



Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn
<http://www.ssk.de>

**Erforderliche medizinische Kapazitäten für die Versorgung
und Betreuung der Bevölkerung im radiologischen und
nuklearen Notfall**

Empfehlung der Strahlenschutzkommission

Vorwort

Die bis zum 6. Februar 2018 in nationales Recht umzusetzende Richtlinie 2013/59/Euratom enthält auch Vorgaben für Notfallexpositionssituationen. Im Falle eines solchen Notfalls hat der betroffene Mitgliedstaat dafür Sorge zu tragen, dass Vorkehrungen für die Organisation der erforderlichen medizinischen Behandlung der betroffenen Personen getroffen werden. Darüber hinaus sind im Rahmen des Notfallmanagementsystems die Verantwortlichkeiten von Personen und Organisationen, die an der Notfallvorsorge und -reaktion beteiligt sind, im Vorhinein festzulegen. Dies betrifft auch die Organisation der medizinischen Versorgung.

Bezugnehmend sowohl auf die Vorgaben in der Richtlinie 2013/59/Euratom als auch auf die auf den Erfahrungen nach dem Reaktorunfall in Fukushima basierenden Empfehlungen der SSK, hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) um Beratung zur Organisation der medizinischen Versorgung im Falle eines radiologischen Notfalls in Deutschland gebeten.

Zur Erfüllung dieses Beratungsauftrages bildete die Strahlenschutzkommission eine Arbeitsgruppe, deren Aufgabe es war, die zur Bewältigung einer Notfallexposition der Bevölkerung notwendigen medizinischen Kapazitäten abzuschätzen, den sich daraus resultierenden Handlungsbedarf abzuleiten und den bestehenden Forschungsbedarf zu dieser Thematik aufzuzeigen.

Dieser Arbeitsgruppe haben die folgenden Mitglieder angehört:

- Herr Prof. Dr. Wolfgang Burchert, Herz- und Diabeteszentrum NRW, Bad Oeynhausen
- Herr Dipl.-Phys. Franz Fehringer, Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse, Köln
- Herr Dr. Werner Kirchinger, Helmholtz Zentrum München
- Herr Dipl.-Phys. Jürgen Kopp, Klinikum Augsburg
- Herr Vladimir Minkov, Bundesamt für Strahlenschutz, Neuherberg
- Herr PD Dr. Matthias Port, Sanitätsakademie der Bundeswehr Institut für Radiobiologie, München
- Herr Prof. Dr. Christoph Reiners, Universitätsklinikum Würzburg
- Frau Dr. Rita Schneider, Universitätsklinikum Würzburg

Bonn, im März 2017

Dipl.-Phys. Franz Fehringer

Vorsitzender der Arbeitsgruppe

Prof. Dr. Joachim Breckow

Vorsitzender der
Strahlenschutzkommission

INHALT

1	Einleitung.....	4
2	Beratungsauftrag	5
3	Empfehlung	5
4	Literaturübersicht zu Konzepten im medizinischen Notfallschutz	6
5	Betrachtete Szenarien und benötigte Ressourcen	10
5.1	Allgemeine Abschätzung der erforderlichen Kapazitäten	11
5.1.1	Präklinische Kapazitäten	11
5.1.2	Klinische Kapazitäten	11
5.1.3	Psychosoziale/psychiatrische Betreuung.....	12
5.2	Abschätzung der Anzahl der Betroffenen und der erforderlichen Kapazitäten.....	12
5.2.1	Unfall in einem deutschen KKW.....	12
5.2.2	Unfall in einem KKW im grenznahen Ausland	13
5.2.3	Unfall in einem KKW im übrigen Europa (Entfernung > 100 km von der deutschen Staatsgrenze).....	14
5.2.4	Unfall in einem KKW außerhalb Europas.....	14
5.2.5	Unfall in kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen, die keine KKW sind	14
5.2.6	Transportunfall.....	15
5.2.7	Terroristische oder anderweitig motivierte Handlungen.....	15
5.2.8	Auffinden herrenloser Quellen	17
5.2.9	Satellitenabsturz	17
6	Vorhandene Krankenhauskapazitäten in Deutschland und deren Weiterentwicklung	20
6.1	Anzahl medizinischer Einrichtungen.....	20
6.2	Regionale Verteilung	21
7	Organisation der medizinischen Versorgung und medizinisches Personal.....	21
8	Realisierung und Forschungsbedarf.....	23
8.1	Abgestuftes Versorgungskonzept.....	23
8.2	Realisierung.....	23
8.3	Erforderliche Mittel.....	24
8.4	Bedarf für Forschung und Entwicklung	24
9	Literatur	27
10	Glossar.....	36

1 Einleitung

Die bis zum 6. Februar 2018 in nationales Recht umzusetzende Richtlinie 2013/59/Euratom (Euratom 2014) enthält auch Vorgaben für Notfallexpositionssituationen.

„Die Mitgliedstaaten richten ein Notfallmanagementsystem und geeignete administrative Vorkehrungen zur Aufrechterhaltung eines solchen Systems ein. ...“

Das Notfallmanagementsystem umfasst Notfallpläne, die dazu dienen, Gewebereaktionen zu verhindern, die zu schweren deterministischen Wirkungen auf Personen innerhalb der betroffenen Bevölkerungsgruppe führen, und das Risiko stochastischer Wirkungen zu verringern ...“ (Art. 97). Die in den Notfallmanagementsystemen sowie den Notfallplänen zu berücksichtigenden Aspekte sind in Anhang XI der Richtlinie zusammengestellt.

Im Falle einer Notfallexposition der Bevölkerung hat der betroffene Mitgliedstaat dafür Sorge zu tragen, dass Vorkehrungen für die Organisation der erforderlichen medizinischen Behandlung der betroffenen Personen getroffen werden.

Darüber hinaus sind im Rahmen des Notfallmanagementsystems die Verantwortlichkeiten von Personen und Organisationen, die an der Notfallvorsorge und -reaktion beteiligt sind, im Vorhinein festzulegen. Dies betrifft auch die Organisation der medizinischen Versorgung.

In Anhang XI wird gefordert, dass *„Vorkehrungen für eine vorherige Unterweisung sowie Aus- und Fortbildung der Notfalleinsatzkräfte und aller sonstigen Personen, die bei der Notfallreaktion Aufgaben zu erfüllen haben bzw. Verantwortung tragen, einschließlich regelmäßiger Übungen ...“* zu treffen sind.

Die Strahlenschutzkommission hat im Februar 2015 die Empfehlung „Weiterentwicklung des Notfallschutzes durch Umsetzen der Erfahrungen aus Fukushima“ verabschiedet (SSK 2015). Dort wird u. a. zum medizinischen Notfallschutz empfohlen:

- *eine ausreichende Anzahl über Deutschland verteilter Kliniken für die Betreuung von Strahlenunfallpatienten verfügbar zu halten und die dafür benötigten Grundlagen zu schaffen. Über Schulungen und Training ist in diesen Kliniken ein angemessener Qualitätsstand zu gewährleisten. Die erforderliche apparative und personelle Kapazität soll vorgehalten werden. (Empfehlung 33)*
- *Kliniken nach Empfehlung 33 und deren Behandlungsmöglichkeiten und Nachweise des Qualitätsstandards zentral zu erfassen. Analog dem System der Regionalen Strahlenschutzzentren (RSZ) der Berufsgenossenschaften soll ein Erfahrungsaustausch aufgebaut werden. Die Kliniken sind in die ambulante medizinische Betreuung und insbesondere in die Beratung der Bevölkerung einzubinden. (Empfehlung 34)*

Ein Bedarf für ambulante medizinische Versorgung und Betreuung wird in erster Linie in einer qualifizierten Beratung in strahlenmedizinischen Fragen bestehen. Bei Strahlendosen, wie sie die Bevölkerung in der Umgebung von Fukushima erhalten hat, sind spezifische strahlenmedizinische Behandlung und Diagnostik weder sinnvoll noch möglich. Gleichwohl ist eine hohe Verunsicherung der Bevölkerung zu erwarten, die zum Bedürfnis nach Messungen und Beratung führen wird. Diese Aufgaben könnten in der Phase unmittelbar nach dem Ereignis mit Unterstützung der o. g. besonders qualifizierten Kliniken erfüllt werden. In diesem Sinne wird die Empfehlung der SSK zu Notfallstationen (SSK 2014) ergänzt und um die benötigten Kapazitäten für ein integriertes Beratungs- und Versorgungskonzept unter Einbeziehung nicht kerntechnischer Unfälle erweitert.

2 Beratungsauftrag

Aufgrund der Vorgaben in der Richtlinie 2013/59/Euratom (Euratom 2014) und den Empfehlungen der SSK basierend auf den Erfahrungen nach dem Reaktorunfall in Fukushima hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) der SSK einen Beratungsauftrag erteilt. Im Rahmen dieses Auftrages soll die SSK

- die existierende Literatur und die vorliegenden Konzepte für medizinische Notfallschutzmaßnahmen bezüglich ihrer Aktualität und Plausibilität bewerten,
- die zur Bewältigung aller Ereignisse und Szenarien des aktuellen Ereignis- und Szenarienkatalogs notwendigen medizinischen Kapazitäten abschätzen,
- dem BMUB Vorschläge für eine sach- und fachgerechte Umsetzung zur Erreichung dieser notwendigen medizinischen Kapazitäten unterbreiten sowie
- feststellen, inwieweit bezüglich der Thematik Forschungsbedarf besteht.

In der vorliegenden Empfehlung werden geplante Expositionssituationen und der Einsatz von Kernwaffen sowie die notwendigen Kapazitäten für die Nachsorge nicht betrachtet. Hinweise zur operativen Umsetzung, die grundsätzlich durch die Länder erfolgt, werden nicht gegeben.

3 Empfehlung

Hinsichtlich der medizinischen Versorgung und der Betreuung von Personen, die in einem radiologischen und nuklearen Notfall (im Weiteren: Notfall) möglicherweise einer erhöhten Strahlenexposition ausgesetzt waren, empfiehlt die SSK:

- die Erstellung eines abgestuften, integrierten Vorsorge- und Versorgungskonzepts, welches in Abhängigkeit von den Szenarien und den damit verbundenen erforderlichen Kapazitäten sowohl die Beratung und Versorgung von Einzelnen, die Vorsorge für die Betreuung vulnerabler Gruppen (z. B. Schwerkranke) als auch den Massenansturm von exponierten oder besorgten Personen abdeckt.
- ein Konzept zur individuellen psychosozialen und ggf. psychiatrischen Betreuung zu erarbeiten.
- eine angemessene Informations- und Kommunikationsstrategie zu entwickeln und vorzuhalten.
- die Einrichtung einer zentralen Koordinierungsstelle, die betroffene Personen geeigneten medizinischen Einrichtungen länderübergreifend zuweist. Diese Koordinierungsstelle soll über die jeweils aktuellen Behandlungskompetenzen und -kapazitäten der medizinischen Einrichtungen sowie der für den Notfall speziell ausgebildeten Ärzte informiert sein.
- die aktuelle Bestandsaufnahme der klinischen Behandlungskapazitäten und -kompetenzen durch die Fortführung regelmäßiger Erhebungen zu sichern, Mindestanforderungen an strukturelle, personelle und apparative Kapazitäten der Kliniken im Sinne eines verbindlichen Anforderungsprofils zu definieren sowie die Vorgaben für zertifizierte Aus-, Fort- und Weiterbildungen mit regelmäßigen Übungen zu erstellen. Letztere sollten in einer gesonderten Empfehlung formuliert werden.

- die Etablierung eines regelmäßigen Fach- und Erfahrungsaustauschs der qualifizierten Einrichtungen im Rahmen einer bundesweiten Vernetzung.
- die Aufnahme und den Ausbau von Forschungsprogrammen zum Verständnis und zur Diagnostik der akuten und chronischen Strahlenschäden, zur Entwicklung von Verfahren zur Vorbeugung und Behandlung akuter und chronischer Strahlenfolgen sowie zum Management von Strahlennotfallpatienten und zur Vorbereitung und Umsetzung der Kommunikation mit der Bevölkerung.

Die SSK weist darauf hin, dass zur Umsetzung die Beteiligung weiterer Ressorts neben dem BMUB erforderlich ist.

