Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz

Katalog von Übungsszenarien und Übungsdokumentation für behördliche Notfallschutzorganisationen – Vorhaben 3607S04558

Auftragnehmer:
Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS), Köln

M. Sogalla

U. Büttner

H. Löffler

O. Mildenberger

H. Thielen

Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) durchgeführt.

Dieser Band enthält einen Ergebnisbericht eines vom Bundesamt für Strahlenschutz im Rahmen der Ressortforschung des BMU (UFOPLAN) in Auftrag gegebenen Untersuchungsvorhabens. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autoren. Das BfS übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung ganz oder teilweise vervielfältigt werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der des BfS übereinstimmen.

BfS-RESFOR-47/12

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:
urn:nbn:de:0221-201201317249

Salzgitter, Februar 2012

Gesellschaft für Anlagen-
und Reaktorsicherheit
(GRS) mbH

Katalog von Übungsszenarien und Übungsdokumentation für behördliche Notfallschutzorganisationen

Abschlussbericht zum Vorhaben
3607S04558

M. Sogalla
U. Büttner
H. Löffler
O. Mildenberger
H. Thielen

Oktober 2010

Auftrags-Nr.: 854750

Anmerkung:

Dieser Bericht ist von der GRS im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz im Rahmen des Vorhabens 3607S04558 erstellt worden. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt werden bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

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

Kurzzusammenfassung

Im Rahmen des Vorhabens 3607S04558 wurde am Beispiel von zwei Referenzanlagen (Druckwasserreaktor, DWR und Siedewasserreaktor, SWR) ein Katalog mit Übungsszenarien und Vorschlägen zur Übungsdokumentation für Notfallschutzübungen der Notfallorganisationen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) erarbeitet. Die Szenarien basieren auf Ergebnissen vorliegender Studien zur PSA Stufe 2 und weiterer Untersuchungen zu Abläufen kerntechnischer Unfälle. Die durchgeführten Arbeiten beziehen sich auf die Erarbeitung der Szenarien für den „Katalog Übungsszenarien“ (Arbeitspaket 1), die Auswertung internationaler Vorgaben und der Übungspraxis in ausgewählten Ländern (Arbeitspaket 2) und die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Übung CORE 2009 (Arbeitspaket 3).

Für die Erstellung des Übungskatalogs im Arbeitspaket (AP) 1 wurden jeweils drei Szenarien für DWR und SWR mit Verläufen der anlagentechnischen Parameter und Freisetzungsverläufen erarbeitet. Eines der DWR-Szenarien wurde speziell auf die Belange der im Vorhaben durchzuführenden Übung optimiert. Für alle Szenarien wurden eine Grob- und eine Detailanalyse der radiologischen Auswirkungen durchgeführt. Die Detailanalyse erfolgte durch Rechnungen mit dem Entscheidungshilfesystem RODOS. Die Ergebnisse sind im Szenarienkatalog umfassend dokumentiert.

Die Grundlage für die konkrete Ausgestaltung von Übungen bildet eine modulare Aufgabeneinteilung für die Notfallorganisation, die auf den je nach Übungsziel zu simulierenden Informationsflüssen basiert. Die entsprechenden Schnittstellen und weitere Vorgaben für die Simulation von Informationsflüssen sind detailliert dargelegt. Darüber hinaus sind umfassende Vorschläge zur Übungsdokumentation enthalten. Zur Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Übungen bietet der Szenarienkatalog Vorlagen für erforderliche orientierende Unterlagen. Diese basieren auf internationalen Vorgaben, insbesondere den detaillierten Leitfäden der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) zu diesem Thema, sowie auf den Übungserfahrungen im Rahmen des Vorhabens. Die Übertragbarkeit der vorgestellten Szenarien auf andere Anlagentypen und Standorte wird ebenfalls diskutiert. Dabei wird insbesondere die Erreichbarkeit von Übungszielen auch bei begrenzter Übertragbarkeit bewertet.

Im AP 2 wurden internationale Vorgehensweisen bei der behördlichen Übungspraxis auf dem Gebiet des Notfallschutzes recherchiert. Neben den zentralen Dokumenten der IAEO zur Übung von kerntechnischen und radiologischen Notfällen wurden auch Dokumente, die sich generell mit Notfallschutz befassen, ausgewertet. Zusätzlich wurden Vorgaben und Übungspraxis bei der Europäischen Union (EU) und der Nuclear Energy Agency (NEA) der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) betrachtet. Es wurden verfügbare Unterlagen für die Schweiz, Frankreich und Finnland ausgewertet. Basierend auf diesen Auswertungen wurden Empfehlungen aus der internationalen Praxis für die Übungspraxis der behördlichen Notfallschutzorganisationen in der Bundesrepublik Deutschland abgeleitet.

Im AP 3 wurde die Notfallübung CORE 2009 vorbereitet und durchgeführt. Als Basis für die Übung CORE 2009 wurde ein anlagentechnisches Szenario des im AP 1 erstellten Katalogs auf die speziellen Übungserfordernisse abgestimmt. Auf dem anlagentechnischen Szenario bauen alle weiteren für die Übung CORE 2009 erstellten Teilszenarien auf. Alle Teilszenarien wurden in ein Übungsdrehbuch integriert, das sowohl die Basis für die zeitgerechte Einspielung aller Übungseinlagen als auch für die Auswertung des zeitlichen Übungsablauf bildete.

Mit dem vorliegenden Katalog liegt ein Basissatz für Szenarien kerntechnischer Unfälle vor, der für die Gestaltung von behördlichen Übungen genutzt werden kann. Die vorgeschlagenen Übungsszenarien basieren auf den Ergebnissen der aktuellen Sicherheitsanalysen. Diese Szenarien können als Leitfaden für mögliche Ereignisverläufe bei schweren Störfällen bei der Übungsgestaltung genutzt werden. Eine anlagen- und übungsspezifische Anpassung soll bei der Verwendung dieser Szenarien auf jeden Fall vorgenommen werden. Die Vorschläge zu Übungsdokumentation sind als Grundlage zur Übungsgestaltung auch auf Basis anderer Szenarien als der des Katalogs Übungsszenarien geeignet.

Für die Zukunft erscheint die Erweiterung des Kataloges um Szenarien, die Erkenntnissen aus neuesten Sicherheitsanalysen berücksichtigen, sowie für Kernkraftwerke bisher nicht einbezogener Baulinien sinnvoll. Darüber hinaus sind weitere Themenfeldern (z. B. andere kerntechnische Einrichtungen, Freisetzungen mit terroristischem Hintergrund, schwere Unfälle bei der Handhabung oder beim Transport radioaktiver Stoffe) für die Gestaltung von Übungsszenarien und die Abhaltung entsprechend themenbezogener Übungen von Interesse. Durch Nutzung des Erfahrungsrückflusses aus

diesen Übungen für die weitere Szenarienkonzeption ist dabei eine kontinuierliche Effizienzsteigerung für die Übungsgestaltung erzielbar. Auf diese Weise kann zur Etablierung einer regelmäßigen und thematisch breit angelegten behördlichen Übungspraxis in der Bundesrepublik Deutschland beigetragen werden.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

2 Stand von Wissenschaft und Technik 3

2.1 Analyse kerntechnischer Unfälle zur Konzeption von Übungsszenarien 3

2.1.1 Anlagenzustände 3

2.1.2 Freisetzungen 4

2.1.3 Radiologische Auswirkungen 5

2.2 Maßnahmen zur Begrenzung der radiologischen Auswirkungen 6

2.3 Zuständigkeiten im externen Notfallschutz für kerntechnische Ereignisse 7

2.3.1 Aufgaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 7

2.3.2 Aufgaben des Bundesamtes für Strahlenschutz 8

2.3.3 Notfallorganisation auf Bundesebene 9

2.3.4 Zuständigkeiten im Katastrophenschutz und in der Strahlenschutzvorsorge auf Landesebene 10

2.3.5 Nachgeordnete Behörden auf Landesebene 11

2.4 Verfahren und Unterstützungssysteme zur Überwachung, Information und Kommunikation 12

2.4.1 Überwachung und Prognose der radiologischen Lage 12

2.4.2 Lagedarstellung und Kommunikation 14

2.5 Übungspraxis in der Bundesrepublik Deutschland 18

3 Katalog von Szenarien für die Übungsgestaltung 21

3.1 Zweckbestimmung 21

3.2 Aufbau der Szenarien 21

3.2.1 Auswahl der DWR- und SWR-Referenzanlagen 22

3.2.2 Auswahl der repräsentativen Ereignisabläufe 22

3.2.3 Auswahl des Nuklidspektrums und der Aktivitätsinventare für die Quelltermermittlung 24

3.2.4 Abschätzung der radiologischen Auswirkungen und des Erfordernisses von Gegenmaßnahmen 27
3.3 Übungsszenarien für die DWR-Referenzanlage 33
3.3.1 Anlagencharakteristik in Bezug auf die Übungsszenarien 33
3.3.2 Standortcharakteristik 35
3.3.3 Alarmierungskritierien und KFÜ-Signale 37
3.3.4 Übungsszenario DWR 1: SB-Bypass-Fall mit unbedecktem Dampferzeuger-Heizrohrleck 38
3.3.5 Übungsszenario DWR 1a: SB-Bypass-Fall mit unbedecktem Dampferzeuger-Heizrohrleck mit Wiederherstellung der Kernkühlung und Beendigung der Freisetzung kurz nach Beginn der Kernzerstörung .. 53
3.3.6 Übungszenario DWR 2: Kleines Leck mit RDB-Durchschmelzen und gefilterter SB-Druckentlastung sowie langfristigem SB-Durchschmelzen 68
3.3.7 Übungsszenario DWR 3: Versagen der Sumpfsaugrohre 80
3.4 Übungsszenarien für die SWR-Referenzanlage 94
3.4.1 Anlagencharakteristik in Bezug auf die Übungsszenarien 94
3.4.2 Standortcharakteristik 96
3.4.3 Alarmierungskriterien und KFÜ-Signale 98
3.4.4 Übungsszenario SWR 1: Transiente infolge kompletten Spannungsausfalls, Versagen der automatischen Druckentlastung mit der gefilterten Druckentlastung der Kondensationskammer als Notfallmaßnahme; Hochdruck-Fall bei Kernschmelzen und Versagen des RDB 99
3.4.5 Übungsszenario SWR 2: Leck in Speisewasserleitung mit 80 cm², Versagen aller Sicherheitseinspeisungen in den RDB; Niederdruck-Fall beim Kernschmelzen auch infolge automatischer Druckentlastung 113
3.4.6 Übungsszenario SWR 3: Leck am RDB-Boden mit 44 cm², Funktion der Sicherheitseinspeisung führt zur Überspeisung des RDB mit Versagen einer Frischdampf-Leitung wegen des fehlerhaften Durchdringungsabschlusses → SB-Bypass; Niederdruck-Fall beim Kernschmelzen auch infolge automatischer Druckentlastung 127
3.5 Vorgaben für die Notfallorganisationen von BMU und BfS 142

