.; Fischer, H.: Materialsammlung zur internen Radiodekontamination von Personen. Landesmessstelle für Radioaktivität, Institut für Umweltphysik, Universität Bremen, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz, Februar 2009.
- /BFS 10/ Bundesamt für Strahlenschutz (Hrsg.): Handbuch der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr. Überarbeiteter Entwurf 2010. VS-Nur für den Dienstgebrauch.
- /BFS 11/ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Notfallschutz - welche Konsequenzen in Deutschland gezogen werden.
<http://www.bfs.de/de/kerntechnik/tschernobyl/notfallschutz.html>, letzter Aufruf: 03.08.2011.
- /BMU 02/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Durchführung der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und der Röntgenverordnung (RöV). Berichterstattung über besondere Vorkommnisse. Vom 15. Juli 2002 (GMBI. 2002, Nr. 31, S. 637), RdSchr. d. BMU v. 15.07.2002 – RS II 3 – 15209/1.
- /BMU 07a/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.): Medizinische Maßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 4, 3. Auflage, 2007.
- /BMU 07b/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.): Der Strahlenunfall. Ein Leitfaden für Erstmaßnahmen. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 32, 2. Auflage, 2007.

- /BMU 08/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.): Gemeinsames Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle. Bericht der Bundesrepublik Deutschland für die dritte Überprüfungskonferenz im Mai 2009, Oktober 2008.
- /BMU 10/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.): Katalog Hilfsmöglichkeiten bei kerntechnischen Unfällen. Bearbeitet durch Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Stand: Dezember 2010.
- /BRO 07/ Brown, J. et al.: Generic Handbook for Assisting in the Management of Contaminated Inhabited Areas in Europe Following a Radiological Emergency. EURANOS(CAT1)-TN(07)-02, V1.0, May 2007.
- /DHS 03/ United States Department of Homeland Security (DHS), Working Group on Radiological Dispersal Device (RDD) Preparedness, Medical Preparedness and Response Sub-Group: ohne Titel, 12/09/03 Version.
- /DRSA 80/ Bundesminister für Forschung und Technologie (Hrsg.): Deutsche Risiko-studie Kernkraftwerke. Eine Untersuchung zu dem durch Störfälle in Kernkraftwerken verursachten Risiko. Hauptband, Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH, 2. unveränderte Auflage, 1980.
- /DRSB 90/ Bundesminister für Forschung und Technologie (Hrsg.): Deutsche Risiko-studie Kernkraftwerke. Phase B. Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH, 1990.
- /EUR 80/ Richtlinie 80/836/EURATOM des Rates vom 15. Juli 1980 zur Änderung der Richtlinien, mit denen die Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahren ionisierender Strahlungen festgelegt wurden.
- /EUR 89/ Richtlinie 89/618/EURATOM des Rates vom 27. November 1989 über die Unterrichtung der Bevölkerung über die bei einer radiologischen Notstandssituation geltenden Verhaltensmaßregeln und zu ergreifenden Gesundheitsschutzmaßnahmen.

- /FWDV 12/ Ausschuss Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung (AFKzV): Feuerwehrdienstvorschrift FwDV 500: Einheiten im ABC-Einsatz. Stand 2012.
- /GG 09/ Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, das durch das Gesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2248) geändert worden ist.
- /GRS 01/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH: Bewertung des Unfallrisikos fortschrittlicher Druckwasserreaktoren in Deutschland. Methoden und Ergebnisse einer umfassenden Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA). GRS-175, 2001.
- /GRS 10/ Sogalla, M.; Büttner, U.; Stahl, T.: Unterstützung der Notfallschutzplanung. Abschlussbericht zum Vorhaben 3607S04554. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Oktober 2010, Entwurf.
- /GRS 12/ CURE-NGA, Version 1.1 - Benutzerhandbuch. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, April 2012. VS - Nur für den Dienstgebrauch.
- /JAN 09/ Ingenieurbüro Janicke (Hrsg.): Online Hilfe zur Benutzung von LASAIR 3.0. Dunum, 02. Februar 2009.
- /RLP 05/ Ministerium des Innern und für Sport des Landes Rheinland-Pfalz: Gefahrstoffkonzept Rheinland-Pfalz. Empfehlungen für Ausbildung, Ausrüstung und taktische Regeln im ABC-Einsatz. Stand: April 2005
- /SCH 07/ Schnadt, H.: Umsetzung des Leitfadens für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung in das Rechenprogramm PLUTO. In: Fachverband für Strahlenschutz e. V.: Vorkehrungen und Maßnahmen bei radiologischen Ereignissen. FS-07-142-AKN, 5. Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, Augsburg, 25. bis 27. April 2007.