4 Literaturübersicht zu Konzepten im medizinischen Notfallschutz

Die verfügbare Literatur zu Konzepten im medizinischen Notfallschutz ist vielfältig und umfasst von allgemeinen Darstellungen der Katastrophen- und Notfallmedizin die ganze Bandbreite von handbuchartigen Beiträgen zur medizinischen Versorgung bei Strahlenunfällen und -vorfällen über Erfahrungen aus den Reaktorunfällen in Tschernobyl und Fukushima bis hin zu Detailfragen der medizinischen Versorgung, und der Kommunikation mit der Bevölkerung. Auf Empfehlungen zur Weiterbildung und zum Training sei besonders hingewiesen.

Umfassende Informationen zur medizinischen Versorgung bei Strahlennotfällen sind dem TMT-Handbuch (Rojas-Palma et al. 2009), den REACT/TS Trainingsunterlagen (REAC/TS 2013), dem IAEA Trainings Manual (IAEA 2014c) und den Publikationen von Dainiak (Dainiak et al. 2011a,b) zum akuten Strahlensyndrom (Acute Radiation Syndrom, ARS) zu entnehmen.

Im Folgenden sind die nach Einschätzung der SSK derzeit wesentlichen Literaturstellen nach Schwerpunkten aufgelistet:

Allgemeine Katastrophen- und Notfallmedizin

Neitzel und Ladehof 2015	Taktische Medizin, Notfallmedizin und Einsatzmedizin
BBK 2013	Katastrophenmedizin, Leitfaden für die ärztliche Versorgung im Katastrophenfall
IAEA 2013a	Actions to Protect the Public in an Emergency due to Severe Conditions at a Light Water Reactor
Scholz et al. 2013	Notfallmedizin
Knebel et al. 2011	Allocation of scarce resources after a nuclear detonation; setting the context
Luiz et al. 2010	Medizinische Gefahrenabwehr, Katastrophenmedizin und Krisenmanagement im Bevölkerungsschutz.

BBK und DGKM 2009

Notfall- und Katastrophen-Pharmazie.
Band 1: Bevölkerungsschutz und Medizinische
Notfallversorgung;
Band 2: Pharmazeutisches Notfallmanagement

Kapazitäten in Deutschland

Schneider und Reiners 2010

German hospital database – Allocation of patients to
appropriate hospitals

Organisation der medizinischen Versorgung

IAEA 2015a

Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological
Emergency, General Safety Requirements

IAEA 2014b

Radiation Protection and Safety of Radiation Sources:
International Basic Safety Standards, General Safety
Requirements

Wurmb et al. 2014

Schockraumversorgung von Patienten nach
Strahlenunfällen

REAC/TS 2013

The medical aspects of radiation incidents

IAEA 2012a

Lessons Learned from the Response to Radiation
Emergencies (1945-2010)

IAEA 2011

Criteria for Use in Preparedness and Response for a
Nuclear or Radiological Emergency, Generic Safety
Guide

Wolbarst et al. 2010

Medical response to a major radiologic emergency: a
primer for medical and public health practitioners

Rojas-Palma et al. 2009

Triage, Monitoring and Treatment of people exposed to
ionising radiation following a malevolent act. TMT
Handbook

SSK 2006a

Medizinische Maßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen,
Leitfaden für Ärztliche Berater der Katastrophen-
schutzleitung, Ärzte in Notfallstationen, Ärzte in der
ambulanten und stationären Betreuung

SSK 2006b

Der Strahlenunfall – Ein Leitfaden für Erstmaßnahmen

Weiterbildung, Training

IAEA 2014c

Medical Preparedness and Response for a Nuclear or
Radiological Emergency, Training Manuals

Sefrin und Schneider 2013

Präklinisches Strahlenunfallmanagement – Entwicklung
eines Curriculums für Notärzte

Reiners und Schneider 2012

Aus- und Weiterbildung von Ärzten im
Strahlenunfallmanagement

Folgen des Reaktorunfalls in Tschernobyl

Bazyka et al. 2016	Thyroid Cancer and the Chornobyl Accident in Ukraine: Experience with the implementation of a follow-up program
Zablotska et al. 2011	Thyroid cancer risk in Belarus among children and adolescents exposed to radioiodine after the Chornobyl accident
UN 2011b	Sources and the Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes Vol. II , Annex D: Health Effects Due to Radiation from the Chernobyl Accident

Erfahrungen aus dem Reaktorunfall in Fukushima

Carr et al. 2016	Protecting Public Health in Nuclear Emergencies – The Need to Broaden the Process
Miska 2016	Evaluation of the Response to the Fukushima Accident
IAEA 2015b	The Fukushima Daiichi accident
SSK 2015	Weiterentwicklung des Notfallschutzes durch Umsetzen der Erfahrungen aus Fukushima
Nagataki und Takamura 2014	A review of the Fukushima nuclear reactor accident; radiation effects on the thyroid and strategies for prevention
Tominaga et al. 2014	The Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in 2011
OECD/NEA 2013	The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident
UN 2014	Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami
WHO 2012	Preliminary dose estimation from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and tsunami
WHO 2013	Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on a preliminary dose estimation

Verlust von Strahlenquellen

IAEA 2013b	Sealed Radioactive Sources; Information, resources and advice for key groups about preventing the loss of control over sealed radioactive sources
Ortiz et al. 2000	Lessons from Major Radiation Accidents
NRC 1993	Loss of an Iridium-192 Source and Therapy Misadministration at Indiana Regional Cancer Center Indiana, Pennsylvania, on November 16, 1992

Einzelne Maßnahmen

Aufenthalt in Gebäuden

CDC 2015 A Guide to Operating Public Shelters in a Radiation
Emergency

Evakuierung

Murakami et al. 2015

Was the risk from nursing-home evacuation after the Fukushima Accident higher than the radiation risk?

Ohtsuru et al. 2015 Nuclear disasters and health: Lessons learned, challenges, and proposals

Walter et al. 2015 Simulation potentieller Unfallszenarien für den
Notfallschutz in der Umgebung von Kernkraftwerken
mit RODOS

Nomura et al. 2013	Mortality risk amongst nursing home residents evacuated after the Fukushima Nuclear Accident: A Retrospective Cohort Study
--------------------	--

NAIIC 2012 The official report of the Fukushima Nuclear Accident
Independent Investigation Commission (2012)

Tanigawa et al. 2012 Loss of life after evacuation: Lessons learned from the Fukushima accident

Iodblockade der Schilddrüse

Reiners und Schneider 2013 Potassium Iodide (KI) to Block the Thyroid from Exposure to I-131: Current Questions and Answers to be Discussed

SSK 2011 Verwendung von Jodtabletten zur Jodblockade der Schilddrüse bei einem kerntechnischen Unfall

Verger et al. 2001	Iodine Kinetics and Effectiveness of Stable Iodine Prophylaxis After Intake of Radioactive Iodine: a review
--------------------	---

WHO 1999 Guidelines for Iodine Prophylaxis Following Nuclear Accidents, Update 1999

Dekontamination / Monitoring

CDC 2014 Population Monitoring in Radiation Emergencies

Inkorporation/Dekorporation

Youngman et al. 2011 Guidance on screening people for internal radioactive contamination

NCRP 2010 Management of persons contaminated with radionuclides
- Handbook

HPA 2010 Use of prussian blue for decorporation of radiocaesium

Shaw et al. 2010 The international follow-up of individuals potentially exposed to polonium-210 in London 2006

Akutes Strahlensyndrom

Dainiak et al. 2011a	Literature Review and Global Consensus on Management of Acute Radiation Syndrome Affecting Non-Hematopoietic Organ Systems
Dainiak et al. 2011b	First Global Consensus for Evidence-Based Management of the Hematopoietic Syndrome Resulting from Exposure to Ionizing Radiation
UN 2011a	Sources and Effects of Ionizing radiation, UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes, Annex C: Early Health effects

Psychosoziale Probleme/Kommunikation

BfS - BBK - Uni Freiburg 2016	Bewältigung von psychosozialen Problemen und Kommunikationskonzepten im nuklearen Notfallschutz. Ergebnisse und Handlungsempfehlungen
IAEA 2015c	Method for Developing a Communication Strategy and Plan for a Nuclear or Radiological Emergency
IAEA 2012b	Communication with the public in a nuclear or radiological emergency

5 Betrachtete Szenarien und benötigte Ressourcen

Erhöhte Expositionen durch ionisierende Strahlung sind im Rahmen von Unfallereignissen, wie auch durch terroristische Handlungen oder anderweitig motivierte Handlungen, möglich. Die Detektion der Strahlenexposition kann insbesondere bei verdeckten Ereignissen mit Radionukliden sehr verzögert sein, sodass aufgrund von Kontaminationsverschleppung eine große Anzahl betroffener Personen auftreten kann. Darunter wird auch eine Vielzahl von Personen zu berücksichtigen sein, die nicht exponiert waren, die jedoch besorgt um ihre Gesundheit medizinischen Rat und Hilfe suchen.

Abhängig vom Szenario ist die gesamte Bandbreite von einzelnen Betroffenen bis hin zu Massenankäufen von Betroffenen denkbar. In den Planungen sind rein externe Expositionen gegenüber Expositionen durch Kontamination und Aufnahme von offenen Radionukliden, möglicherweise verbunden mit Kombinationsverletzungen, z. B. mit konventionellen Traumata, zu unterscheiden. Ferner muss bei der Versorgung einer exponierten Person zwischen Teil- und Ganzkörperexpositionen differenziert werden. Eine wesentliche Forderung für die Bewältigung von Notfallsituationen ist, dass eine Maßnahme immer mehr Nutzen als Schaden bringt. Dieses Prinzip gilt auch für Evakuierungsmaßnahmen, wo durch sorgfältige Planung gesundheitliche Beeinträchtigungen reduziert werden können (Ohtsuru et al. 2015, NAIIC 2012).

Für die meisten Szenarien gilt, dass die Anzahl der exponierten Personen, welche ein ARS entwickeln können, niedrig ist. Nur bei sehr wenigen Szenarien ist eine größere Anzahl an akut und hoch exponierten Personen denkbar.

Die Abschätzung der erforderlichen medizinischen Kapazitäten bezieht sich in erster Linie auf die Ereignisphase. Mit diesen Kapazitäten können dann in der nachfolgenden Zeit auch weitergehende Maßnahmen, z. B. Vorsorgeprogramme, abgedeckt werden.

5.1 Allgemeine Abschätzung der erforderlichen Kapazitäten

5.1.1 Präklinische Kapazitäten

Die notwendigen rettungsdienstlichen Kapazitäten sind insbesondere von der Anzahl der exponierten Personen mit mechanischem Trauma abhängig. Beim Einsatz einer „schmutzigen Bombe“ ist die Zahl der exponierten Personen stark von der Sprengstoffmenge, den Eigenschaften beigefügter Radionuklide und dem Detonationsort abhängig.

Beim Transport von kontaminierten Personen ist zu berücksichtigen, dass das Rettungsmittel bis zur Dekontamination bzw. Feststellung der Kontaminationsfreiheit für weitere Einsätze nicht kontaminierter Notfallpatienten ausfällt.

Der Monitoring-Bedarf von potenziell kontaminierten Personen kann sehr hoch sein (IAEA 2012a, Goiana: ca. 100 000 Personen; HHS 2005, National Planning Scenario #11: mehrere 10 000 Personen). Der Bedarf an Dekontaminationseinrichtungen ist jedoch in den meisten Fällen niedriger anzusetzen, da viele Betroffene mit Bedarf an Messungen zu erwarten sind, die jedoch einer geringen Exposition oder keiner Exposition ausgesetzt waren (besorgte Personen). In den meisten anderen Szenarien kann jedoch von sehr kleinen Fallzahlen ausgegangen werden. Auch bei einem INES 7-Ereignis in einem Kernkraftwerk werden voraussichtlich strahlennotfallmedizinische Kapazitäten, welche durch akute Strahlenexposition bedingt sind, kaum in größerem Maße erforderlich werden. Allerdings ist in der Ereignisphase mit einer Überprüfung von mehreren Hunderttausend Personen auf Kontamination zu rechnen, wenn die Erfahrungen aus den Reaktorunfällen in Tschernobyl und Fukushima sowie den Berechnungen, die nach dem Reaktorunfall in Fukushima für die Bundesrepublik Deutschland durchgeführt wurden (Walter et al. 2015), zugrunde gelegt werden. Im Wesentlichen wird sich die medizinische Versorgung für die große Anzahl der betroffenen Personen auf Vorsorgemaßnahmen (z. B. Iodblockade aufgrund der hohen Organdosis für die Schilddrüse) und Personendekontamination erstrecken. Die bisherigen Erfahrungen aus derartigen Unfällen lassen eine sehr große Anzahl an Personen mit akut lebensbedrohlichen Expositionen als unwahrscheinlich erscheinen. Jedoch sind hohe Kapazitäten für Messung und Dekontamination erforderlich.