3.5.1 Aufgabenmodule für die Notfallorganisationen von BMU und BfS 142
3.5.2 Schnittstellen der Notfallorganisationen von BMU und BfS zu externen Bereichen 144
3.5.3 Vorgaben für externe Informationsflüsse 148
3.6 Vorschläge zur Übungsdokumentation 153
3.6.1 Vorbereitung 153
3.6.2 Durchführung 162
3.6.3 Auswertung 163
3.7 Bewertung der Übertragbarkeit der Übungsszenarien auf andere KKW 166
3.7.1 Übertragbarkeit der Szenarien auf andere Anlagen 166
3.7.2 Übertragbarkeit der Szenarien auf andere Standorte 169
3.8 Diskussion der Übertragungsszenarien 171

4 Internationale Vorgehensweise bei der behördlichen Übungspraxis auf dem Gebiet des Notfallschutzes 173
4.1 Internationale Vorgaben 173
4.1.1 Internationale Atomenergieorganisation 173
4.1.2 Europäische Union (EU) 176
4.1.3 OECD/NEA 177
4.2 Nationale Regelungen in ausgewählten Ländern 178
4.2.1 Schweiz 179
4.2.2 Finnland 180
4.2.3 Frankreich 181
4.3 Schlussfolgerungen und Empfehlungen 182

5 Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Notfallübung CORE 2009 185

6 Zusammenfassung 187

7 Literatur 191

Abbildungsverzeichnis 197

Tabellenverzeichnis 205

Abkürzungsverzeichnis 207

1 Einleitung

Die behördlichen Zuständigkeiten sind für anlagenexterne Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei einer radiologischen Gefährdung in der Umgebung von kerntechnischen Anlagen sowohl auf kommunaler Ebene als auch auf Landes- und Bundesebene angesiedelt. Sowohl die für den Katastrophenschutz auf Landesebene zuständigen Landesbehörden als auch die für den Notfallschutz auf Bundesebene zuständigen Bundesbehörden (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, BMU und Bundesamt für Strahlenschutz, BfS) verfügen über entsprechende Notfallorganisationen, inklusive Bereitschaftsdienste, die bei einem Ereignisfall eine Lagedarstellung und -bewertung vornehmen und entsprechend ihrem Zuständigkeitsbereich auf dieser Grundlage entsprechende Informationen an die Bevölkerung geben und ggf. erforderliche Schutzmaßnahmen empfehlen bzw. einleiten.

Für eine effiziente Arbeitsfähigkeit dieser Notfallorganisationen ist ein geeignetes Trainingsprogramm unabdingbar. Dazu gehören auch regelmäßige Übungen unter Verwendung anspruchsvoller Szenarien, die ein potenzielles Ereignis möglichst realitätsnah abbilden.

Im Vorhaben 3607S04558 wurden Vorschläge für Effizienzsteigerungen der Übungspraxis behördlicher Notfallschutzorganisationen unter Verwendung von Ergebnissen aktueller Sicherheitsanalysen erarbeitet. Auf der Grundlage der Ergebnisse vorliegender Studien zur PSA Stufe 2 und weiterer Untersuchungen zu Abläufen kerntechnischer Unfälle am Beispiel von zwei Referenzanlagen (Druckwasserreaktor, DWR und Siedewasserreaktor, SWR) wurde im Rahmen des Vorhabens hierfür ein Katalog mit Übungsszenarien und Vorschlägen für entsprechende Übungsdokumentation zu Notfallschutzübungen erarbeitet. Die nationale und internationale Übungspraxis auf dem Gebiet des behördlichen Notfallschutzes wurde dabei berücksichtigt. Für ein ausgewähltes Szenario aus dem Übungskatalog wurde nach entsprechender übungsspezifischer Anpassung eine Übung für die Notfallorganisation des Bundes (BMU/BfS) vorbereitet, durchgeführt und ausgewertet.

Dieser Hauptband des Abschlussberichtes fasst die Ergebnisse des Vorhabens zusammen. Diese fußen auf einer Aufarbeitung des Standes von Wissenschaft und Technik, die in Kapitel 2 dieses Berichts zusammengefasst ist. Die Ergebnisse der Arbeiten im Arbeitspunkt (AP) 1 „Katalog Übungsszenarien“ sind in Kapitel 3 zusammen-

gestellt. Im AP 2 „Internationale Vorgehensweisen“ wurden die internationalen Vorgaben und nationalen Regelungen in ausgewählten Ländern recherchiert. Die Ergebnisse sind in Kapitel 4 wiedergegeben. Die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Übung CORE 2009 im AP 3 ist im Kapitel 5 zusammengefasst. Kapitel 6 schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick den Bericht ab.

2 Stand von Wissenschaft und Technik

2.1 Analyse kerntechnischer Unfälle zur Konzeption von Übungsszenarien

2.1.1 Anlagenzustände

Unfallanalysen für Kernkraftwerke stützen sich überwiegend auf sogenannte „integrale“ Rechenprogramme, die den Unfallablauf vom auslösenden Ereignis bis zur Bestimmung von Quelltermen berechnen können. Beispiele für derartige Rechenprogramme sind MELCOR, MAAP und ASTEC. Sie werden auch für probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA) der Stufe 2 eingesetzt.

Diese Rechenprogramme bieten vielfältige Möglichkeiten der Ergebnisdarstellung. Für den Zusammenhang mit Übungsszenarien gilt:

– Thermodynamische Daten aller Art im Kühlkreislauf und im Sicherheitsbehälter (Füllstände, Temperaturen, Drücke, Nuklidkonzentrationen) können mit ausreichender Genauigkeit berechnet und bereitgestellt werden.

– Die Darstellung charakteristischer Daten durch die Rechenprogramme kann von der Darstellungsart dieser Daten in der Anlage abweichen, z. B. durch andere Skalierungen, durch bestimmte Kalibrierungen von Messinstrumenten, durch bestimmte grafische Darstellungsweisen etc.). Wenn derartige Daten in der Übung benötigt werden, ist eine Umrechnung aus den Rechenprogrammen in die bei Übungen erforderliche Darstellungsweise notwendig.

– Daten, die nicht in direktem Zusammenhang mit Reaktor und Sicherheitsbehälter stehen (z. B. Temperaturen in Gebäuden, Nuklidkonzentrationen in der Warte, Zustand von Hilfssystemen, Bedingungen im Kamin etc.) werden mit den Rechenprogrammen häufig nicht oder nur sehr überschlägig ermittelt. Falls derartige Daten für die Zwecke einer Übung unverzichtbar sind, müssen geeignete Abschätzungen vorgenommen werden. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass diese Abschätzungen konsistent zu allen anderen Daten des Ereignisablaufs sind.

2.1.2 Freisetzungen

Die Analyse von Radionuklidfreisetzungen bei unterstellten Unfallszenarien ist auch beim heutigen Stand der Analysetechnik noch mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Dies betrifft insbesondere zwei Aspekte:

– Bei heftigen Abläufen mit Schäden am Sicherheitsbehälter bestehen vor allem Unsicherheiten über die dabei mobil werdenden Radionuklidanteile und über deren eventuelle Ablagerung in Teilen der Anlage, bevor sie die Umgebung erreichen.

– Bei weniger heftigen Abläufen mit begrenzten Leckagen oder bei gefilterter Druckentlastung des Sicherheitsbehälters bestehen vor allem Unsicherheiten über chemische Vorgänge mit Beteiligung von Iod, was die Freisetzung dieses radiologisch bedeutsamen Elements stark beeinflusst.

Obwohl diese und weitere Unsicherheiten bestehen, liefern die bestehenden Analysemethoden Freisetzungsverläufe, die zum Spektrum des bei Kernschmelzunfällen zu Erwartenden gehören.

Auf internationaler Ebene verfügt die Internationale Atomenergieorganisation (IAEO) über Informationen zu einigen bisherigen sehr umfangreichen Übungen mit erheblichen Radionuklidfreisetzungen. Die auf diesbezügliche Nachfrage mitgeteilten Informationen sind in nachfolgender Tab. 2.1 zusammengefasst.