- /SSK 04a/ Strahlenschutzkommission (SSK) (Hrsg.): Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnische Unfällen. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 37, 2004.
- /SSK 04b/ Strahlenschutzkommission (SSK) (Hrsg.): Erläuterungsbericht zum Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnische Unfällen: Begründungen, Modelle, Daten und Programme. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 38, 2004.
- /SSK 09/ Strahlenschutzkommission (SSK) (Hrsg.): Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden. Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen. Leitfaden zur Information der Öffentlichkeit in kerntechnischen Notfällen. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 61, 2009.
- /SSK 10/ Strahlenschutzkommission (SSK) (Hrsg.): Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen (Maßnahmenkatalog). Teil 1: Auswahl von Maßnahmen. Teil 2: Hintergrundinformationen, Theorie und Anwendungsbeispiele. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 60 Teil 1 und 2, 2010.
- /SSK 14/ Strahlenschutzkommission (SSK) (Hrsg.): Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden. Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, verabschiedet auf der 268. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 13./14. Februar 2014.

- /SSK 14/ Strahlenschutzkommission (SSK) (Hrsg.): Planungsgebiete für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernkraftwerken. Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, verabschiedet auf der 268. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 13./14. Februar 2014.
- /STR 11/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 i. d. F. v. 04. Oktober 2011.
- /SVG 08/ Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastungen (Strahlenschutzvorsorgegesetz - StrVG) vom 19. Dezember 1986 (BGBl. I S. 2610), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2008 (BGBl. I S. 686) geändert worden ist.
- /TMT 09/ Carlos Rojas-Palma; Astrid Liland; Ane Næss Jerstad; George Etherington; María del Rosario Pérez; Tua Rahola; Karen Smith (Hrsg.): TMT Handbook. Triage, Monitoring and Treatment of people exposed to ionising radiation following a malevolent act. Norwegian Radiation Protection Authority (NRPA), Østerås, Norway, 2009.
- /TÜV 06/ TÜV Nord AG: Programmdokumentation SAFER 2. Strahlenexposition als Folge eines Reaktorunfalls. Juli 2006.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1	Schema des nuklearen Notfallschutzes in Deutschland	4
Abb. 2.2	Organisation des Notfallschutzes in Deutschland, nach: /BMU 08/	5
Abb. 4.1	Planungsbereiche zur Verteilung von Jodtabletten, Quelle: /BFS 11/.....	22
Abb. 4.2	Mögliches Ablaufschema nach einem radiologischen Ereignis	42

Tabellenverzeichnis

Tab. 4.1	Eingreifrichtwerte für Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung, nach /SSK 14/	17
Tab. 4.2	Planungszonen.....	18
Tab. 4.2	Schutzfaktoren bei Aufenthalt in Gebäuden, nach /SSK 10/	20
Tab. 4.3	Dosierungsschema für Kaliumjodidtabletten, nach /SSK 09/.....	23
Tab. 4.4	Dosisgrenzwerte und -richtwerte nach StrlSchV, FwDV 500, LF 450.....	30
Tab. 4.5	Richtwerte für abgestufte Maßnahmen bei Kontamination der Haut, Quelle: /BMU 07a/.....	31
Tab. 4.6	In /BRO 07/ beschriebene Maßnahmen. Die Nummer entspricht dem zugehörigen Datenblatt. Nach: /SSK 10/.....	33
Tab. 4.7	Gebräuchliche Dekontaminationsmethoden und deren Wirksamkeit, nach /SSK 10/	36

Abkürzungsverzeichnis

ABC	atomar, biologisch, chemisch
AtG	Atomgesetz
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
CBRN	chemisch, biologisch, radiologisch, nuklear
DFK	Deutsch-Französische Kommission
DHS	United States Department of Homeland Security
DWD	Deutscher Wetterdienst
DWR	Druckwasserreaktor
DTPA	Diethylentriaminpentaessigsäure
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EU	Europäische Union
FwDV	Feuerwehrdienstvorschrift
GG	Grundgesetz
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
IAEO	Internationale Atomenergieorganisation; engl. IAEA: International Atomic Energy Agency
IMIS	Integriertes Mess- und Informationssystem
IND	Improvised Nuclear Device; improvisierte nukleare Sprengvorrichtung
KFÜ	Kernreaktor-Fernüberwachung
KKW	Kernkraftwerk
LASAIR	Lagrange-Simulation der Ausbreitung und Inhalation von Radionukliden
LF	Leitfaden
MKat-EI	elektronischer Maßnahmenkatalog
NGA	nuklearspezifische Gefahrenabwehr
PARK	Programm für die Abschätzung radiologischer Konsequenzen
PLUTO	Programm nach dem Leitfaden für den Fachberater Katastrophenschutz bei kerntechnischen Unfällen für den Fachberater Strahlenschutz und Technik vor Ort
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
RDD	Radiological Dispersal Device; radioaktive Dispersionsvorrichtung

RED	Radiation Emission Device; radioaktive Quelle, die mit dem Ziel einer Exposition von Personen deponiert wird
RODOS	Realtime Online Decision Support System
RSK	Reaktor-Sicherheitskommission
SAFER	Strahlenexposition als Folge eines Reaktorunfalls
SBG	Störfallberechnungsgrundlagen
SSK	Strahlenschutzkommission
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
StrVG	Strahlenschutzvorsorgegesetz
SWR	Siedewasserreaktor
TÜV	Technischer Überwachungsverein
USBV-R	Unkonventionelle Spreng- und/oder Brandvorrichtung mit radiologischer Beiladung, „schmutzige Bombe“
ZdB	Zentralstelle des Bundes