5.1.2 Klinische Kapazitäten

Der Bedarf an spezialisierter Behandlung für exponierte Personen mit ARS ist in der Regel relativ gering, jedoch ist diese aufwändig (IAEA 2012a, Goiana: < 30 Personen; Akashi et al. 2001, Tokaimura: 3 Personen; HHS 2005, National Planning Scenario #11: keine Fälle von ARS). Eine Ausnahme bildet hier der Reaktorunfall in Tschernobyl mit einer relativ großen Zahl von stark exponierten Aufräumarbeitern.

Der Bedarf an Screening-Untersuchungen bei möglicher Kontamination und Inkorporation kann sehr hoch sein, wie der Fall Litvinenko aus dem Jahr 2006 zeigt (33 000 Kontaktaufnahmen (Zeit online 2006), Urin-Untersuchung bei über 700 Personen, Nachweis von Polonium aus Inkorporationen bei 139 Personen im Vereinigten Königreich (Fraser et al. 2012). Weitere über 600 Personen mit möglicher Inkorporation wurden international identifiziert ((Shaw et al. 2010); HHS 2005, National Planning Scenario #11: mehrere 10 000 Personen mit Inkorporation). Dies zeigt die Notwendigkeit, über die Bundesrepublik Deutschland verteilt ausreichend Einrichtungen zu schaffen, die bereit und befähigt sind, diese Personen adäquat zu versorgen (s. Kap. 6).

5.1.3 Psychosoziale/psychiatrische Betreuung

Die Erfahrungen aus den Reaktorunfällen in Tschernobyl und Fukushima zeigen, dass bereits im Ereignisfall eine individuelle psychosoziale und ggf. psychiatrische Betreuung der Betroffenen (z. B. auch bei posttraumatischer Belastungsstörung, PTBS) wesentlicher Bestandteil der Versorgung sein muss. Die Betreuung sollte durch für den Notfall ausgebildetes Personal erfolgen, z. B. durch Kräfte der psychosozialen Notfallversorgung (PSNV) mit Spezialausbildung. Daher ist eine angemessene Informations- und Kommunikationsstrategie mit individueller Betreuung von Einsatzkräften und Betroffenen (auch Evakuierten) zu entwickeln und vorzuhalten (Carr et al. 2016, BfS - BBK - Uni Freiburg 2016).

Speziell die Erfahrungen aus dem Reaktorunfall in Fukushima belegen, dass große Bevölkerungsgruppen nach einem solchen Unfall langfristig einer ambulanten oder stationären psychosozialen/psychiatrischen Betreuung bedürfen.

5.2 Abschätzung der Anzahl der Betroffenen und der erforderlichen Kapazitäten

Im Folgenden werden typische Szenarien beschrieben und in Hinblick auf die Anzahl an möglichen Betroffenen (exponierten und besorgten Personen) untersucht. Hinweise für die zu erwartende Anzahl an exponierten Personen liefern bereits aufgetretene Unfälle oder sind aus Simulationen abgeleitet worden.

In deutschen Kernkraftwerken ist bisher kein schwerer Störfall oder Unfall (Stufen INES 4 bis INES 7) aufgetreten. Beim bisher größten Reaktorunfall in Tschernobyl 1986 wurden über 10 Tage hohe Aktivitäten von Radionukliden unkontrolliert in die Umwelt freigesetzt. Insgesamt wurden weit über 300 000 Menschen umgesiedelt. Zur Schadensbegrenzung und für Aufräumarbeiten wurden über 500 000 Arbeiter eingesetzt. Es wurde bei 134 exponierten Personen ein ARS diagnostiziert, 28 starben in den ersten vier Monaten (UN 2011b). In der Bevölkerung wurde kein Fall eines ARS beobachtet. Die Schilddrüsenexposition der Bevölkerung durch abgelagerte Radionuklide war hoch, mehr als 6,4 Millionen Personen erhielten eine Schilddrüsendosis, die im Durchschnitt über 100 mSv lag.

Der Reaktorunfall in Fukushima im Jahr 2011 ist im Hinblick auf das Unfallgeschehen und auf die freigesetzte Aktivität (Iodäquivalent) eine Größenordnung kleiner als der Reaktorunfall in Tschernobyl einzustufen. Hinzu kommt, dass ein Großteil der freigesetzten Radionuklide nicht in bewohnte Gebiete, sondern in den Pazifik eingetragen wurde. In Hinblick auf akut zu versorgende exponierte Personen sind nur sehr geringe Zahlen zu nennen. Von den über 20 000 Arbeitern, die in der akuten Sicherung beteiligt waren, erhielten 167 effektive Dosen über 100 mSv, davon sechs über 250 mSv (Brumfiel 2012, UN 2014). In keinem Fall wurde ein ARS festgestellt. Eine akute Strahlenexposition, die einer Therapie bedurft hätte, ist auch in der Bevölkerung nicht aufgetreten (Tanigawa et al. 2012).

5.2.1 Unfall in einem deutschen KKW

Nach heutigem Kenntnisstand ist für die Planung der medizinischen Versorgung in Hinblick auf die Erstversorgung nicht mit exponierten Personen mit ARS aus der Bevölkerung zu rechnen. Neben einer vorsorglichen Versorgung mit stabilem Iod zur Iodblockade der Schilddrüse sind insbesondere eine angemessene Evakuierungsstrategie sowie eine an die Unfallsituation angepasste Anwendung von Schutzmaßnahmen wie „Aufenthalt in Gebäuden“ erforderlich. Ferner sind in kurzer Zeit Messkapazitäten (physikalisch, klinisch und biologisch) bereitzustellen, in denen eine große Zahl von Personen gemessen werden kann (s. Tabelle 2)

Eine notwendige medizinische Versorgung der in der unmittelbaren Gefahrenabwehr sowie der an Aufräumarbeiten auf dem Anlagengelände beteiligten Einsatzkräfte ist stark von dem tatsächlichen Unfallablauf abhängig. Dabei ist nicht auszuschließen, dass ein ARS oder lokale Strahlenschäden auftreten. Da in einer Anlage im Notfall auch mit konventionellen Verletzungen zu rechnen ist, müssen Möglichkeiten zur Dekontamination und Behandlung vorgehalten werden, die schnell erreichbar sind, aber möglichst in nicht-kontaminierten Gebieten liegen.

Betroffene (s. Tab. 1)

Die Anzahl von Personen mit möglichem ARS beschränkt sich auf die Beschäftigten innerhalb der Anlage und kann bis in den niedrigen dreistelligen Bereich reichen.

Für einen Eingreifrichtwert für die effektive Dosis von 100 mSv wurden in einer Simulation Evakuierungszahlen von über 200 000 Personen berechnet (Walter et al. 2015). In dieser Situation ist aus verschiedensten, nicht direkt strahlungsbedingten Ursachen mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität zu rechnen. Aufnahme und Versorgung auch von ggf. kontaminierten Personen wäre dann in Krankenhäusern, möglichst weit verteilt, sicherzustellen. Besonders schwer abzuschätzen ist der mögliche zusätzliche medizinische Behandlungsbedarf infolge einer unkontrollierten Selbstevakuierung.

Für einen wesentlich größeren Personenkreis (u. U. mehrere Millionen) sollten Kaliumiodid-tabletten zur Iodblockade der Schilddrüse leicht zugänglich sein.

Erforderliche Kapazitäten (s. Tab. 2)

1. Präklinisch: bis zu 200 000 betroffene Personen müssen u. U. gesichtet und einer Kontaminationsmessung – ggf. verbunden mit einer Dosisabschätzung – unterzogen werden. Dekontaminationen unter präklinischen Bedingungen könnten bei bis zu 1 000 Personen erforderlich werden.
2. Transport: etwa ein Drittel dieser 1 000 Personen könnte einer klinischen Akutversorgung bedürfen und müsste unter geeigneten Transportbedingungen in Spezial-einrichtungen transportiert werden.
3. Akutversorgung: in der Spezialeinrichtung sollten Kapazitäten für eine zweite Sichtung und Dekontamination von bis zu 300 Exponierten vorgehalten werden. Einer Spezialbehandlung lokaler Strahlenschäden bedürfen voraussichtlich weniger als 100 Personen; in der gleichen Größenordnung sollte sich die maximale Zahl der wegen eines ARS zu Versorgenden bewegen.
4. Psychosoziale/psychiatrische Betreuung: obwohl die Akutgefahr für Leib und Leben voraussichtlich deutlich weniger als 1 000 Personen betreffen wird, ist der Bedarf an psychosozialer/psychiatrischer Betreuung sehr hoch und kann sich auf mehrere 100 000 Personen erstrecken.

5.2.2 Unfall in einem KKW im grenznahen Ausland

Als grenznahe Anlagen im Ausland gelten Anlagen, die nicht weiter als 100 km von der deutschen Staatsgrenze entfernt sind.

Betroffene (s. Tab. 1)

Die Situation ist mit einer Anlage in Deutschland vergleichbar. Die Anzahl von Personen mit möglichem ARS beschränkt sich auf die Beschäftigten innerhalb der Anlage. Im Rahmen der

internationalen Unterstützung könnte die Notwendigkeit bestehen, Hilfeleistungen in Deutschland zu organisieren.

Es sollten Kaliumiodidtabletten zur Iodblockade der Schilddrüse für einen größeren Personenkreis (bis zu mehreren Millionen) leicht zugänglich sein.

Erforderliche Kapazitäten (s. Tab. 2)

1. Präklinisch: bis zu 100 000 betroffene Personen auf deutscher Seite müssen u. U. gesichtet und einer Kontaminationsmessung – ggf. verbunden mit einer Dosisabschätzung – unterzogen werden. Dekontaminationen unter präklinischen Bedingungen könnten bei bis zu 1 000 Personen erforderlich werden.
2. Transport: Im Rahmen der internationalen Hilfeleistung ist mit Anfragen nach Unterstützung aus dem benachbarten Ausland zu rechnen.
3. Akutversorgung: mit der Notwendigkeit der Spezialbehandlung von Exponierten auf deutschem Staatsgebiet in Spezialeinrichtungen ist nicht zu rechnen. Im Rahmen der internationalen Hilfeleistung ist ggf. mit Anfragen nach Unterstützung aus dem benachbarten Ausland zu rechnen.
4. Psychosoziale/psychiatrische Betreuung: Der Bedarf an psychosozialer/psychiatrischer Betreuung kann sich auf mehrere 100 000 Personen erstrecken.

5.2.3 Unfall in einem KKW im übrigen Europa (Entfernung > 100 km von der deutschen Staatsgrenze)

Betroffene (s. Tab. 1), erforderliche Kapazitäten (s. Tab. 2)

Medizinische Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung auf deutschem Gebiet, außer ggf. der Iodblockade der Schilddrüse, werden nicht notwendig sein, wohl aber eine Vorsorge zur Begrenzung der Strahlenexposition. Einzelne Maßnahmen zur Begrenzung der Strahlenexposition, z. B. bei einreisenden Personen und Importen, sind vorzusehen. Im Rahmen der internationalen Hilfeleistung ist ggf. mit Anfragen nach Unterstützung aus dem Ausland zu rechnen.

Es ist mit einer größeren Anzahl besorgter Personen zu rechnen.

5.2.4 Unfall in einem KKW außerhalb Europas

Betroffene (s. Tab. 1), erforderliche Kapazitäten (s. Tab. 2)

Medizinische Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung auf deutschem Gebiet sind nicht erforderlich. Einzelne Maßnahmen zur Begrenzung der Strahlenexposition, z. B. bei einreisenden Personen und Importen, sind vorzusehen. Im Rahmen der internationalen Hilfeleistung ist ggf. mit Anfragen nach Unterstützung aus dem Ausland zu rechnen.

Es ist mit einer größeren Anzahl besorgter Personen zu rechnen.