Tab. 2.1 Übungen auf internationaler Ebene mit Szenarien, die erhebliche Freisetzungen unterstellen

Anlage	Cernavoda, Rumänien	Wolsung, Korea	Ehime, Japan
Datum der Übung und Dauer	11./12. Mai 2005 37 h	25./26. Okt. 2006 10 h	15./16. Mai 2007 12 h
Beteiligte	Viele Länder, viele Organisationen	1200 Teilnehmer in 60 nationalen Organisationen, sowie 300 Evakuierte und 6000 in Sammelstellen	3700 Teilnehmer in nationalen Organisationen, sowie 2000 Betroffene

Anlage	Cernavoda, Rumänien	Wolsung, Korea	Ehime, Japan
Radionuklid-freisetzung	Erhebliche Freisetzung in der 1. Stunde und nach 26-30 Std. keine akut Verletzten	Erhebliche Freisetzung mit einigen akut Verletzten	Erhebliche Freisetzung mit einigen akut Verletzten

Diese Übungen hatten sehr viele Teilnehmer. Sie waren einer großen Anzahl Personen und sicherlich auch der Öffentlichkeit bekannt.

2.1.3 Radiologische Auswirkungen

Radiologische Auswirkungen aus kerntechnischen Unfällen resultieren aus den in Abschnitt 2.1.2 beschriebenen Freisetzungen und werden in der Regel für die durch den Unfall betroffene Bevölkerungsgruppe ermittelt. Entsprechend der Datenverfügbarkeit werden in der Frühphase (Vor-Freisetzungsphase) nur Prognoserechnungen auf der Grundlage des prognostizierten Anlagenverhaltens und der hieraus erwarteten Freisetzung möglich sein. In der späteren Phase (Freisetzungsphase) können – soweit verfügbar – Quelltermdaten (z. B. Messwerte vom Kamin) oder Messdaten aus der Umgebungsüberwachung einbezogen werden, zu denen mit geeigneten Analyseprogrammen (z. B. RODOS) radiologische Auswirkungen als Funktion des Quellterms und der Zeit berechnet werden können, wobei auch die Möglichkeit besteht, den Einfluss von Maßnahmen in die Ermittlung einzubeziehen.

In den meisten nationalen Übungen mit deutschen Referenzanlagen wurde bislang keine ursächliche Kopplung zwischen Anlagenzustand bzw. Ablauf des Szenarios in den Anlagen und den externen radiologischen Auswirkungen unterstellt, da die Zielsetzung der Übungen in den beiden Bereichen unterschiedlich war: Für die anlageninterne Übung war das Ziel die Vermeidung von Freisetzungen, für die anlagenexternen Übungen waren Freisetzungen im Übungsszenarium notwendig, so dass für externe Übungen die Anlage als „black box“ fungierte und das der Freisetzung zugrunde liegende Szenarium nicht ausgearbeitet wurde.

Mit dem in diesem Vorhaben betrachteten Vorgehen wird diese Lücke dadurch geschlossen, dass die mit den Unfall-Abläufen bestimmten Freisetzungen genutzt werden, um mit Hilfe des Entscheidungshilfeprogramms RODOS die resultierenden Aus-

wirkungen zu prognostizieren und als Funktion des Szenarios in die externe Übung einfließen lassen zu können.

2.2 Maßnahmen zur Begrenzung der radiologischen Auswirkungen

Maßnahmen zur Vermeidung oder Begrenzung radiologischer Auswirkungen lassen sich in die Schwerpunktbereiche anlageninterner und anlagenexterner Notfallschutz aufteilen. Im anlageninternen Notfallschutz werden über die grundsätzliche Auslegung der Anlage zum Schutz der Bevölkerung hinaus anlageninterne Notfallmaßnahmen durch das Kraftwerkspersonal ergriffen, um Freisetzungen aus der Anlage zu vermeiden oder, soweit eine Vermeidung nicht möglich ist, zu begrenzen. In diesen Bereich fallen insbesondere alle Maßnahmen des Betriebspersonals mit dem Ziel, die vorgegebenen Schutzziele ggf. mit Accident-Management-Maßnahmen (AM-Maßnahmen) einzuhalten. Diese szenarienbedingten Maßnahmen sind somit Gegenstand von Notfallübungen innerhalb der Anlage. Im erweiterten Sinn sind über AM-Maßnahmen hinaus hier auch alle Maßnahmen des Betreibers relevant, die geeignet sind, den Bereich des anlagenexternen Notfallschutzes zu unterstützen; hier sind z. B. Messaufgaben sowie die Kommunikation mit den zuständigen Behörden zu deren Information über die Lage und die erwartete Lageentwicklung in der Anlage relevant.

Außerhalb der Anlage sind im anlagenexternen Notfallschutz entsprechend der Lage über kurzfristige Maßnahmen wie Aufsuchen und Verbleib in Häusern, Evakuierung und Verteilung von Iodtabletten in Verbindung mit der Empfehlung des vorsorglichen Verzichts auf den Verzehr frisch geernteter landwirtschaftlicher Produkte erforderlich. Auf der Grundlage von Messungen ist nachfolgend über Maßnahmen der temporären oder langfristigen Umsiedlung zu entscheiden; zusätzlich ist die Notwendigkeit der vorsorglich ausgesprochenen Verzehrsbeschränkungen auf der Grundlage der Messungen zu überprüfen, wobei diese Maßnahmen auf der Basis des Strahlenschutzvorsorgegesetzes (StrVG) durchgeführt werden. Einschlägige Vorgaben resultieren aus den Katastrophenschutzgesetzen der Länder und dem Strahlenschutzvorsorgegesetz; orientierende Vorgaben bezüglich der Details zur Planung von Notfallschutzmaßnahmen resultieren aus den Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen und den zugehörigen „Radiologischen Grundlagen“ /BMU 08/. Bezüglich Vermarktungssperren für landwirtschaftliche Produkte werden die EU-Höchstwerte der Nahrungsmittelkontamination /EU 89/ als Orientierung herange-

zogen, die im Maßnahmenkatalog /BMU 00/ enthalten sind. Den Behörden stehen als computergestützte Entscheidungshilfesysteme RODOS /FZK 05/ und IMIS zur Verfügung.

2.3 Zuständigkeiten im externen Notfallschutz für kerntechnische Ereignisse

Aufgrund der föderalen Struktur der Bundesrepublik Deutschland und der hieraus resultierenden unterschiedlichen rechtlichen Vorgaben im Katastrophenschutz und der Strahlenschutzvorsorge ergeben sich im externen Notfallschutz bei kerntechnischen Ereignissen unterschiedliche Aufgaben und Zuständigkeiten für die Behörden auf Landes- und Bundesebene. Wesentlichster Aspekt ist dabei der Schwerpunkt der Zuständigkeit der Länder für den Katastrophenschutz und der des Bundes für die Strahlenschutzvorsorge.

2.3.1 Aufgaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Auf Bundesebene ist das BMU auf der Grundlage des Strahlenschutzvorsorgegesetzes zuständig für Maßnahmen im Bereich der Strahlenschutzvorsorge. Entscheidungen erfolgen im Einvernehmen mit weiteren Bundesressorts. Dabei werden auch nachgeordnete Stellen des BMU zur Unterstützung tätig. Im Bereich des Katastrophenschutzes liegt die Verantwortung für radiologische Notfälle bei den Ländern. Im Falle eines kerntechnischen Unfalls unterstützt und berät das BMU die Länder und koordiniert im Bedarfsfall die Maßnahmen der Länder; dies erfordert aufgrund der Zuständigkeiten und der Datenflüsse eine entsprechende Zusammenarbeit zwischen den Behörden auf Landes- und Bundesebene in einem kerntechnischen Unfall.

Im Rahmen seiner Aufsichtsaufgaben auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit und des Strahlenschutzes hat das BMU in besonderen Gefahrenlagen zu gewährleisten, dass es unverzüglich tätig werden kann, sei es zur bundesaufsichtlichen Stellungnahme oder zur aufsichtlichen Koordinierung von Entscheidungen der Länder, an die die Aufsicht über die Anlagen vom BMU delegiert worden ist (sog. Bundesauftragsverwaltung). Außerdem hat das BMU bei schwerwiegenden Ereignissen, d. h. bei Stör- und

Unfällen in kerntechnischen Anlagen, die Aufgabe einer Anlauf-, Informations- und für bestimmte Aufgaben einer Koordinierungsstelle auch auf internationaler Ebene. Die fachliche Bearbeitung und Vorbereitung von Entscheidungen des BMU erfolgen in der Abteilung Reaktorsicherheit (RS) des BMU, das in die Unterabteilungen RS I (Reaktorsicherheit), RS II (Strahlenschutz) und RS III (Entsorgung) gegliedert ist. Dabei sind folgende Aufgaben in Abhängigkeit von der jeweiligen Gefahrenlage und Zuständigkeit zu bearbeiten:

– Entscheidung über Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung im Rahmen des Strahlenschutzvorsorgegesetzes,

– Koordinierung zwischen den fachlich zuständigen Bundesressorts,

– Mitarbeit in der interministeriellen Koordinierungsgruppe,

– Anforderung von Hilfeleistungen von anderen Ressorts,

– Koordinierungsmaßnahmen zwischen Bundes- und Landesebene,

– Empfehlungen an Landesbehörden,

– Zuziehung/Beteiligung von anderen Organisationen zur Hilfeleistung im Rahmen des Strahlenschutzvorsorgegesetzes,

– Informationen der Bevölkerung (Presseerklärungen),

– Informationen für externe Organisationen im nationalen und internationalen Bereich im Rahmen der Meldeverpflichtungen des BMU.

Zur Wahrnehmung der internationalen und bilateralen Informationsverpflichtungen hält das BMU Kontakt mit der Europäischen Union (EU), der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) und mit anderen Staaten. In diesem Zusammenhang wurden mit einer Vielzahl von Staaten entsprechende bilaterale Vereinbarungen getroffen.

2.3.2 Aufgaben des Bundesamtes für Strahlenschutz

Das BfS unterstützt das BMU bei der Erfassung und Bewertung der radiologischen Lage und bei den hierbei durchzuführenden Messaufgaben durch den Betrieb des IMIS-Systems. Zudem werden die Länder allgemein sowie bei kerntechnischen Unfällen

durch den Zugriff auf Daten des IMIS und die Hilfestellungen der RODOS-Zentrale unterstützt.

Das BfS stellt mit dem Integrierten Mess- und Informationssystem (IMIS), einschließlich der Zentralstelle des Bundes (ZdB), der Stabsstelle für den Betrieb des Entscheidungshilfesystems RODOS (Real-time On-line Decision Support System) und dem in den entsprechenden Abteilungen verfügbaren Fachwissen eine umfangreiche Informationsbasis bereit, auf die das BMU zurückgreifen kann. Darüber hinaus werden spezielle technische Ausrüstungen vorgehalten, deren Einsatz bei einzelnen der in dieser Unterlage angesprochenen Unfallkategorien sinnvoll sein kann. Anzusprechen sind diesbezüglich z. B.

– hubschraubergestützte Messsysteme zur großflächigen Ermittlung der (abgelagerten) Aktivität, die z. B. mit Hubschraubern der Bundespolizei eingesetzt werden, sowie

– spezielle Messsysteme und Geräte zur Detektion radioaktiver Stoffe.

Das integrierte Messnetz des Bundes (IMIS) vereint Messdaten aus den Bundesnetzen und den Leitstellen zur Überwachung der Umweltradioaktivität sowie Daten aus den Systemen der Kernreaktor-Fernüberwachung (KFÜ) der Länder. Diese Daten werden ausgewertet und in Lagedarstellungen und Prognosen der Exposition der Bevölkerung umgesetzt.

2.3.3 Notfallorganisation auf Bundesebene

Zur Bewältigung seiner Aufgaben bei radiologischen und kerntechnischen Ereignissen vor dem Hintergrund seiner Zuständigkeit nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz unterhält das BMU die RS-Stabsorganisation, die im Falle eines Ereignisses einberufen wird. Der Aufbau der RS-Stabsorganisation ist Abb. 2.1 zu entnehmen.

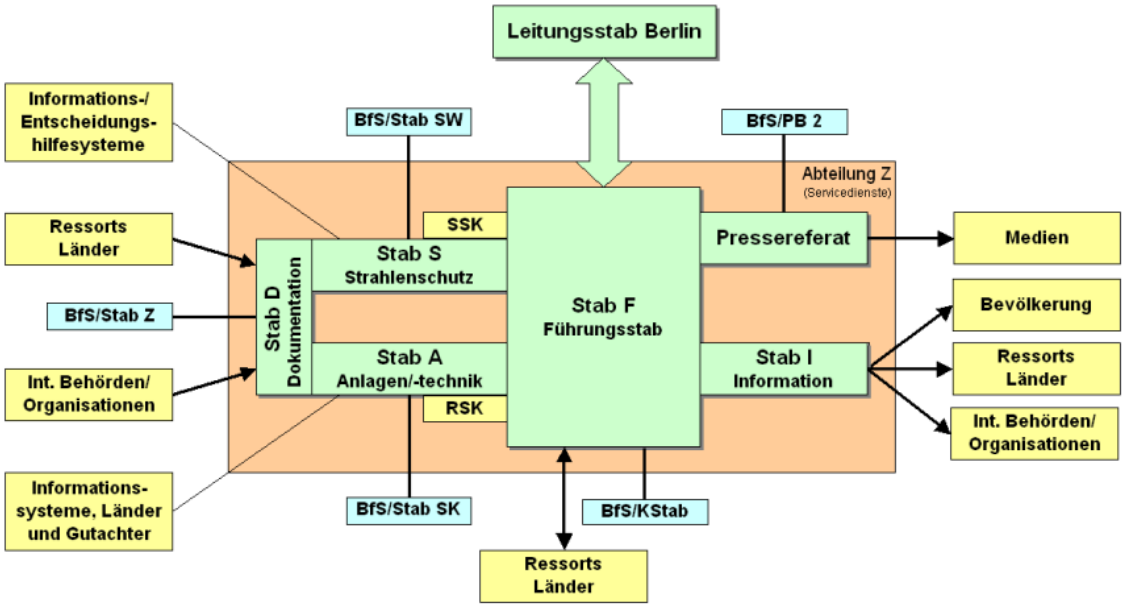


Abb. 2.1 Aufbau der RS-Stabsorganisation des BMU (Quelle /BMU 04/)

Kern der RS-Stabsorganisation ist der Führungsstab F, in dem alle Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung oder sonstige Maßnahmen getroffen werden. Der Führungsstab wird unterstützt durch die beiden Fachstäbe A „Anlagen/-technik“ und S „Strahlenschutz“, in denen unter Mitwirkung der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) (für den Fachstab A) sowie der Strahlenschutzkommission (SSK) (für den Fachstab S) und ggf. korrespondierender Stäbe des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) die Entscheidungen fachlich vorbereitet werden. Im Stab I „Information“, der eng mit dem Pressereferat zusammenarbeitet, werden alle Informationen für Behörden, Medien und Öffentlichkeit erarbeitet und nach Billigung durch den Führungsstab veröffentlicht. Der Stab D „Dokumentation“ stellt sicher, dass alle eingehenden Informationen an die zuständigen Stabseinheiten weitergeleitet werden. Eine detaillierte Beschreibung der RS-Stabsorganisation ist /BMU 04/ zu entnehmen.

2.3.4 Zuständigkeiten im Katastrophenschutz und in der Strahlenschutzvorsorge auf Landesebene

Aufgrund der Festlegungen des Grundgesetzes sind die Landesbehörden für den Katastrophenschutz zuständig. Für die Planung und Durchführung der Maßnahmen des Katastrophenschutzes in einem kerntechnischen Unfall sind dies die Katastrophenschutzbehörden. Es bestehen landesspezifische Festlegungen, welche Ebene (regionale Ebene, Landesebene) zuständig ist. Bei einer begrenzten Freisetzung radioaktiver

Stoffe, deren Auswirkung auf das Landesgebiet beschränkt bleiben, sind die entsprechenden Landesbehörden im Rahmen der Strahlenschutzvorsorge zuständig, wobei die Zuständigkeit in der Strahlenschutzvorsorge bei länderübergreifenden Auswirkungen beim BMU liegt (s. o.). Von der Seite der Anlagentechnik stehen die zuständigen Aufsichtsbehörden des Landes in direktem Kontakt mit der Anlage und haben Zugriff auf die Daten der KFÜ. Für den Krisenstab der Landeskatastrophenschutzbehörde wird eine Verbindungsperson des Betreibers abgestellt. Mit diesen Zuständigkeiten ergeben sich Schnittstellen zwischen Bundes- und Landesebene, denen bei einer Übungsplanung und -vorbereitung durch Beteiligung dieser Landesbehörden bzw. entsprechende Simulationen Rechnung zu tragen ist.

2.3.5 Nachgeordnete Behörden auf Landesebene

Planungs- und Führungsaufgaben auf regionaler oder lokaler Ebene werden in der Regel sinnvollerweise von der Landesebene an die nachgeordneten Behörden auf der regionalen Ebene der Kreise, Bezirksregierungen oder der Regierungspräsidien delegiert. Diese erstellen die besonderen Katastrophenschutzpläne für die Umgebung der kerntechnischen Anlage in ihrem Verwaltungsgebiet. Diese regionalen Katastrophenschutzbehörden bilden bei einem Unfall die Katastrophenschutzleitung mit dem Stab, der vom obersten Verwaltungsbeamten, je nach Verwaltungsstruktur z. B. dem Landrat des Kreises oder Regierungspräsidenten, geführt wird. Auf lokaler Ebene werden ggf. Einsatzeinheiten mit lokalen Einsatzstäben tätig, um Katastrophenschutzmaßnahmen durchzuführen oder zu unterstützen. Zu ihren Aufgaben gehören z. B. die Durchführung von Messungen, die Verkehrslenkung, der Betrieb von Notfallstationen, in denen die Bevölkerung dekontaminiert und ärztlich betreut werden kann.

2.4 Verfahren und Unterstützungssysteme zur Überwachung, Information und Kommunikation

2.4.1 Überwachung und Prognose der radiologischen Lage

Fernüberwachung von Kernkraftwerken (KFÜ)

Im Rahmen der Kernanlagen-Fernüberwachung werden kontinuierlich Messdaten zur Überwachung des Emissions- und Immissionsverhaltens der Anlagen sowie relevanter Betriebsparameter und meteorologischer Standortbedingungen erhoben und an die Aufsichtsbehörden zeitnah übertragen. Diese kontinuierliche Überwachung wird als Instrument der staatlichen Aufsicht nach § 19 AtG genutzt. Die grundlegenden Anforderungen an das Fernüberwachungssystem sind in den „Rahmenempfehlungen für die Fernüberwachung von Kernkraftwerken“ /GMBl 05/ festgehalten. Die Ausgestaltung im Detail erfolgt in Verantwortung des jeweils Aufsicht führenden Landes.