5.2.5 Unfall in kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen, die keine KKW sind

Dazu gehören auch Forschungsreaktoren und Einrichtungen, in denen Kritikalitätsunfälle auftreten können. Die Expositionen für Personen auf der Anlage können sehr hoch sein. Insgesamt ist nur mit einer sehr kleinen Zahl von exponierten Personen zu rechnen. Wie es der Unfall in Tokaimura gezeigt hat (Akashi et al. 2001), kann aufgrund der möglichen Schwere des ARS eine sehr umfangreiche Therapie in einer Spezialklinik erforderlich sein.

Betroffene (s. Tab. 1)

Die Anzahl von Personen mit möglichem ARS beschränkt sich auf die Beschäftigten innerhalb der Anlage. Aus radiologischen Gründen ist eine Evakuierung der Bevölkerung in der unmittelbaren Umgebung der Anlage im Allgemeinen nicht zu erwarten.

Erforderliche Kapazitäten (s. Tab. 2)

1. Präklinisch: bis zu 500 betroffene Personen müssen u. U. gesichtet und einer Kontaminationsmessung – ggf. verbunden mit einer Dosisabschätzung – unterzogen werden. Dekontaminationen unter präklinischen Bedingungen könnten bei bis zu 100 Personen erforderlich werden.
2. Transport: etwa 10 % dieser Personen könnten einer klinischen Akutversorgung bedürfen und müssten unter geeigneten Transportbedingungen in Spezialeinrichtungen transportiert werden.
3. Akutversorgung: in der Spezialeinrichtung sollten Kapazitäten für eine zweite Sichtung und Dekontamination von bis zu 10 Exponierten vorgehalten werden. Einer Spezialbehandlung lokaler Strahlenschäden bedürfen voraussichtlich weniger als 10 Personen; in der gleichen Größenordnung sollte sich die maximale Zahl der wegen eines ARS zu Versorgenden bewegen.
4. Psychosoziale/psychiatrische Betreuung: der Bedarf an psychosozialer Betreuung kann sehr hoch sein und sich auf mehrere 10 000 Personen erstrecken.

Im Rahmen der internationalen Hilfeleistung ist ggf. auch mit Anfragen nach Unterstützung aus dem Ausland zu rechnen.

5.2.6 Transportunfall

Wegen der strikten Regelungen beim Transport radioaktiver Quellen und offener radioaktiver Stoffe ist die Zahl betroffener Personen als insgesamt gering einzuschätzen.

Betroffene (Tab. 1), erforderliche Kapazitäten (s. Tab 2)

Bei einem Transportunfall handelt sich um ein lokales Ereignis. Mit dem Auftreten von Strahlenschäden ist nicht zu rechnen. Aufgrund der Sicherheitsvorkehrungen ist eine Exposition der Bevölkerung unwahrscheinlich.

Voraussichtlich wird die Sichtung, Kontaminationsmessung und ggf. Dekontamination unter präklinischen Bedingungen von weniger als 100 Betroffenen erforderlich werden; ggf. könnte bei 10 % der Exponierten auch eine Dekontamination in einer Spezialeinrichtung notwendig sein.

5.2.7 Terroristische oder anderweitig motivierte Handlungen

Es werden Vorfälle mit vorsätzlicher oder unbeabsichtigter Freisetzung von radioaktiven Stoffen oder Herbeiführung einer Expositionssituation betrachtet.

Anschläge durch Terroristen und anderweitig motivierte Handlungen sind im Hinblick auf die Auswirkungen von den zu betrachtenden Szenarien her mit denen von Unfällen vergleichbar. Die vorstellbaren Konsequenzen reichen von einzelnen lebensgefährlich kontaminierten Personen, wie im Fall Litvinenko (Miller et al. 2012) bis hin zu komplexen Szenarien mit vielen hundert Verletzten und Kontaminierten, wie beim Unfall von Goiania.

Allerdings können die Radionuklide auch verdeckt ausgebracht und initial nicht entdeckt werden, was eine weite Verbreitung zur Folge haben könnte. Im Fall Goiania wurde eine 50,9 TBq Strahlentherapiequelle mit Cs(137)Cl in Pulverform geöffnet. Insgesamt wurden bei diesem Ereignis 54 Personen durch das Cäsiumpulver so stark kontaminiert, dass sie stationär behandelt werden mussten, ca. 20 Personen bedurften einer Spezialtherapie, vier Patienten verstarben. Im Verlauf wurden über 100 000 Personen untersucht, von denen ca. 250 kontaminiert waren (IAEA 2012a). Dieser Vorfall zeigt auf, welches Potenzial Radionuklide für Terroristen haben können. Weltweit gibt es zahlreiche industrielle Strahlenquellen (z. B. Radionuklidbatterien in Leuchttürmen (Andersson et al. 2009)), deren Gefahrenpotenziale weit über derjenigen des Goiania-Unfalls liegen.

Zahlreiche Unfälle sind in Übersichtsarbeiten zusammengefasst; für Unfälle bei industriellen Anlagen, vagabundierenden Strahlenquellen und Unfällen in Zusammenhang mit Strahlentherapie sei beispielhaft auf die Publikation von Ortiz verwiesen (Ortiz et al. 2000).

Im Falle eines Einsatzes als radiologische Dispersionswaffe (Radiological Dispersal Device, RDD) oder eines Angriffs auf einen Radionuklidtransport kommt zur Verteilung der Radionuklide zusätzlich die konventionelle Verletzung der Opfer hinzu. Für das bedrohlichste Szenario mit einer RDD können leicht mehrere Dutzend bis hunderte hoch kontaminierte Verletzte angenommen werden. Bei effektivem und gegebenenfalls verdecktem Einsatz ist mit einem sehr hohen Untersuchungsaufkommen für Betroffene zu rechnen. Das US Department of Health & Human Services (HHS) hat dazu beispielhafte "Planning Scenarios" ausgearbeitet (HHS 2005). In dem Szenario Nr. 11 führt der Einsatz von RDDs an drei Anschlagorten in Geschäftsvierteln zu 180 Todesfällen, 270 Verletzten und 20 000 Personen, welche extern kontaminiert sind und zum erheblichen Teil Cs-137 inkorporiert haben. Weitere 50 000 besorgte Personen werden in Krankenhäusern vorstellig. Weitere Beispiele inklusive Modellberechnungen finden sich bei (Rosoff und von Winterfeldt 2007).

Betroffene (s. Tab. 1)

Die Anzahl von Personen mit möglichem ARS ist begrenzt, jedoch sind Kombinationsverletzungen möglich.

Es handelt sich zwar um ein lokales Ereignis, jedoch können abhängig von der Art des Anschlages Radionuklide verschleppt werden, was die Anzahl kontaminierter Personen in den Bereich von Tausenden rücken kann.

Die in Tabelle 1 gegebenen Abschätzungen beziehen sich auf ein einzelnes Ereignis und sind mit den beschriebenen fallabhängigen Unsicherheiten zu sehen.

Erforderliche Kapazitäten (s. Tab. 2)

1. Präklinisch: bis zu 1 000 betroffene Personen müssen u. U. gesichtet und einer Kontaminationsmessung – ggf. verbunden mit einer Dosisabschätzung – unterzogen werden. Dekontaminationen unter präklinischen Bedingungen könnten bei ebenfalls bis zu 1 000 Betroffenen erforderlich werden.
2. Transport: etwa ein Drittel dieser Personen könnte einer klinischen Akutversorgung bedürfen und müsste unter geeigneten Transportbedingungen in Spezialeinrichtungen transportiert werden.
3. Akutversorgung: in der Spezialeinrichtung sollten Kapazitäten für eine zweite Sichtung und Dekontamination von bis zu 300 Exponierten vorgehalten werden. Einer Spezialbehandlung lokaler Strahlenschäden bedürfen voraussichtlich weniger als

100 Personen; die Zahl der wegen eines ARS zu Versorgenden bewegt sich in der Größenordnung weniger als 10.

4. Psychosoziale/psychiatrische Betreuung: Der Bedarf an psychosozialer/psychiatrischer Betreuung ist sehr hoch und kann sich auf mehrere 100 000 Personen erstrecken.

5.2.8 Auffinden herrenloser Quellen

Es wird ein Unfall mit einer hochradioaktiven Quelle (HRQ) z. B. von Co-60 oder Ir-192 betrachtet.

Zu Unfällen mit verlorengegangenen Ir-192-Quellen, die zur Schweißnahtprüfung bei Rohrleitungen unter Feldbedingungen eingesetzt werden, liegen relativ umfangreiche Erfahrungen vor. Die Quellen können u. U. hohe lokale Dosen bei Exponierten verursachen, wenn diese die Quellen an sich nehmen oder sich längere Zeit im Strahlenfeld der unbekannten Quelle aufhalten. Beispiele sind der Strahlenunfall von Lilo (IAEA 2013b) mit 11, in Istanbul (IAEA 2013b) mit fünf oder in Lia (IAEA 2014a) mit vier tatsächlich Exponierten. Typisch für diese Szenarien sind in der Regel kutane Strahlenläsionen. Diese erfordern, aufgrund der zum Teil sehr hohen Aktivität und der Unkenntnis über die Strahlenquelle verbunden mit der langen Expositionszeit, sehr umfangreiche Behandlungsmaßnahmen bis hin zum großflächigen Entfernen betroffener Haut- und Muskelareale. Betroffen können auch Kontaktpersonen außerhalb des beruflichen Umfeldes sein (IAEA 2012a), was zu einer deutlichen Ausweitung der zu untersuchenden Personen führen kann.

Grundsätzlich sind hier vergleichbare Expositionsmuster wie auch bei vagabundierenden Strahlenquellen zu erwarten, die von Terroristen als „hidden radiological exposure device“ eingesetzt werden können. In Zusammenhang mit HRQ traten auch Unfälle auf, welche zur Entwicklung eines ARS führten (IAEA 2012a).

Betroffene (s. Tab 1), erforderliche Kapazitäten (s. Tab. 2)

Betroffen sind in der Regel Einzelpersonen. Trotzdem ist bei einigen Wenigen mit schweren lokalen Strahlenschäden und u. U. auch einem ARS zu rechnen.

5.2.9 Satellitenabsturz

Die radiologischen Auswirkungen bei einem Satellitenabsturz sind sehr schwer allgemein zu beschreiben, da sie vom Typ der im Satelliten eingebauten Radionuklidbatterie und dem genauen Hergang des Absturzes inklusive der lokalen Situation am Aufschlagsort abhängig sind. Es handelt sich in der Regel um ein vorhersagbares Ereignis mit der Möglichkeit, die Exposition von Betroffenen durch Warnungen und den Einsatz entsprechend bereitgestellter Messeinrichtungen gering zu halten.

Betroffene (s. Tab. 1), erforderliche Kapazitäten (s. Tab. 2)

Betroffen sind in der Regel Einzelpersonen. Bei einigen Wenigen ist mit Kontamination, kombinierten Verletzungen und externen Strahlenschäden zu rechnen.