Die Messdaten zur Emission und Immission können im Freisetzungsfall zusammen mit den meteorologischen Einflussgrößen durch geeignete Rechenprogramme zur Prognose der Strahlenexposition genutzt werden. Die Anlagendaten erlauben bei Stör- oder Unfällen eine Bewertung des Anlagenzustandes, die ggf. auch zur Abschätzung der weiteren Entwicklung eines Ereignisses genutzt werden kann. Die KFÜ ist daher auch für Basisabschätzungen der Fachberater Strahlenschutz im Ereignisfall verwendbar. Sie dient der Auslösung automatischer Alarmierungen bei Überschreitung vorgegebener Schwellwerte, liefert Daten für die nach /BMU 03/ vorzusehenden integrierten Modellsysteme der KFÜ zur weiteren Analyse, Simulation und Prognose der Strahlenexposition und Kontamination und stellt Berechnungsergebnisse dieser Systeme zur Verfügung. Zum Import erforderlicher Wetter- und Emissionsdaten für das RODOS-System sind gemäß /BMU 03/ entsprechende Schnittstellen vorgesehen.

Die Überwachung der Emissionen mit der Fortluft und dem Abwasser sowie der meteorologischen Verhältnisse erfolgt nach den einschlägigen KTA-Regeln. Die Immissionsüberwachung beruht auf fest installierten und mobilen Einrichtungen zur Messung der Ortsdosisleistung (ODL) und von an Schwebstoffe gebundenen radioaktiven Stoffen. Sie ist mit dem IMIS-Messnetz in Bezug auf Vergleichbarkeit der Daten und wechselseitige Ergänzung der Messnetze abgestimmt. Die Überwachung der Anlagenparame-

ter gibt zur frühzeitigen Erkennung etwaiger Freisetzungen Auskunft über Aktivitätskonzentration und Ortsdosisleistung in Strahlenschutzbereichen der Anlage. Die Auswahl weiterer anlagentechnischer Parameter orientiert sich insbesondere an der Überwachung der Schutzziele (Reaktivitätskontrolle, Kühlung der Brennelemente, Einschluss der radioaktiven Stoffe und Begrenzung der Strahlenexposition durch Begrenzung des Aktivitätsflusses). Damit sind auch mögliche Überschreitungen anlagenbezogener Alarmierungskriterien /SSK 04b/ zur Auslösung von Vor- und Katastrophenalarm in der KFÜ erkennbar. Der Messzyklus für die kontinuierlich erhobenen Messdaten beträgt i. d. R. 10 Minuten.

IMIS

Das Integrierte Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) dient der Wahrnehmung von Überwachungs- und Prognoseaufgaben im Rahmen des Strahlenschutzvorsorgegesetzes. IMIS wird vom Bundesamt für Strahlenschutz betrieben. Das System umfasst

– Messeinrichtungen bei Bund und Ländern zur Ermittlung von spezifischen Aktivitäten oder Aktivitätskonzentrationen von Radionukliden sowie des Strahlenpegels 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.

Die Aufgaben zur Messung und Probenahme sind zwischen Bund und Ländern verteilt. Dabei obliegen dem Bund insbesondere der Betrieb des zentralen Messnetzes zur Erfassung der Gamma-Ortsdosisleistung mit ca. 1800 Messstellen (BfS), die Durchführung von gammaspektrometrischen Messungen aus der Luft (BfS) sowie die Messung der Aktivitätskonzentration in der freien Atmosphäre (Deutscher Wetterdienst, DWD).

Daneben wird in der Zuständigkeit des Bundes die Aktivität in Niederschlägen sowie in der Nord- und Ostsee und auf Bundeswasserstraßen überwacht.

Durch die Länder wird schwerpunktmäßig die Aktivität in Boden und in Pflanzen, Grund- und Trinkwasser sowie Binnengewässern, in Nahrungs- und Futtermitteln sowie anderen Produkten des täglichen Bedarfs und in Abfällen und Abwässern ermittelt.

Alle im Rahmen von IMIS erhobenen Daten werden in der Zentralstelle des Bundes erfasst, dokumentiert und ggf. zur weiteren Bewertung aufbereitet.

RODOS/PARK

RODOS (Real-time On-line Decision Support System for Off-site Emergency Management in Europe) 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 pozenziellen Emittenten bis etwa 100 km Entfernung vom Emissionsort vorgesehen, kann aber auch für Fernbereiche durch Aufsetzen von großräumigen DWD-Ausbreitungsrechnungen verwendet werden. Das Entscheidungshilfesystem PARK (Programm für die Abschätzung radiologischer Konsequenzen) nutzt Eingangsdaten aus IMIS und dient zur Abschätzung mittel- bis langfristiger Konsequenzen großräumiger Kontaminationen der Umwelt (Luft, Boden, Pflanzen, Nahrungsmittel usw.).

2.4.2 Lagedarstellung und Kommunikation

Die Effizienz der Zusammenarbeit der verschiedenen Behörden und Institutionen, die für die Bewältigung eines radiologischen Ereignisses zuständig sind, hängt wesentlich von einem schnellen Austausch von korrekten und für alle Beteiligten verständlichen Informationen ab. Hierzu existieren verschiedene Instrumentarien für die Lagedarstellung und Kommunikation, die zur Gewährleistung der erforderlichen Informationsflüsse zwischen Betreiber, Katastrophenschutzbehörde und Einsatzkräften auf regionaler Ebene und Landesebene sowie Aufsichtsbehörde des Landes, BMU/BfS und weiteren zu beteiligenden Organen auf Bundesebene sowie auf internationaler Ebene im Rah-

men bilateraler und internationaler Verpflichtungen vorgesehen sind. Im Zuge der elektronischen Informationsübermittlung gewinnen zunehmend EDV-gestützte softwarebasierte Systeme zur Lagedarstellung und Kommunikation an Bedeutung. In diesem Zusammenhang entwickelt sich zunehmend der Bedarf für standardisierte Meldeformate und Meldewege, um die Möglichkeiten zum beschleunigten und teilweise automatisierten Informationsaustausch zu realisieren.

Meldungen und Berichte der Betreiber

Der Informationsfluss vom Betreiber zu den zuständigen Behörden wird neben der automatischen Übermittlung der KFÜ-Daten durch die gemäß „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz“ /BMU 08/ und „Alarmierungskriterien“ /SSK 04b/ zu verfassenden und mit den zuständigen Länderbehörden abgestimmten Alarmmeldungen und Lageberichte gewährleistet. Gemäß /BMU 08/ haben diese die Aufgaben

– die zuständige Katastrophenschutzbehörde unverzüglich über einen kerntechnischen Unfall mit Klassifizierungsvorschlag für „Voralarm“ oder „Katastrophenalarm“ und vorläufiger INES-Einstufung zu unterrichten und

– in Berichten über den Anlagenzustand über Schutzzielgefährdungen oder -verletzungen, über die mögliche weitere Entwicklung zu informieren sowie

– in Berichten über die radiologische Lage über tatsächliche oder potenzielle Freisetzungen innerhalb der Anlage und in die Umgebung zu informieren und ggf. eine Quelltermabschätzung sowie Prognose der Strahlenexposition durchzuführen.

Die Abfassung der Alarmmeldungen und Lageberichte sind anlagenspezifisch im Betriebshandbuch (BHB) in der Alarmordnung oder Notfallhandbuch (NHB) geregelt. Detailanforderungen an die Meldeformate und Inhalte für radiologische Lageberichte sind nicht generisch vorgegeben.

Auf die Abfassung und Strukturierung der Betreiber–Lageberichte für die Referenzanlagen wird genauer in Abschnitt 3.3.1 und 3.4.1 eingegangen.

Plattformen zum Informationsaustausch auf Landes- und Bundesebene

Um die Vielzahl heterogener und in unregelmäßigen zeitlichen Abständen einlaufenden Informationen allen zuständigen Behörden und Einrichtungen zugänglich zu machen, bietet sich die Möglichkeit des Datenaustauschs über elektronische Informationsportale an, die z. B. über das Internet abgerufen werden können. Auf Landesebene wurden zu diesem Zweck Systeme zur elektronischen Lagedarstellung (ELDA) entwickelt, die zur gegenseitigen Information und Kommunikation von Betreibern, Behörden und Einsatzkräften dienen.

Die Notwendigkeit, eine große Zahl von Behörden und Organisationen über die aktuelle Lage im Falle eines radiologischen Ereignisses kurzfristig und effektiv zu informieren, hat zur bundesweiten Einführung des elektronischen Lage-Informationssystems ELAN durch das BfS geführt, mit dem internetbasiert auf einer hinsichtlich der Datenverarbeitung gesicherten Leitung Lageinformationen sowie weitergehende Daten und Informationen für die zuständigen bzw. angeschlossenen Behörden und Organisationen bereitgestellt werden.

Um die Informationen über kerntechnische Unfälle in die allgemeine Notfallschutzplanung zu integrieren, werden derzeit Arbeiten zur Einbindung der Informationen aus den verschiedenen Unterstützungssystemen (KFÜ, IMIS) und weitere Meldungen in das deutsche Notfallvorsorge-Informationssystem deNIS II des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) durchgeführt. deNIS II ist ein Informationssystem zur Unterstützung des Krisenmanagements für einen geschlossenen Kreis von Bedarfsträgern wie z. B. die interministerielle Koordinierungsgruppe von Bund und Ländern, das gemeinsame Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern (GMLZ), die Lagezentren der Bundesressorts und der Innenministerien der Länder, den obersten Katastrophenschutzbehörden und Leitungen von Hilfsorganisationen und Technischem Hilfswerk (THW). deNIS II dient dem Austausch vertraulicher Informationen und verfügt über besondere Funktionen zum Schutz der Daten vor unberechtigtem Zugriff.

Elektronische Datenübermittlungs- und Meldeverfahren

Zur Datenübermittlung im Ereignisfall fallen sowohl kontinuierliche Datenströme (z. B. aus regelmäßigen Messwertabfragen in KFÜ und IMIS als auch diskontinuierliche Daten wie Betreibermeldungen, Protokolle von Messungen und Probenahme mobiler Messtrupps und Laborprotokolle, Informationen und Anweisungen der Behörden etc.

an. Zur Übermittlung und Verwaltung dieser Daten wurde das XML-basierte Katastrophenschutz-Datenbank-Management-Informationssystem (KADAMIS) entwickelt /BEN 06/. KADAMIS besteht aus einer Datenbank zur zentralen Verwaltung der Informationen und Erfassungs- und Übermittlungssoftware für diskontinuierliche Daten. Insbesondere können hierdurch alle Betreibermeldungen in elektronischer, standardisierter Form an die zuständigen Landesbehörden übermittelt werden. KADAMIS nutzt standardisierte Meldeformate und Meldewege, durch die verschiedene Schnittstellen bedient werden. So können z. B. prognostizierte oder analysierte Quellterme für RODOS und Meldungen für die Informationssysteme ECURIE der EU und EMERCON der IAEO über KADAMIS aufbereitet und für die jeweiligen Empfänger zur direkten Weiterverarbeitung eingespeist werden.

Im Rahmen seiner internationalen Meldeverpflichtungen sind durch den BMU in einem Ereignisfall in Deutschland, Lagemeldungen und Informationen für die IAEO und die EU bereit zu stellen. Hierfür sind die Informationssysteme ECURIE der EU und EMERCON der IAEO vorgesehen. Diese Systeme werden von der Notfallorganisation des Bundes als Informationsquellen im Fall eines kerntechnischen Unfalls im Ausland genutzt. EMERCON und ECURIE sind näher in den Abschnitten 4.1.1 und 4.1.2 beschrieben.

Weiterleitung von Nachrichten und Lageberichten durch die Länder an den Bund

Die für den Katastrophenschutz relevanten Informationen (z. B. Lageberichte der Betreiber) laufen zunächst bei den zuständigen Stellen auf Landesebene auf. Zur Erfüllung seiner Aufgaben benötigt das BMU Informationen aus diesen Berichten. Die Verpflichtung der Länder zur Weitergabe der entsprechenden Informationen ergibt sich z. B. über die Implementierung der IAEO-Übereinkünfte und EU-Vorgaben zur gegenseitigen Information in nationale Gesetzgebung mit der Zustimmung des Bundesrates. Länderübergreifende Rahmenvorgaben zur Umsetzung dieser Informationspflichten existieren z. Zt. nicht. In der Praxis wird in einigen Ländern (z. B. Schleswig-Holstein) zurzeit die Übermittlung der entsprechenden ELDA-Meldungen an das BMU in elektronischer Form (Einstellung in ELAN) erprobt.

2.5 Übungspraxis in der Bundesrepublik Deutschland

Im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit sind aufgrund bilateraler Verträge Behörden der Nachbarstaaten bei Übungen grenznaher Anlagen als Beobachter oder auch als Mitübende beteiligt. Bei den regelmäßigen Übungen der IAEO (ConvEx-Übungen), der EU (ECURIE-Übungen) und der OECD/NEA (INEX-Übungen) nehmen entsprechend ihrer Zuständigkeit Mitarbeiter des Bundesumweltministeriums teil; darüber hinaus sind je nach Übungslage unterstützende Stellen und die zuständigen Behörden von Bundesländern beteiligt, so dass auch hier die wichtigen Alarmierungs- und Kommunikationsabläufe getestet werden können.

Exemplarisch für die grenzüberschreitende Zusammenarbeit ist die im Rahmen der INEX-3-Übungsserie durchgeführte gemeinsame deutsch-österreichische Tabletop-Übung, die zeitgleich vom 13. - 14. September 2005 im deutschen Bundesumweltministerium in Bonn und im österreichischen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) in Wien stattfand. Ziel dieser Übung war das grenzüberschreitend abgestimmte Notfallmanagement bei einem radiologischen Ereignis.

Deutschland hat zudem an der ConvEx-3-Übung vom 11. - 12. Mai 2005 teilgenommen, wobei diese national als Stabsrahmenübung durchgeführt wurde. Das Bundesumweltministerium als zuständige nationale Fachbehörde, das Bundesamt für Strahlenschutz, der Deutsche Wetterdienst und die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) waren an der ConvEx-3 beteiligt. Die vorgesehenen Übungsziele bestanden im zeitnahen Informationsaustausch zwischen BMU, IAEO, EU und Rumänien, im verbesserten Alarmierungsablauf, in der radiologischen Lageermittlung und -bewertung sowie im web-basierten Informationsaustausch zwischen den nationalen Stäben.

Auf Landes- und regionaler Ebene werden an den Standorten von Kernkraftwerken regelmäßig, aufgrund des großen Aufwandes jedoch in Zeitabständen von einigen Jahren, große Notfallschutzübungen durchgeführt, in denen das Zusammenwirken der verschiedenen beteiligten Stellen und Organisationen geübt wird, um die Funktion zu prüfen und eventuelle Schwachstellen zu identifizieren. An diesen Übungen nimmt auch der Betreiber teil, um die Schnittstelle zwischen Betreiber und Behörde zu testen. Eine aktive Beteiligung der potenziell betroffenen Bevölkerung erfolgt dabei nur in sehr

kleinem Umfang, z. B. bei der Simulation der Funktion einer Notfallstation. Das Szenarium der Übung wird von der Behörde bzw. einer beauftragten Gutachterorganisation erarbeitet; in der Regel wird dabei eine Freisetzung in die Umgebung unterstellt, jedoch auf den Bezug auf einen konkreten Unfallablauf in der Anlage verzichtet. Innerhalb des Landes werden – außerhalb der großen Notfallübungen – in den verschiedenen beteiligten Organisationen sowohl Ausbildungsveranstaltungen als auch Übungen zum speziellen Aufgabengebiet der Organisation durchgeführt.

Die Krisenorganisationen des Betreibers werden durch regelmäßige Übungen trainiert. Solche Übungen werden in der Regel einmal pro Jahr durchgeführt.

3 Katalog von Szenarien für die Übungsgestaltung

3.1 Zweckbestimmung

Der im Vorhaben zu erstellende Katalog enthält einige Übungsszenarien und Übungsdokumentationen für das Training der behördlichen Notfallorganisation. Als ein bedeutender Trainings-Schwerpunkt wird die fachübergreifende Zusammenarbeit der beteiligten Stäbe gesehen. Daher werden Vorgaben für die Arbeit aller Stäbe benötigt, um sie in die jeweilige Übung einbinden zu können. Weitere Vorgaben für die Szenariengestaltung wurden im ersten Projektgespräch festgelegt. Demgemäß sollen die Szenarien des Übungskataloges

– grundsätzlich für mehrere Anlagen und Standorte geeignet sein und konkrete Hinweise zur Nutzbarkeit an verschiedenen Standorten enthalten und insbesondere bzgl. der Angaben zu Quellterm und Ereignisablauf so weit wie möglich anonymisiert sein,

– zur Übung von Schichtübergaben in den Stäben sowie zur Übung von Maßnahmen der Strahlenschutzvorsorge in der Nachfreisetzungsphase (mit entsprechend vorzusehenden) Möglichkeiten für Zeitraffer-Simulationen oder Zeitsprünge in den simulierten Übungsepisoden) geeignet sein und

– entsprechend den unterschiedlichen Aufgabenfeldern der Stäbe modular aufgebaut sein, um neben Übungsgrundlagen für die gesamte Stabsorganisation auch Übungsmöglichkeiten für einzelne Untereinheiten zu bieten.

3.2 Aufbau der Szenarien

Der Übungskatalog enthält die folgenden Informationen:

– Die anlagentechnische Beschreibung des Ereignisablaufs inkl. der Ableitung der relevanten Parameter und die Bereitstellung der RODOS-Quellterme (entsprechend AP 1.1 des Angebots),

– die Abschätzung der potenziellen radiologischen Konsequenzen und ggf. erforderlichen Gegenmaßnahmen des Katastrophenschutzes (entsprechend AP 1.2 des Angebots),

– Vorgaben für die Notfallorganisation, insbesondere für die Schnittstellenabstimmung, die Simulation von Alarm- und Lagemeldungen sowie ggf. von weiteren Informationsflüssen und die Bereitstellung von Eingabedaten für den Ereignisablauf (entsprechend AP 1.3 des Angebots),

– Vorschläge zur Übungsdokumentation (entsprechend AP 1.4 des Angebots),

– eine Bewertung der Übertragbarkeit der Übungsszenarien auf andere Anlagentypen und Standorte (entsprechend AP 1.5 des Angebots) und

– Empfehlungen zur Steigerung der Effizienz von behördlichen Notfallübungen (entsprechend AP 1.6 des Angebots).

3.2.1 Auswahl der DWR- und SWR-Referenzanlagen

Für die Anlagen GKN-2 (DWR) und KKP-1 (SWR) hat die GRS im Auftrag des BMU/BfS PSA der Stufe 2 durchgeführt. Innerhalb dieser Analysen wurden Unfallabläufe vollständig und durchgehend berechnet, so dass eine gute Grundlage für die Erstellung von Übungsszenarien besteht. Weiterhin bestehen auch Kenntnisse zu Unfallabläufen in anderen Anlagen.

Für die Zwecke der Übung sind die Verläufe verschiedener Parameter erforderlich, die meist in den einschlägigen Berichten und Dokumentationen der PSA vorliegen oder daraus abgeleitet werden können.