Tab. 1: *Geschätzte Anzahl Betroffener in Deutschland, die medizinische Maßnahmen erfordern, bei verschiedenen radiologischen Notfallszenarien*

Szenarien	Leichtes Strahlensyndrom	Schweres Strahlensyndrom Spezialbehandlung	Lokales Strahlensyndrom	Kombiniertes Trauma	Kontamination	Inkorporation¹	Psycholog. Effekte
Unfall in einem deutschen KKW	100-1 000	10-100	10-100	10-100	200 000	1 000 000	+++
Unfall in einem KKW im grenznahen Ausland	–	–	–	–	50 000 bis 200 000	100 000 bis 1 000 000	+++
Unfall in einem KKW im übrigen Europa	–	–	–	–	–	10 000 bis 50 000	++
Unfall in einem KKW außerhalb Europas	–	–	–	–	–	–	++
Unfall in KT-Anlagen und Einrichtungen, die keine KKW sind	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	+
Transportunfall	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	+
Terroristische oder anderweitig motivierte Handlung	bis zu 1 000	1-10	10-100	10-100	bis zu 1 000	bis zu 1 000	+++
Auffinden herrenloser Quellen	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	+
Satellitenabsturz	–	–	1-5	1-5	1-5	1-5	+

¹ Einschließlich möglicher Iodinkorporation

+ wenige, ++ viele, +++ sehr viele betroffene Personen; - keine Personen erwartet

Tab. 2: *Geschätzte Anzahl von Personen, für die bei verschiedenen radiologischen Notfallszenarien Behandlungskapazitäten vorzuhalten sind*

	Präklinisch				Transport	Klinisch in der Spezialeinrichtung					Psychosozial/ psychiatrisch
	erste Sich- tung	Konta- mina- tions- messung	Dosis- abschät- zung	Dekon- tamina- tion	Spezial- transport potentiell Kontami- nierte	zweite Sich- tung	Dekon- tamin- ation	Dekor- poration	Lokalbe- handlung	Intensivbehandlung (ARS)	Psychosoziale/ psychiatrische Betreuung
Unfall in einem deutschen KKW	1 000- 200 000	1 000- 200 000	1 000- 200 000	<1 000	<300	<300	<300	<100	<100	<100	+++
Unfall in einem KKW im grenznahen Ausland	1 000- 100 000	1 000- 100 000	1 000- 100 000	<1 000	<150	Evtl. im Rahmen der internationalen Unterstützung					+++
Unfall in einem KKW im übrigen Europa	–	–	–	–	Evtl. im Rahmen der internationalen Unterstützung						++
Unfall in einem KKW außerhalb Europas	–	–	–	–							+
Unfall in KT-Anlagen und Einrichtungen, die keine KKW sind	<500	<500	<100	<100	<10	<10	<10	<10	<10	<10	++
Transportunfall	<100	<100	<50	<50	<10	<10	<10	<10	–	–	+
Terroristische oder anderweitig motivierte Handlung	<1 000	<1 000	<1 000	<1 000	<300	<300	<300	<100	<100	<10	+++
Auffinden herrenloser Quellen	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	+
Satellitenabsturz	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	–	+

+ wenige, ++ viele, +++ sehr viele Betreuungsteams sind vorzuhalten; - keine Personen erwartet

6 Vorhandene Krankenhauskapazitäten in Deutschland und deren Weiterentwicklung

Seit 2007 erstellt das REMPAN (Radiation Emergency Medical Preparedness and Assistance Network) Kollaborationszentrum der Weltgesundheitsorganisation (WHO) an der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin des Universitätsklinikums Würzburg im Rahmen eines Forschungsvorhabens jährlich einen flächendeckenden Überblick vorhandener klinischer Kapazitäten und Kompetenzen zur Versorgung von Strahlennotfallpatienten. Ein Konzept zur Zuweisung von Patienten an qualifizierte Kliniken ermöglicht es zudem, abgestimmte Behandlungsangebote in kurzer Zeit auszuwählen (Schneider und Reiners 2010). Das im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) durchgeführte Vorhaben erfolgte zunächst unter Federführung des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) und später der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS).

In jährlichen Erhebungen werden deutschlandweit allgemeine Klinikinformationen, Struktur- und Leistungsdaten, die personelle Ausstattung sowie die spezielle Behandlungsexpertise für Strahlennotfallpatienten und die Bereitschaft der Kliniken zur Aufnahme und Behandlung dieser Patienten erfragt. Die Umfrageergebnisse werden in einer Microsoft(MS)-Access-Datenbank dokumentiert. Alle wesentlichen Informationen werden in übersichtlicher Form auf einer einem eng begrenzten behördlichen Nutzerkreis zugänglichen Internetseite dargestellt, die über unterschiedliche Suchfunktionen (Bundesland oder Krankheitsbild/Behandlungsmöglichkeit) die Auswahl geeigneter Kliniken ermöglicht. Die SSK empfiehlt, die aktuelle Bestandsaufnahme der klinischen Behandlungskapazitäten und -kompetenzen durch die Fortführung regelmäßiger Erhebungen zu sichern. Zur praktischen Umsetzung der Zuweisung dieser Patienten an geeignete Kliniken wird die Errichtung einer zentralen Koordinierungsstelle empfohlen. Vorschläge zur Realisierung werden in Kapitel 7 diskutiert.

6.1 Anzahl medizinischer Einrichtungen

Die nicht-repräsentativ ausgewählten Kliniken rekrutieren sich aus universitären und nicht-universitären Kliniken, Krankenhäusern der Bundeswehr und Berufsgenossenschaft sowie spezialisierten Zentren für Stammzelltransplantation, Schwerbrandverletzte und Strahlenschutz der Berufsgenossenschaft. Seit 2007 ging die Anzahl der in die Umfragen eingeschlossenen Kliniken von 99 auf 83 zurück (Erhebungsjahr 2015).

In den bisherigen 9 Erhebungen waren ein hoher Rücklauf von 60 bis 70 Krankenhäusern und eine hohe Teilnahmebereitschaft von durchschnittlich 50 Kliniken zu verzeichnen. Ein fester Stamm von insgesamt 35 Kliniken bekundet seit 2007 durchgehend seine Bereitschaft, Strahlennotfallpatienten aufzunehmen und zu behandeln sowie am freiwilligen Vermittlungsverfahren teilzunehmen. Damit würde deutschlandweit eine geringe, aber konstante Zahl an klinischen Versorgungseinrichtungen zur Verfügung stehen. Über die Liste der Einrichtungen verfügt das BMUB. Die SSK empfiehlt, einen regelmäßigen Fach- und Erfahrungsaustausch dieser letztgenannten Kliniken im Rahmen einer bundesweiten Vernetzung zu etablieren.

Zur Ermittlung der klinischen Strukturdaten werden die Zahl und Art der vorhandenen bettenführenden und nicht-bettenführenden medizinischen Fachabteilungen und der nicht-medizinischen Fachabteilungen wie Medizinphysik, Radiochemie und Radiobiologie erhoben. Die Zahl aller verfügbaren Betten, der Intensiv-, Beatmungs- und sogenannten Sterilbetten in diesen Fachabteilungen wird ebenso erfasst wie die Zahl der jährlich behandelten Patienten sowie die Zahl der ärztlichen Mitarbeiter und der im Strahlenschutz ermächtigten Ärzte. Die SSK empfiehlt, Mindestanforderungen an strukturelle, personelle und apparative Kapazitäten der Kliniken im Sinne eines verbindlichen Anforderungsprofils zu definieren.

Die Behandlungskompetenz für unterschiedliche Szenarien wird von den Krankenhäusern selbst eingeschätzt. Am häufigsten vorhanden ist die Behandlungskompetenz für das kutane Strahlensyndrom, gefolgt von der Kompetenz für die externe Teil- oder Ganzkörperexposition und Kontamination. Die Expertise hinsichtlich Inkorporationen wird am niedrigsten eingeschätzt.

Die wenigsten Kliniken verfügen über Strahlennotfallaufnahmen oder halten Alarmpläne für den Notfall vor. Fortbildungen und Übungen zu Notfallszenarien werden von einem geringen Prozentsatz der Kliniken durchgeführt.

Die Teilnahme an den Erhebungen und die Auskunft über fachliche Kompetenzen und vorhandene personelle und strukturelle Kapazitäten sind freiwillig. Alle gemachten Angaben basieren auf einer Selbsteinschätzung der teilnehmenden Kliniken, die bisher keiner Überprüfung bzw. externen Qualifizierung unterliegen. Die Ergebnisse der Erhebungen lassen nur bedingt Rückschlüsse auf die Behandlungsqualität der Kliniken im Falle eines tatsächlichen Notfalls zu. Die Gewährleistung eines angemessenen, einheitlichen Qualitätsstandards erfordert jedoch zertifizierte Aus-, Fort- und Weiterbildungen sowie regelmäßige Übungen und deren flächendeckende Durchführung.

6.2 Regionale Verteilung

In Deutschland kommen durchschnittlich 1,1 Kliniken zur Versorgung von Strahlennotfallpatienten auf eine Million Einwohner. Die regionale Verteilung der in die Erhebung eingeschlossenen Krankenhäuser spiegelt die Bevölkerungsdichte der Bundesländer wider. Die Zahl der Kliniken pro eine Million Einwohner schwankt zwischen 0,7 für Schleswig-Holstein und 1,8 für Mecklenburg-Vorpommern. Für Bremen und Hamburg liegt die Anzahl ausgewählter Kliniken mit 2,9 pro Million Einwohner über dem bundesdeutschen Durchschnitt.

In der Erhebung des Jahres 2015 stand in nahezu allen Bundesländern mindestens ein Krankenhaus für die Versorgung von Strahlennotfallpatienten zur Verfügung. In Abhängigkeit von den Szenarien und den damit verbundenen erforderlichen Kapazitäten ist ein abgestuftes Versorgungskonzept zu erstellen, das sowohl die Versorgung von einzelnen Personen, als auch den Massenanfall von Betroffenen abdeckt.

7 Organisation der medizinischen Versorgung und medizinisches Personal

In der Veröffentlichung der Strahlenschutzkommission Band 32 „Der Strahlenunfall“ (SSK 2006b) wird in der zweiten überarbeiteten Auflage in Kapitel 7 „Unfallmanagement und Behandlungsmöglichkeiten“ der „Strahlenschutzarzt“ genannt. Derzeit ist dies ein ermächtigter Arzt im Strahlenschutz, der primär Aufgaben in der arbeitsmedizinischen Vorsorge und der Eignungsbeurteilung übernimmt. Im Band 4 der Veröffentlichungen der SSK „Medizinische Maßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen“ (SSK 2006a) wird ein sowohl im Strahlenschutz als auch in der Katastrophen- und Notfallmedizin speziell fortgebildeter Arzt als „Strahlenschutzarzt“ definiert. Es handelt sich dabei allerdings nicht um eine Fachgebietsbezeichnung nach der Weiterbildungsordnung für Ärzte und auch nicht um eine Zusatzbezeichnung nach den Statuten der Bundesärztekammer, sondern um einen Arzt, der im Rahmen der strahlenmedizinischen Notfallversorgung eingesetzt wird (Wurmb et al. 2014).

Es ist daher notwendig, zu einer einheitlichen Bezeichnung der im Strahlenschutz tätig werdenden Ärzte zu kommen und gleichzeitig die Konsistenz mit den früheren Empfehlungen der SSK zu bewahren.

Hierzu schlägt die SSK folgende Bezeichnungen und Tätigkeitszuordnungen vor:

- Im Strahlenschutz ermächtigter Arzt (im Folgendem ermächtigter Arzt):
Arzt, der die Betriebe in betrieblichen Strahlenschutzfragen berät. Er ist auch für die im Strahlenschutzrecht geforderten Eignungsuntersuchungen zuständig, da die betrieblichen Bedingungen im Einzelfall mit über die Eignung entscheiden können.
- Strahlennotfallarzt:
Arzt, der in einem Notfall zur Versorgung bzw. Behandlung der Strahlennotfallpatienten tätig wird.
- Strahlenschutzarzt:
Sammelbegriff für den ermächtigten Arzt und Strahlennotfallarzt.

Der ermächtigte Arzt ist im Strahlenschutzrecht etabliert. Die Bezeichnung ermächtigter Arzt kann geführt werden, wenn der Landesgewerbearzt die Ermächtigung ausgesprochen hat. Voraussetzungen für die Ermächtigung sind u. a. „eine mehrjährige praktische ärztliche Tätigkeit in einem oder mehreren für die Aufgaben des ermächtigten Arztes relevanten Gebieten mit insbesondere arbeitsmedizinischen Inhalten“ sowie die erfolgreiche Teilnahme an einem Kurs zur Erlangung „der Fachkunde für die arbeitsmedizinische Vorsorge beruflich strahlenexponierter Personen durch ermächtigte Ärzte“. Diese Forderungen machen deutlich, dass der ermächtigte Arzt sowohl profunde Kenntnisse über die innerbetrieblichen Abläufe wie auch Kenntnisse im Strahlenschutz besitzen muss.

Die Aufgaben des ermächtigten Arztes nach Strahlenschutzrecht werden als Teil des Arbeitsschutzes verstanden.

Dem Strahlennotfallarzt obliegt im Gegensatz zum ermächtigten Arzt in Notfallexpositionssituationen die Versorgung und Behandlung der Betroffenen.

Mit dem Erwerb der erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten sollte eine entsprechende neue Fachkunde im Strahlenschutz beantragt werden können. Diese sollte sich auch auf das nicht-medizinische Personal beziehen, das in einem Notfall tätig wird. Eine geeignete Bezeichnung für diese Fachkunde im Strahlenschutz scheint daher „Strahlennotfallmanagement“. Hierzu erarbeitet die SSK zurzeit eine Empfehlung.