3.2.2 Auswahl der repräsentativen Ereignisabläufe

Für die Ausarbeitung von Szenarien für den Übungskatalog werden zur Ermittlung der Quellterme und zur quantitativen Beschreibung des Ereignisablaufs entsprechend detaillierte Analysen der komplexen Unfallabläufe benötigt. Die Erstellung derartiger Analysen ist nicht Bestandteil des Vorhabens 3607S04558. Die betrachten Szenarien stützen sich auf die Unfallanalysen, die jeweils im Rahmen einer PSA Stufe 2 für die Referenzanlagen durchgeführt wurden. Die Ableitung der Ereignisabläufe stützt sich insbesondere auf verfügbare Unfallanalysen mit dem Programmsystem MELCOR. Aus diesem Grund sind die betrachteten Szenarien eng an die Ergebnisse dieser Unfallanalysen angelehnt. Das Spektrum der aus diesen Untersuchungen verfügbaren Szenarien wurde dem BfS auf einem Projektgespräch vorgestellt und diskutiert.

Entsprechend der Zielsetzung des Vorhabens sollen die Übungsszenarien das Spektrum potenzieller radiologisch relevanter Ereignisverläufe der Referenzanlagen weitgehend abdecken. Grundsätzlich sind zahlreiche verschiedenartige Ereignisabläufe denkbar. Für die Auswahl repräsentativer Ereignisabläufe kommen vor allem folgende Kriterien in Frage:

– Ausmaß der Radionuklidfreisetzung,

– Geschwindigkeit des Ablaufes,

– Wahrscheinlichkeit des Ablaufes,

– Komplexität des Ablaufes.

Werden für jedes der Kriterien nur zwei Werte unterschieden (z. B. hohe oder niedrige Radionuklidfreisetzung), so ergeben sich aus den vier Kriterien bereits 16 unterschiedliche Abläufe. Zieht man in Betracht, dass weitere Kriterien möglich sind (z. B. Radionuklidfreisetzung aus Kamin oder bodennah) dann wird deutlich, dass eine eingrenzende Auswahl erforderlich ist.

Zu diesem Zweck dient die folgende Liste von Kriterien. Sie wird jeweils für einen SWR und einen DWR angewandt (siehe Abschnitt 3.2.1), um auf der Grundlage der verfügbaren Unfallanalysen geeignete Übungsszenarien auswählen.

Die Szenarien sollen radiologisch relevant sein. Daraus folgt:

– Es ist mindestens eine teilweise Kernzerstörung erforderlich.

– Es ist mindestens eine Druckentlastung des Sicherheitsbehälters oder seine teilweise Leckage oder sein Bypass erforderlich.

Die Szenarien sollen repräsentativ sein. Daraus folgt:

– Eher wahrscheinliche als extrem unwahrscheinliche Szenarien wählen.

– Ergebnisse der PSA der Stufe 1 zu Details von Systemausfällen berücksichtigen.

Die Szenarien sollen das Spektrum potenzieller radiologisch relevanter Ereignisverläufe der Referenzanlagen weitgehend abdecken. Daraus folgt: Verschiedene Szenarien mit sehr unterschiedlicher Art der Radionuklidfreisetzung sind zu wählen, z. B.:

– hohe und relativ niedrige Radionuklidfreisetzung,

– unterschiedliche Pfade der Freisetzung aus der Anlage (z. B. Kamin, bodennah),

– lange/kurze Vorfreisetzungsphase,

– langanhaltende/kurzfristige Freisetzung.

Die Szenarien sollen für das Training behördlicher Notfallorganisationen geeignet sein. Daraus folgt, dass die Dauer der Übung mindestens einen Schichtwechsel ermöglichen sollte. Ansonsten sind Zeitraffer im zeitlichen Unfallablauf denkbar.

In den hier vorgeschlagenen Szenarien werden nicht berücksichtigt:

– Völlig unerwartete Wendungen im Verlauf der Szenarien. Dies wäre im Widerspruch dazu, eher wahrscheinliche Szenarien zu wählen.

– Langfristige Entwicklungen in der Anlage nach Ende der Freisetzungsphase. Dies geht über die relativ kurzfristige Perspektive der Übungen hinaus. Diese Problematik sollte bei der Fortschreibung des Szenarienkatalogs betrachtet werden.

3.2.3 Auswahl des Nuklidspektrums und der Aktivitätsinventare für die Quelltermermittlung

Bei den Rechnungen mit dem Entscheidungshilfesystem RODOS zur Erstellung eines Katalogs von Übungsszenarien können pro Simulation maximal 25 Nuklide bei der Berechnung der Strahlenexposition und Kontamination berücksichtigt werden. Für diese Rechnungen ist daher eine Auswahl von 25 Nukliden zu treffen. Die Beiträge dieser Nuklide sollen dabei einen möglichst hohen Anteil der zu erwartenden Strahlenexposition und/oder Kontamination abdecken. Die zu ermittelnde Strahlenexposition bezieht sich jeweils auf die Eingreifrichtwerte für die Gegenmaßnahmen Verbleib in Häusern, Evakuierung, Iodblockade bzw. temporäre oder dauerhafte Umsiedlung. Die zu ermittelnde Kontamination bezieht sich auf die EU-Höchstwerte für landwirtschaftliche Produkte.

Aufgrund der unterschiedlichen zu berücksichtigenden Expositionspfade und Integrationszeiten ergeben sich bereits bei der Ermittlung der Strahlenexposition zwangsläufig unterschiedliche Abdeckungsgrade durch eine Vorauswahl aus allen Nukliden. Die Variation des Abdeckungsgrades erhöht sich noch bei der gleichzeitigen Berücksichtigung

der Aktivitätshöchstwerte für Nahrungsmittel. Die Auswahl ist somit in Bezug auf das gesamte Anwendungsspektrum nicht a priori eindeutig zu treffen.

Das im Folgenden beschriebene Auswahlverfahren stellt einen pragmatischen Ansatz dar und beruht auf der Nuklidauswahl aus verfügbaren Zusammenstellungen in der Literatur. Alternativen zur getroffenen Wahl mit ähnlichen Abdeckungsgraden sind denkbar. Die Nuklidauswahl kann erforderlichenfalls nach Maßgabe der Quelltermermittlung und der Ausbreitungs- und Ablagerungsbedingungen bzw. der RODOS-Ergebnisse für Einzelszenarien modifiziert werden.

Eine systematische Untersuchung zur Ermittlung der relevanten Nuklide beschränkt auf die kurzfristigen Maßnahmen das Katastrophenschutzes sind z. B. im „Erläuterungsbericht zum Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen" /SSK 04a/ dokumentiert. Die hier gewählte Vorgehensweise hat nicht den Anspruch, gleichwertige Ergebnisse zu diesen oder analogen Untersuchungen zu erzielen. Abweichungen gegenüber /SSK 04a/ sind dadurch begründet, dass für den „Katalog Übungsszenarien" sowohl die für den der Katastrophenschutz als auch die für die Strahlenschutzvorsorge relevanten radiologischen Auswirkungen durch das Nuklidspektrum erfasst werden sollen.

Verfahrensschritte und Ergebnis der Zusammenstellung werden nachfolgend erläutert. In einem ersten Schritt wird eine Nuklidliste als Zusammenfassung relevanter Nuklide aus verschiedenen Quellen, so dem

– COSYMA User Guide 2.0, /COS 95/, Tabelle 4.1,

– dem Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen" /SSK 04/, Tabelle 1-1 sowie

– dem Methodenband zur PSA Stufe II des Bundesamtes für Strahlenschutzes, /BFS 05/ Tabelle 5-4,

zusammengestellt. Daraus ergibt sich eine Liste von 30 Nukliden, die mindestens in einer der genannten Quellen als relevant aufgeführt werden.

Alle Pu- und Cm-Nuklide werden (unter anderem wegen ihrer Bedeutung für MOX-Kerne) ohne weitere Bewertung übernommen. Durch die getroffene Wahl werden auch Pu-239 bzw. Am-241 abgedeckt, da die Aktivität der gewählten Pu- und Cm-Nuklide im

MOX-Kern bei ähnlicher Radiotoxizität (bewertet z. B. anhand der Aktivitätsfreigrenzen der StrlSchV) um mindestens eine bis mehrere Größenordnungen höher ist.

In einem zweiten Schritt wird eine elementbezogene Bewertung der relativen Bedeutung von Nukliden eines DWR-Gleichgewichtkerns (Uran) in /ALP 86/ herangezogen. Diese Bewertung und die zugehörigen elementbezogenen Freisetzungsanteile aus /ALP 86/ werden zur Wichtung der zusammengestellten Elementgruppen benutzt. Auf dieser Basis werden zwei weitere Nuklide (Rh-105 und Ag-111) als von untergeordneter Bedeutung identifiziert.

Aus den verbleibenden Nukliden werden zunächst diejenigen identifiziert, die nur jeweils in einer der o. g. Literaturquellen aufgeführt sind und für die in der Tabelle weitere Isotope des gleichen Elements enthalten sind. Diese werden aufgrund ihres Aktivitätsgehaltes und ihrer Radiotoxizität relativ zu der Bedeutung des Isotops gleicher Ordnungszahl mit der größten radiologischer Relevanz bewertet. Als Ergebnis erweisen sich Te-127, Te-131m und Cs-136 von vergleichsweise untergeordneter Bedeutung und wurden aus der Liste genommen. Das Ergebnis der Nuklidauswahl ist in Tab. 3.1 aufgeführt.