Der Begriff Strahlenschutzarzt wird als Sammelbegriff zum ermächtigten Arzt und zum Strahlennotfallarzt eingeführt. Damit wird deutlich, dass sich der Strahlenschutz nicht nur auf die Anwendung ionisierender Strahlung bezieht (geplante und bestehende Expositionssituation), sondern auch Maßnahmen in Notfallexpositionssituationen, in diesem Fall speziell medizinische Maßnahmen, im Vorfeld bedacht und organisiert hat.

Strahlennotfallärzte sollen bereits bei der Katastrophenschutzplanung zur Beratung mit eingebunden sein und später in der Katastrophenschutzleitung tätig werden. Ebenso sollen sie in der Notfallstation die erforderlichen medizinischen Maßnahmen veranlassen und durchführen. Um im Notfall eine ausreichende Zahl von Ärzten zur Verfügung zu haben, wird von der SSK die Einführung einer entsprechenden Weiterbildung empfohlen. Diese sollte möglichst das gesamte Spektrum medizinischer Fachkompetenz ansprechen und das für den Notfallschutz notwendige Wissen vermitteln (Sefrin und Schneider 2013).

Dies könnte durch eine entsprechende Zusatzqualifikation (Fortbildungsveranstaltung zum Thema „Strahlennotfallmanagement“ mit praktischen Übungen) erfolgen (Reiners und Schneider 2012).

Eine wiederkehrende Auffrischung des Wissens (z. B. alle fünf Jahre) sollte vorgeschrieben werden.

Diese Zusatzqualifikation sollte neben den interessierten Ärzten auch Medizin-Physikern, Rettungsdienst- und Assistenzpersonal offen stehen, um den Patienten in einem Team sachgerecht zu versorgen und die Weichen für die weitere Versorgung zu stellen.

Die SSK empfiehlt, einen bundesweiten Pool von Personen mit dieser Zusatzqualifikation den einschlägigen Stellen/Behörden zur Verfügung zu stellen. Regional sollte dieser Pool auch bei den Integrierten Leitstellen zur Alarmierung von Feuerwehr und Rettungsdienst (ILS) hinterlegt sein.

Da Notfälle in Deutschland sehr seltene Ereignisse sind, fehlt die Erfahrung bei deren Bewältigung. Die Regelwerke, Dienstvorschriften, Leitfäden und Empfehlungen der verschiedenen Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS-Organisationen) sind uneinheitlich. Um die reibungslose überregionale Zusammenarbeit zu ermöglichen, sollten die Regelwerke, Dienstvorschriften, Leitfäden und Empfehlungen bundesweit harmonisiert werden.

8 Realisierung und Forschungsbedarf

8.1 Abgestuftes Versorgungskonzept

Ausgehend von den im Kapitel 5 dargestellten Szenarien ergibt sich die Notwendigkeit, für Notfälle Betten in stationären Spezialeinrichtungen für einzelne bis mehrere hundert Personen vorzuhalten. Präklinisch und ambulant kann die Zahl der zu Versorgenden bis zu einigen Hunderttausend ansteigen. Hier besteht insbesondere großer Bedarf an geschulten Kriseninterventionskräften für die Akutversorgung und an Psychologen/Psychiatern für die langfristige Versorgung von betroffenen Personen z. B. mit posttraumatischen Belastungsstörungen (PTBS).

Für die adäquate medizinische Versorgung von betroffenen Personen ist eine zentrale Koordinierungsstelle unerlässlich, die ein Netzwerk von zertifizierten Einrichtungen für die stationäre und ambulante Versorgung sowie die Bereitstellung von qualifiziertem Personal organisiert. Die Verfügbarkeit von ausreichend geschultem Personal verschiedener Fachgruppen ist wesentliche Voraussetzung für die Umsetzung des Konzepts zur effektiven Versorgung.

8.2 Realisierung

Die einzurichtende Koordinierungsstelle könnte analog der „zentralen Anlaufstelle für die Vermittlung von Krankenhausbetten für Schwerbrandverletzte“ mit einer 24-Stunden-/7-Tage-Bereitschaft organisiert werden. Allerdings sollte sich der Zugang zu dieser Koordinierungsstelle nicht auf Telefon- oder E-Mail-Kontakte beschränken. Es wird empfohlen, eine geschützte Internetplattform einzurichten, die nur einer noch zu definierenden Gruppe von Zugangsberechtigten zugänglich ist.

Es bietet sich an, dass diese Koordinierungsstelle auch die Aufgabe der regelmäßigen Erfassung und Überprüfung der verfügbaren stationären Behandlungskapazitäten übernimmt. Diese

Überprüfung sollte Bestandteil einer Zertifizierung der teilnehmenden Spezialbehandlungseinheiten sein, wobei die personelle Ausstattung und fachliche Kompetenz und die Infrastruktur der Einrichtung (z. B. verfügbare Betten und Strahlenschutzvorrichtungen wie Messtechnik, Lagerungs- und Entsorgungskapazitäten etc.) zu überprüfen ist. Als Vorbild für eine derartige Zertifizierung könnte das Trauma-Netzwerk der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie dienen.

Eine zentrale Rolle spielen speziell ausgebildete Ärzte mit fundiertem Fachwissen in den Grundlagen des Strahlenschutzes und der Strahlenschutz-Messtechnik, den Unfallabläufen, den Strahlenschäden und deren Behandlung sowie der ärztlichen Betreuung von Strahlennotfallpatienten und deren Angehörigen (Strahlennotfallarzt). Diese Ärzte rekrutieren sich aus verschiedensten Fachgruppen, wie Notärzte, Intensiv- und Unfallmediziner, Strahlentherapeuten, Nuklearmediziner, Hämatologen, Dermatologen, ermächtigte Ärzte. Dem Strahlennotfallmanagement gehören neben diesen Ärzten auch Medizin-Physiker, Rettungskräfte, Techniker und medizinisches Assistenzpersonal an.

Daneben bedarf es in den Grundlagen des Strahlenschutzes und den Prinzipien der Versorgung von betroffenen Personen gut ausgebildeter Krisenhelfer und für die nachfolgende Zeit Psychologen und Psychiater mit spezifischen Kenntnissen zur Versorgung von Betroffenen mit PTBS.

8.3 Erforderliche Mittel

Die Finanzierung insbesondere aufwändiger Vorrichtungen für die Notfallversorgung (wie von Spezialeinrichtungen für die Behandlung von Strahlenunfällen) ist nach dem derzeitigen System für die Finanzierung der Krankenhäuser in Deutschland absolut unzureichend. Für die Vorrichtungen einer zentralen Koordinierungsstelle und für die Zertifizierung von stationären Spezialeinrichtungen sowie für die fachspezifische Aus-/Fort- und Weiterbildung des Personals gibt es bisher keine Finanzierung.

Weiterhin ist die Finanzierung der extrem aufwändigen Therapie von schwersterkrankten Strahlennotfallpatienten ungeregelt. Die Behandlungskosten für die drei an einem akuten Strahlensyndrom erkrankten Patienten des Strahlenunfalls von Tokaimura in Japan 1999 beliefen sich auf insgesamt rund 3 Mio. US Dollar. Man musste zusätzlich die Erfahrung machen, dass eine sehr gut ausgestattete Universitätsklinik wegen der damit verbundenen Anforderungen an die verschiedensten medizinischen Fachdisziplinen und die gesamte Infrastruktur nicht mehr als zwei derartige Patienten gleichzeitig behandeln kann (M. Akashi, persönliche Mitteilung).

8.4 Bedarf für Forschung und Entwicklung

In der Versorgung in radiologischen und nuklearen Notfallszenarien existieren weiterhin deutliche Lücken. Diesem Umstand wird im internationalen Rahmen Rechnung getragen, allerdings werden weder in Deutschland noch auf EU-Ebene für diesen Bereich ausreichend spezifische Fördermittel bereitgestellt. Forderungen zum Kompetenzerhalt (SSK 1993, SSK 2006c, SSK 2006d) haben dies bereits aufgezeigt, zielen aber primär nicht auf Notfallschutzthemen, sondern zumeist auf Anwendungen in der Medizin oder „Strahlung und Umwelt“. Für den Notfallschutz ist zusätzlich eine Fokussierung auf akute Strahlenschäden, sowie langfristige Strahlenfolgen nach missbräuchlicher Anwendung von ionisierender Strahlung erforderlich. Dies beinhaltet auch Grundlagenforschung zur Entwicklung konkreter Verfahrensabläufe im medizinischen Notfallschutz. Beispielhaft hierfür ist die Erarbeitung von

Konzepten zur Durchführung und Rechtfertigung von medizinischen Screening-Programmen einschließlich deren Kommunikation und Auswertekriterien.

Zur Behandlung von Strahlenfolgen sind institutionalisierte Versorgungseinrichtungen sowie Forschungsprogramme aber auch institutionelle Forschungseinrichtungen notwendig, die das grundsätzliche Verständnis der akuten und chronischen Strahlenschäden verbessern. Diese Forschungsprogramme sollten neben der Diagnostik auch Verfahren zur Vorbeugung und Behandlung entwickeln.

Relevante Themenbereiche (NIH 2012), in denen die Forschung gestärkt werden soll, umfassen (exemplarische Beispiele):

- (a) Grundlagenforschung
 - a. Verständnis und Pathogenese von akuten Strahlenschäden
 - b. Grundlagenuntersuchungen zu chronischen Strahlenschäden inklusive molekularbiologischer und molekularbiologisch-epidemiologischer Analysen
 - c. Untersuchungen zur individuellen Radiosensitivität
- (b) Biodosimetrie/retrospektive Dosimetrie
 - a. Verbesserung/Etablierung einer Frühdiagnostik
 - b. Optimierung Sequentialdiagnostik
 - c. Etablierung Hochdurchsatzdiagnostik akuter Strahlenschäden
 - d. Optimierung/Ausbau Spätdiagnostik auch für gutachterliche Fragestellungen chronischer Strahlenschäden
- (c) Entwicklung von Produkten und Methoden zur Prophylaxe (primär, sekundär und tertiär) und Therapie akuter sowie chronischer Strahlenschäden
 - a. Dekontaminationshilfen
 - b. Radionukliddekorporation
 - c. Medikamentöse Therapieverfahren
 - d. zelluläre Therapieverfahren (z. B. Verwendung mesenchymaler Stammzellen) im Rahmen der „regenerativen Medizin“
- (d) Verbesserung der Forschungsinfrastruktur/ Kooperation
 - a. Stärkung/Ausbau institutioneller Forschungseinrichtungen
 - b. Stärkung kooperativer Forschungsansätze im medizinischen Notfallschutz
 - c. Entwicklung einer adäquaten „Logistik“ für die Versorgung von Strahlennotfallpatienten.
- (e) Psychosoziale Forschung, Risikokommunikation
 - a. Entwicklung eines verständlichen Maßes zur Einschätzung unterschiedlicher gesundheitlicher und psychosozialer Risiken und Gefahren und individuelle Charakterisierung des Risikos insbesondere für vulnerable Gruppen der Bevölkerung (Kleinkinder, Schwangere, Kranke...)
 - b. Vorbereitung der Bevölkerung auf radiologische und nukleare Gefahrenlagen mit dem Ziel der Steigerung der Resilienz
 - c. Entwicklung geeigneter Kommunikationsstrategien für Strahlenunfallszenarien
 - d. Entwicklung einer psychosozialen und psychiatrischen Betreuungsmatrix für Betroffene (exponierte und besorgte Personen)
 - e. Entwicklung systematischer Programme für die Nachbetreuung auch großer Bevölkerungsgruppen
 - f. Entwicklung von Programmen für die Aus-/Fort- und Weiterbildung von Einsatzkräften unterschiedlichster Fachgruppen.

Es soll darauf hingewirkt werden, dass analog zum Kompetenzverbund Strahlenforschung Verbundprojekte zum Thema Strahlennotfallmanagement substanziell gefördert werden und damit ein weiterer Kompetenzverlust auf diesem Gebiet vermieden wird.

9 Literatur

- Akashi et al. 2001 Akashi M, Hiramata T, Tanosaki S, Kuroiwa N, Nakagawa K, Tsuji H, Kato H, Yamada S, Kamata T, Kinugasa T, Ariga H, Maekawa K, Suzuki G, Tsujii H. Initial symptoms of acute radiation syndrome in the JCO criticality accident in Tokai-mura. *J Radiat Res.* 2001 Sep;42 Suppl: 157-66
- Andersson et al. 2009 Andersson KG, Mikkelsen T, Astrup P, Thykier-Nielsen S, Jacobsen LH, Hoe SC, Nielsen SP. Requirements for estimation of doses from contaminants dispersed by a 'dirty bomb' explosion in an urban area. *J Environ Radioact.* 2009 Dec;100(12):1005-11, doi: 10.1016/j.jenvrad.2009.04.003
- Bazyka et al. 2016 Bazyka DA, Prysyazhnyuk A, Fuzik M, Fedorenko Z. Thyroid Cancer And The Chornobyl Accident In Ukraine: Experience With The Implementation of a Follow-Up Program. *Radiat Prot Dosimetry.* 2016 Sep;171(1):32-40, doi: 10.1093/rpd/ncw224
- BBK und DGKM 2009 Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) und Deutsche Gesellschaft für KatastrophenMedizin (DGKM) e.V. (Hrsg.). Notfall- und KatastrophenPharmazie. Band 1: Bevölkerungsschutz und Medizinische Notfallversorgung; Band 2: Pharmazeutisches Notfallmanagement. Bonn, 2009
- BBK 2013 Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.). Katastrophenmedizin, Leitfaden für die ärztliche Versorgung im Katastrophenfall. 6. Auflage, 2013
- BfS - BBK - Uni Freiburg 2016 Bewältigung von psychosozialen Problemen und Kommunikationskonzepten im nuklearen Notfallschutz. Ergebnisse und Handlungsempfehlungen. Interdisziplinärer Workshop, 24./25. Oktober 2016
- Brumfiel 2012 Brumfiel G. Fukushima's doses tallied. *Nature.* 2012 May 23; 485(7399):423-4. doi: 10.1038/485423a
- Carr et al. 2016 Carr Z, Weiss W, Roebbel N, Abrahams J. Protecting Public Health in Nuclear Emergencies – the Need to Broaden the Process. *Radiat Prot Dosimetry.* 2016 Sep;171(1):163-7, doi: 10.1093/rpd/ncw233
- CDC 2014 US Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Population Monitoring in Radiation Emergencies: A Guide for State and Local Public Health Planners. Second Edition, 2014, <http://emergency.cdc.gov/radiation/pdf/population-monitoring-guide.pdf>, zuletzt aufgerufen am 01.03.2017
- CDC 2015 U.S. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). A Guide to Operating Public Shelters in a Radiation Emergency. 2015, <https://emergency.cdc.gov/radiation/pdf/operating-public-shelters.pdf>, zuletzt aufgerufen am 01.03.2017

- Dainiak et al. 2011a Dainiak N, Gent N, Carr Z, Schneider R, Bader J, Buglova E, Chao N, Coleman N, Ganser A, Gorin C, Hauer-Jensen M, Huff L-A, Lellis-Hearne P, Maekawa K, Nemhauser J, Powles R, Schünemann H, Shapiro A, Stenke L, Valverde N, Weinstock D, White D, Meineke V. Literature Review and Global Consensus on Management of Acute Radiation Syndrome Affecting Non-Hematopoietic Organ Systems. *Disaster Med Public Health Prep.* 2011 Oct;5(3):183-201, doi: 10.1001/dmp.2011.73
- Dainiak et al. 2011b Dainiak N, Gent RN, Carr Z, Schneider R, Bader J, Buglova E, Chao N, Coleman CN, Ganser A, Gorin C, Hauer-Jensen M, Huff LA, Lillis-Hearne P, Maekawa K, Nemhauser J, Powles R, Schünemann H, Shapiro A, Stenke L, Valverde N, Weinstock D, White D, Albanese J, Meineke V. First Global Consensus for Evidence-Based Management of the Hematopoietic Syndrome Resulting From Exposure to Ionizing Radiation. *Disaster Med Public Health Prep.* 2011 Oct;5(3):202-12, doi: 10.1001/dmp.2011.68
- Euratom 2014 Rat der Europäischen Union. Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom. *Amtsblatt der Europäischen Union*, L 13/1, 17.01.2014
- Fraser et al. 2012 Fraser G, Giraudon I, Cohuet S, Bishop L, Maguire H, Thomas HL, Mandal S, Anders K, Sanchez-Padilla E, Charlett A, Evans B, Gross R. Epidemiology of internal contamination with polonium-210 in the London incident, 2006. *J Epidemiol Community Health.* 2012 Feb; 66(2):114-20, doi: 10.1136/jech.2009.102087
- HHS 2005 US Department of Health & Human Services (HHS). Scenarios Working Group (SWG). National planning scenarios: Executive Summaries. 2005, <http://cees.tamtu.edu/covertheborder/TOOLS/NationalPlanningSen.pdf>, zuletzt aufgerufen am 09.11.2016
- HPA 2010 Health Protection Agency (HPA). Use of Prussian blue for decorporation of radiocaesium. Advice from the Health Protection Agency. RCE 017, December 2010, ISBN 978-0-85951-682-2
- IAEA 2011 International Atomic Energy Agency (IAEA). Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. Generic Safety Guide GSG-2. Wien, 2011, ISBN 978-92-0-107410-2, http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1467_web.pdf, zuletzt aufgerufen am 09.11.2016

- IAEA 2012a International Atomic Energy Agency (IAEA). Lessons Learned from the Response to Radiation Emergencies (1945–2010). EPR Lessons Learned. Wien, 2012, http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/EPR-Lessons%20learned%202012_web.pdf, zuletzt aufgerufen am 09.11.2016
- IAEA 2012b International Atomic Energy Agency (IAEA). Communication with the public in a nuclear or radiological emergency. EPR Public Communications. Wien, 2012, http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/EPR-Communcation_web.pdf, zuletzt aufgerufen am 09.11.2016
- IAEA 2013a International Atomic Energy Agency (IAEA). Actions to Protect the Public in an Emergency due to Severe Conditions at a Light Water Reactor. EPR-NPP Public Protective Actions. Wien 2013, http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/EPR-NPP_PPA_web.pdf, zuletzt aufgerufen am 09.11.2016
- IAEA 2013b International Atomic Energy Agency (IAEA). Sealed Radioactive Sources; Information, resources, and advice for key groups about preventing the loss of control over sealed radioactive sources. Wien, 2013, IAEA/PI/A.98/13-32051, <https://www.iaea.org/sites/default/files/sealedradsources1013.pdf>, zuletzt aufgerufen am 09.11.2016
- IAEA 2014a International Atomic Energy Agency (IAEA). The radiological accident in Lia, Georgia. Wien, 2014, STI/PUB/1660, ISBN:978-92-0-103614-8, <http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1660web-81061875.pdf>, zuletzt aufgerufen am 09.11.2016
- IAEA 2014b International Atomic Energy Agency (IAEA). Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. General Safety Requirements (GSR) Part 3. Wien, 2014, ISBN 978–92–0–135310–8, http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf, zuletzt aufgerufen am 09.11.2016
- IAEA 2014c International Atomic Energy Agency (IAEA). Medical Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency Training Manuals. EPR Medical/T. Wien, 2014, http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/EPR-Medical_T_2011/Start.pdf, zuletzt aufgerufen am 09.11.2016
- IAEA 2015a International Atomic Energy Agency (IAEA). Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. General Safety Requirements, No. GSR Part 7. Wien, 2015, ISBN 978–92–0–105715–0, http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P_1708_web.pdf, zuletzt aufgerufen am 09.11.2016

- IAEA 2015b International Atomic Energy Agency (IAEA). The Fukushima Daiichi accident. Report by the Director General. Wien, 2015, <http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1710-ReportByTheDG-Web.pdf>, zuletzt aufgerufen am 09.11.2016
- IAEA 2015c International Atomic Energy Agency (IAEA). Method for Developing a Communication Strategy and Plan for a Nuclear or Radiological Emergency. EPR Public Communication Plan, 2015, http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/EPR-CommPlan2015_web.pdf, zuletzt aufgerufen am 15.02.2017
- Knebel et al. 2011 Knebel AR, Coleman CN, Cliffer KD, Murrain-Hill P, McNally R, Oancea V, Jacobs J, Buddemeier B, Hick JL, Weinstock DM, Hrdina CM, Taylor T, Matzo M, Bader JL, Livinski AA, Parker G, Yeskey K. Allocation of scarce resources after a nuclear detonation; setting the context. *Disaster Med Public Health Prep.* 2011 Mar; 5 Suppl 1:20-31, doi: 10.1001/dmp.2011.25
- Luiz et al. 2010 Luiz T, Lackner CK, Peter H, Schmidt J (Hrsg.). Medizinische Gefahrenabwehr, Katastrophenmedizin und Krisenmanagement im Bevölkerungsschutz. Urban & Fischer, München, 2010, ISBN 978-3-437-24590-9
- Miller et al. 2012 Miller CW, Whitcomb RC, Ansari A, McCurley C, Nemhauser JB, Jones R. Murder by radiation poisoning: implications for public health. *J Environ Health.* 2012 Jun;74(10):8-13
- Miska 2016 Miska, H. Evaluation of the response to the fukushima accident. *Health Phys.* 2016 Aug;111(2):218-22, doi: 10.1097/HP.0000000000000514
- Murakami et al. 2015 Murakami M, Ono K, Tsubokura M, Nomura S, Oikawa T, Oka T, Kami M, Oki T. Was the risk from nursing-home evacuation after the Fukushima accident higher than the radiation risk? *PLoS One.* 2015 Sep 11;10(9):e0137906, doi: 10.1371/journal.pone.0137906
- Nagataki und Takamura 2014 Nagataki S, Takamura N. A review of the Fukushima nuclear reactor accident; radiation effects on the thyroid and strategies for prevention. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* 2014 Oct;21(5):384–93, doi: 10.1097/MED.0000000000000098
- NAIIC 2012 The National Diet of Japan Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission (NAIIC). The official report of the Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission, 2012, https://www.nirs.org/wp-content/uploads/fukushima/naaic_report.pdf, zuletzt aufgerufen am 17.01.2017
- NCRP 2010 National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). Management of Persons Contaminated with Radionuclides – Handbook. NCRP Report No 161 (Volume 1), 2010, ISBN-13: 978-0-929600-99-4

- Neitzel und Ladehof 2015 Neitzel C und Ladehof K (Hrsg). Taktische Medizin, Notfallmedizin und Einsatzmedizin. 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 2015, ISBN 978-3-642-39688-5
- NIH 2012 National Institutes of Health (NIH). Strategic plan and research agenda for medical countermeasures against radiological and nuclear threats progress report: 2005–2011 and future research directions: 2012–2016, 2012, <https://www.niaid.nih.gov/sites/default/files/documents/radnucprogressreport.pdf>, zuletzt aufgerufen am 12.01.2017
- Nomura et al. 2013 Nomura S, Gilmour S, Tsubokura M, Yoneoka D, Sugimoto A, Oikawa T, Kami M, Shibuya K. Mortality Risk amongst Nursing Home Residents Evacuated after the Fukushima Nuclear Accident: a retrospective cohort study. PLoS One. 2013;8(3) e60192, doi:10.1371/journal.pone.0060192
- NRC 1993 U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC). Loss of an Iridium-192 Source and Therapy Misadministration at Indiana Regional Cancer Center Indiana, Pennsylvania, on November 16, 1992. NUREG 1480, 1993
- OECD/NEA 2013 Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) / Nuclear Energy Agency (NEA). The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. OECD/NEA Nuclear Safety Response and Lessons Learnt. 2013, <http://www.oecd-neo.org/pub/2013/7161-fukushima2013.pdf>, zuletzt aufgerufen am 09.11.2016
- Ohtsuru et al. 2015 Ohtsuru A, Tanigawa K, Kumagai A, Niwa O, Takamura N, Midorikawa S, Nollet K, Yamashita S, Ohto H, Chhem RK, Clarke M. Nuclear disasters and health: lessons learned, challenges, and proposals. Lancet. 2015 Aug 1;386(9992):489-97, doi: 10.1016/S0140-6736(15)60994-1
- Ortiz et al. 2000 Ortiz P, Oresgun M, Wheatley J. Lessons from Major Radiation Accidents. (Japan Health Physics Society, Tokyo (Japan); 1 v; May 2000; [10 p.]; IRPA-10: 10. international congress of the International Radiation Protection Association; Hiroshima (Japan)), 2000, <http://www.irpa.net/irpa10/cdrom/00140.pdf>, zuletzt aufgerufen am 09.11.2016
- REAC/TS 2013 Radiation Emergency Assistance Center/Training Site (REAC/TS). The medical aspects of radiation incidents. 3rd edition. Oak Ridge, TN, USA, 2013
- Reiners und Schneider 2012 Reiners C, Schneider R. Aus- und Weiterbildung von Ärzten im Strahlenunfallmanagement – Vorhaben 3607S04541. Hrsg.: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), BfS-RESFOR-46/12, urn:nbn:de:0221-201201317237

- | | |
|---------------------------------|--|
| Reiners und Schneider 2013 | Reiners C, Schneider R. Potassium iodide (KI) to block the thyroid from exposure to I-131: current questions and answers to be discussed. <i>Radiat Environ Biophys.</i> 2013 May;52(2):189-93, doi: 10.1007/s00411-013-0462-0 |
| Rojas-Palma et al. 2009 | Rojas-Palma C, Liland A, Jerstad AN, Etherington G, del Rosario Pérez M, Rahola T, Smith K (Eds.) TMT Handbook – Triage, Monitoring and Treatment of people exposed to ionising radiation following a malevolent act. 2009, ISBN 978-82-90362-27-5 |
| Rosoff und von Winterfeldt 2007 | Rosoff H, von Winterfeldt D. A risk and economic analysis of dirty bomb attacks on the ports of Los Angeles and Long Beach. <i>Risk Anal.</i> 2007 Jun;27(3): 533-46, doi: 10.1111/j.1539-6924.2007.00908.x |
| Schneider und Reiners 2010 | Schneider R, Reiners C. German hospital database – Allocation of patients to appropriate hospitals. <i>Health Phys.</i> 2010 Jun;98 (6):799-803, doi: 10.1097/HP.0b013e3181d267bc |
| Scholz et al. 2013 | Scholz J, Sefrin P, Böttiger BW, Dörge V, Wenzel V (Hrsg). Notfallmedizin. 3. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2013, ISBN 978-3-13-112783-9 |
| Sefrin und Schneider 2013 | Sefrin P, Schneider R. Präklinisches Strahlenunfallmanagement – Entwicklung eines Curriculums für Notärzte. <i>Notarzt</i> , 2013;29:53-7 |
| Shaw et al. 2010 | Shaw K, Anders K, Olowokure B, Fraser G, Maguire H, Bailey M, Smith J, Frossell S, Yap K, Evans B, Health Protection Agency Overseas Advice Team. The international follow-up of individuals potentially exposed to polonium-210 in London 2006. <i>Public Health.</i> 2010 Jun;124(6):319-25, doi: 10.1016/j.puhe.2010.03.013 |
| SSK 1993 | Strahlenschutzkommission (SSK). Zur Situation der Strahlenforschung in Deutschland. Denkschrift der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 116. Sitzung der SSK am 25. Februar 1993. In: Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 1992/1993. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 31, Gustav-Fischer Verlag, Stuttgart, 1997, ISBN 3-437-25406-5 |
| SSK 2006a | Strahlenschutzkommission (SSK). Medizinische Maßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen, Überarbeitung von Band 4 der Reihe „Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission“. Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 210. Sitzung der SSK am 28./29.09.2006. Veröffentlicht unter dem Titel "Medizinische Maßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen, Leitfaden für Ärztliche Berater der Katastrophenschutzleitung, Ärzte in Notfallstationen, Ärzte in der ambulanten und stationären Betreuung", Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 4, 3., überarb. Auflage, H. Hoffmann GmbH - Fachverlag, Berlin, 2007, ISBN 978-3-87344-131-6 |

- SSK 2006b Strahlenschutzkommission (SSK). Der Strahlenunfall - Ein Leitfaden für Erstmaßnahmen. Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 210. Sitzung der SSK am 28./29.09.2006. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 32, 2., überarbeitete und aktualisierte Auflage, H. Hoffmann GmbH - Fachverlag, Berlin, 2008, ISBN 978-3-87344-139-2
- SSK 2006c Strahlenschutzkommission (SSK). Zukunftsprojekt Strahlenforschung. Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 206. Sitzung der SSK am 01.03.2006. In: Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 2006. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 61, H. Hoffmann GmbH - Fachverlag, Berlin, 2007, ISBN 987-3-87344-141-5
- SSK 2006d Strahlenschutzkommission (SSK). Langfristige Sicherung des Kompetenzerhaltes auf dem Gebiet der Strahlenforschung in Deutschland. Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 211. Sitzung der SSK am 14.11.2006. BAnz Nr. 50 vom 13.03.2007
- SSK 2011 Strahlenschutzkommission (SSK). Verwendung von Jodtabletten zur Jodblockade der Schilddrüse bei einem kerntechnischen Unfall. Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 247. Sitzung der SSK am 24./25.02.2011. BAnz Nr. 135 vom 07.09.2011
- SSK 2014 Strahlenschutzkommission (SSK). Fragestellungen zu Aufbau und Betrieb von Notfallstationen. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 268. Sitzung der SSK am 13./14.02.2014. BAnz AT 21.05.2014 B3; urn:nbn:de:101:1-201404088377
- SSK 2015 Strahlenschutzkommission (SSK). Weiterentwicklung des Notfallschutzes durch Umsetzen der Erfahrungen aus Fukushima. Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 274. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 19./20.02.2015. BAnz AT 04.01.2016 B3; urn:nbn:de:101:1-201512213326
- Tanigawa et al.
2012 Tanigawa K, Hosoi Y, Hirohashi N, Iwasaki Y, Kamiya K. Loss of life after evacuation: lessons learned from the Fukushima accident. Lancet. 2012 Mar 10;379(9819):889-91, doi: 10.1016/S0140-6736(12)60384-5
- Tominaga et al.
2014 Tominaga M, Hachiya M, Tatsuzaki H, Akashi M. The Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in 2011. Health Phys. 2014 Jun;106(6):630-7, doi: 10.1097/HP.0000000000000093

- UN 2011a United Nations (UN). UNSCEAR 2008 Report, Sources and effects of ionizing radiation, Volume II: Effect of Ionizing Radiation. Scientific Annexes C: Early Health effects to the Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly. New York, 2011, ISBN 978-92-1-142280-1, http://www.unscear.org/docs/reports/2008/11-80076_Report_2008_Annex_C.pdf, zuletzt aufgerufen am 09.11.2016
- UN 2011b United Nations (UN). UNSCEAR 2008 Report, Sources and Effects of Ionizing radiation, Volume II: Effect of Ionizing Radiation. Scientific Annexes D: Health Effects Due to Radiation from the Chernobyl Accident to the Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly. New York, 2011, ISBN 978-92-1-142280-1, http://www.unscear.org/docs/reports/2008/11-80076_Report_2008_Annex_D.pdf, zuletzt aufgerufen am 09.11.2016
- UN 2014 United Nations (UN). UNSCEAR 2013 Report, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, Volume I: Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly with Scientific Annex A: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami. New York, 2014, ISBN: 978-92-1-142291-7, http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2013_1.html, zuletzt aufgerufen am 06.07.2016
- Verger et al. 2001 Verger P, Aurengo A, Geoffroy B, Le Guen B. Iodine kinetics and effectiveness of stable iodine prophylaxis after intake of radioactive iodine: a review. *Thyroid*. 2001 Apr;11(4):353-60, doi: 10.1089/10507250152039082
- Walter et al. 2015 Walter H, Gering F, Arnold K, Gerich B, Heinrich G, Welte U. Simulation potentieller Unfallszenarien für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernkraftwerken mit RODOS, Hrsg.: Bundesamt für Strahlenschutz, BfS-SCHR-55/14, 23.02.2015, urn:nbn:de:0221-2015021712440
- WHO 1999 World Health Organization (WHO). Guidelines for Iodine Prophylaxis following Nuclear Accidents. Update 1999, Geneva, 1999, http://www.who.int/ionizing_radiation/pub_meet/Iodine_Prophylaxis_guide.pdf, zuletzt aufgerufen am 15.06.2016
- WHO 2012 World Health Organization (WHO). Preliminary dose estimation from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan earthquake and tsunami. Geneva, 2012, ISBN 978 92 4 150366 2, http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44877/1/9789241503662_eng.pdf, zuletzt aufgerufen am 15.06.2016

- WHO 2013 World Health Organization (WHO). Health Risk Assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on a preliminary dose estimation. Geneva, 2013, ISBN 978 92 4 150513 0
- Wolbarst et al. 2010 Wolbarst AB, Wiley AL Jr, Nemhauser JB, Christensen DM, Hendee WR. Medical response to a major radiologic emergency: a primer for medical and public health practitioners. Radiology. 2010 Mar; 254(3):660-77, doi: 10.1148/radiol.09090330
- Wurmb et al. 2014 Wurmb T, Kühne CA, Scheider R. Schockraumversorgung von Patienten nach Strahlenunfällen. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther. 2014 Sep;49(9):556-9, doi: 10.1055/s-0034-1390060
- Youngman et al. 2011 Youngman MJ, Fell T, Fitt E, Gregoratto D, Ham GJ, Hammond DJ, Jones LA, Scott J, Shutt AL. Guidance on screening people for internal radioactive contamination. HPA-CRCE-014. Health Protection Agency, Chilton, Didcot, Oxfordshire, UK, 2011, ISBN 978-0-85951-687-7
- Zablotska et al. 2011 Zablotska LB, Ron E, Rozhko AV, Hatch M, Polyanskaya ON, Brenner AV, Lubin J, Romanov G N, McConnell RJ, O’Kane P, Evseenko VV, Drozdovich VV, Luckyanov N, Minenko VF, Bouville A, Masyakin VB. Thyroid cancer risk in Belarus among children and adolescents exposed to radioiodine after the Chornobyl accident. Br J Cancer. 2011 Jan 4;104(1):181-7, doi: 10.1038/sj.bjc.6605967
- Zeit online 2006 Polonium in Flugzeugen, <http://www.zeit.de/online/2006/49/Gift-Flugzeuge>, zuletzt aufgerufen am 19.02.2016

10 Glossar

ARS	Acute Radiation Syndrome (akutes Strahlensyndrom)
Besorgte Personen	Personen, die einer geringen Exposition ausgesetzt waren, sowie Personen, die keiner Exposition ausgesetzt waren (u. a. ermittelt auf der Basis von Dosisermittlung, Plausibilitätstest). Sie bedürfen keiner spezifischen strahlenmedizinischen Behandlung, jedoch einer qualifizierten Beratung und ggf. einer individuellen psychosozialen und psychiatrischen Betreuung.
Betroffene Personen	Umfasst alle exponierten und besorgten Personen (Definition s.o.)
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
Ermächtigter Arzt	Im Strahlenschutz ermächtigter Arzt Arzt, der die Betriebe in betrieblichen Strahlenschutzfragen berät. Er ist auch für die im Strahlenschutzrecht geforderten Eignungsuntersuchungen zuständig, da die betrieblichen Bedingungen im Einzelfall mit über die Eignung entscheiden können.
Exponierte Personen	Personen, die exponiert wurden und einer spezifischen strahlenmedizinischen Behandlung bedürfen
HRQ-Unfall	Unfall mit einer hochradioaktiven Quelle
ILS	Integrierte Leitstellen zur Alarmierung von Feuerwehr und Rettungsdienst
Notfall	Ereignis, bei dem sich durch ionisierende Strahlung erhebliche nachteilige Auswirkungen auf Menschen, die Umwelt oder Sachgüter ergeben können. Es umfasst den radiologischen und nuklearen Notfall.
PTBS	<u>P</u> osttraumatische <u>B</u> elastungsstörung
RDD	Radiological Dispersal Device, z. B. „dirty bomb“ (Explosion als Dispersionsmethode)
REMPAN	<u>R</u> adiation <u>E</u> mergency <u>M</u> edical <u>P</u> reparedness and <u>A</u> ssistance <u>N</u> etwork
RSZ	Regionale Strahlenschutzzentren der Berufsgenossenschaften
Strahlennotfallarzt	Arzt, der in einem Notfall zur Versorgung bzw. Behandlung der Strahlennotfallpatienten tätig wird
Strahlennotfallmanagement	Zusammenwirken von Strahlennotfallärzten, Medizin-Physikern, Technikern und medizinischem Assistenzpersonal zur Bewältigung eines Strahlennotfalls
Strahlennotfallpatienten	Alle exponierten Personen und Besorgte, die einer individuellen Behandlung bedürfen

Strahlenschutzarzt

Sammelbegriff für den ermächtigten Arzt und
Strahlennotfallarzt

WHO

World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)