Auswahl der Anfangsinventare für die DWR- und SWR-Referenzanlage

Die Anfangsaktivitäten für die ausgewählten Nuklide für die DWR-Übungsszenarios wurden der Tabelle „Aktivitätsinventar eines Reaktors mit Urankern mit einer thermischen Leistung von 3733 MW (Gleichgewichtskern am Zyklusende)“ in /SSK 04/ entnommen, welche auch die Zeitabhängigkeit nach Ende der Kettenreaktion beinhaltet. Dabei wurde eine Skalierung auf die in den MELCOR-Rechnungen zu DWR-Szenarien verwendete thermische Leistung von 3765 MW vorgenommen. Für die SWR-Übungsszenarios wird das Aktivitätsinventar direkt den Berechnungen gemäß /GRS 06a/ entnommen, die auch zur Festlegung der Nachzerfallsleistungen in den zugehörigen MELCOR-Rechnungen verwendet wurden. Die entsprechenden Anfangsinventare sind ebenfalls in Tab. 3.1 enthalten. Die weitere zeitliche Entwicklung des Kerninventars nach der Abschaltung wird bei der Quelltermermittlung berücksichtigt.

Tab. 3.1 Nuklidauswahl und Anfangsinventare für die Quelltermermittlung

Lfd. Nr.	Gruppe	Nuklid	Anfangsinventar DWR [Bq]	Anfangsinventar SWR [Bq]
1	Edelgase	Kr-87	2,02E+18	1,30E+18
2		Kr-88	2,82E+18	1,78E+18
3		Xe-133	7,67E+18	5,03E+18
4		Xe-135	1,71E+18	1,52E+18
5	Iod	I-131	3,63E+18	2,53E+18
6		I-132	5,35E+18	3,71E+18
7		I-133	7,67E+18	5,25E+18
8		I-134	8,27E+18	5,81E+18
9		I-135	7,16E+18	4,98E+18
10	Schwebstoffe	Sr-90	2,22E+17	2,88E+17
11		Zr 95	6,45E+18	4,28E+18
12		Mo-99	6,96E+18	4,80E+18
13		Ru-103	5,65E+18	4,01E+18
14		Ru-106	1,41E+18	1,53E+18
15		Sb-127	3,23E+17	2,22E+17
16		Te-132	5,24E+18	3,62E+18
17		Cs-134	3,53E+17	5,46E+17
18		Cs-137	3,03E+17	3,81E+17
19		Ba-140	6,76E+18	4,58E+18
20		La-140	6,86E+18	4,95E+18
21		Ce-144	4,14E+18	3,56E+18
22	Transurane	Pu-238	4,54E+15	8,46E+15
23		Pu-241	3,23E+17	4,19E+17
24		Cm-242	7,87E+16	1,35E+17
25		Cm-244	3,13E+15	5,12E+15

3.2.4 Abschätzung der radiologischen Auswirkungen und des Erfordernisses von Gegenmaßnahmen

Die Abschätzung der radiologischen Auswirkungen erfolgt in zwei Stufen. In der ersten Stufe wird im Rahmen einer Grobanalyse das Spektrum der radiologischen Auswirkungen bei vereinfachten und tendenziell pessimistischen Annahmen abgeschätzt. In der zweiten Stufe wird eine Detailanalyse der radiologischen Auswirkungen für generische

Wetterrandbedingungen durchgeführt. Hierfür werden Ergebnisse von Rechnungen mit dem Entscheidungshilfesystem RODOS herangezogen.

3.2.4.1 Grobanalyse (Screening) der potenziellen radiologischen Auswirkungen

Als Vorstufe zu den Detailauswertungen der Ergebnisse des Entscheidungshilfesystems RODOS werden die radiologischen Auswirkungen nach der Methodik des „Leitfadens für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen“ (/SSK 04/, Kapitel 3) abgeschätzt. Methodik und Wahl der Randbedingungen dieser Grobanalyse (Screening) entsprechen einer vereinfachten und tendenziell pessimistischen Einschätzung der radiologischen Auswirkungen. Das Screening soll einen Überblick über das Spektrum der möglichen radiologischen Auswirkungen in Verbindung mit dem Freisetzungsverlauf für verschiedene Wettersituationen ermöglichen. Es dient in diesem Zusammenhang insbesondere einer überschlägigen Einschätzung der Verwendungsmöglichkeiten und ggf. des Optimierungsbedarfs der Freisetzungsszenarien für die Gestaltung konkreter Übungen. Darüber hinaus liefert das Verfahren eine im Bedarfsfall zu ergänzende Grundlage für radiologische Prognosen im Rahmen der Lageberichte aus der Anlage.

Betrachtet werden im Rahmen der Grobanalyse nur die Katastrophenschutzmaßnahmen „Aufenthalt in Gebäuden“, „Evakuierung“ und „Iodblockade“. Zu diesem Zweck werden die effektive Dosis aus Wolkenstrahlung, Bodenstrahlung und Inhalation bei siebentägigem Aufenthalt im Freien für Erwachsene sowie die Schilddrüsen-Inhalationsdosis für Erwachsene und Kinder berechnet und mit den einschlägigen Eingreif-Richtwerten verglichen.

Als Emissionshöhen werden entsprechend den in /SSK 04/ betrachteten Quellhöhen (20 m, 50 m, 100 m und 150 m) 20 m für bodennahe Freisetzungen bzw. Freisetzungen aus Gebäuden, 100 m für Freisetzungen aus dem Kamin der SWR-Referenzanlage und 150 m für Freisetzungen aus dem Kamin der DWR-Referenzanlage angesetzt. Auftriebsbedingte Überhöhungen werden pessimistisch vernachlässigt. Die Abschätzung erfolgt mit folgenden Randbedingungen für die Ausbreitung:

– Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe = 3 m/s,

– Rauigkeitslänge = 0,5 m,

– für stabile (Diffusionskategorie F), neutrale (leicht stabile bis leicht labile; Diffusionskategorien C,D,E) und labile (Diffusionskategorie A) Wetterlage ohne Niederschlag,

– zusätzlich neutrale Wetterlage mit Niederschlag von 2 mm/h.

Die benötigten Dosis-Umrechnungsfaktoren werden vereinfacht nach /SSK 04/, Tabelle 3-9. abgeschätzt. Alle o. g. Dosisgrößen werden unter der Fahnenachse in Entfernungen von 100 m bis 100 km berechnet. Zeitliche Variationen der Strömungsverhältnisse werden nicht berücksichtigt. Die Berechnungsergebnisse werden dadurch für größere Entfernungen zunehmend unsicher bei steigender Tendenz zur Überschätzung. Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

3.2.4.2 Detailanalyse der potenziellen radiologischen Auswirkungen auf Basis von Ergebnissen des Entscheidungshilfesystems RODOS

Die Detailanalyse der potenziellen radiologischen Konsequenzen und der ggf. zu treffenden Gegenmaßnahmen für die zu betrachtenden Übungsszenarien stützt sich auf die Ergebnisse der Berechnungen mit dem System RODOS, die zu diesen Szenarien durch die GRS mit der fachlichen Betreuung und EDV-technischen Unterstützung des BfS durchgeführt wurden.

Die Beschreibung der radiologischen Lage orientiert sich an dem potenziellen Erfordernis von ggf. zu treffenden Maßnahmen, wobei nur die wichtigsten Maßnahmen das Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge betrachtet werden. Die zur Entscheidungsfindung über ggf. angezeigte Maßnahmen erforderlichen radiologischen Parameter sowie weitere Randbedingungen zur Beurteilung der radiologischen Lage (Wetter, Information über Bevölkerung und Nutzung in beaufschlagten Gebieten) werden als Ergebnisse der RODOS-Simulationen genutzt.

Im Übungskatalog werden zur Orientierung exemplarisch Maßnahmen aufgeführt, die im Rahmen des Szenarios zur Entscheidung anstehen können. Die Basis für die Abschätzung von potenziell erforderlichen Maßnahmen erfolgt auf Basis der RODOS-Ergebnisse. Die Abschätzung bezieht sich auf die Katastrophenschutzmaßnahmen

– Aufenthalt in Gebäuden,

– Evakuierung sowie

– Iodblockade der Schilddrüse.

Als zeitlich bzw. räumlich anschließende Maßnahmen der Strahlenschutzvorsorge werden zentral die Maßnahmen

– temporäre Umsiedlung

– dauerhafte Umsiedlung

– Verwerfen landwirtschaftlicher Produkte

betrachtet. Die entsprechend dieser Vorgehensweise zur radiologischen Lagebewertung in Betracht zu ziehenden Maßnahmen und Parameter sind in Tab. 3.2 zusammengefasst.

Tab. 3.2 Maßnahmenbezogene radiologische Beurteilungskriterien und abgeleitete Richtwerte

Maßnahme	**Radiologische Beurteilungskriterien**	**Primäre Beurteilungswerte**	**Abgeleitete Werte**
Aufenthalt in Gebäuden	Eingreifrichtwert (10 mSv Effektive Dosis in 7 Tagen) wird überschritten	ED > 10 mSv (Inh., Ext., 7 d)	Zeitintegrierte Aktivitätskonzentrationen nach MNK, Tab 4.2-3
			Bodenkontamination, die nach MNK zur Überschreitung des Eingreifrichtwerts führen kann I-131 (Ref-Nukl.): > $7{,}7 \cdot 10^6$ Bq/m^2 I-131: > $6 \cdot 10^7$ Bq/m^2 Te-132: > $1{,}3 \cdot 10^7$ Bq/m^2 Cs-137: > $3 \cdot 10^7$ Bq/m^2
			Evtl. Gamma-ODL nach Ablagerung (nicht im MNK)
Evakuierung	Eingreifrichtwert (100 mSv Effektive Dosis in 7 Tagen) wird überschritten	ED > 100 mSv (Inh., Ext., 7 d)	Zeitintegrierte Aktivitätskonzentrationen nach MNK, Tab 4.1-3
			Bodenkontamination, die nach MNK zur Überschreitung des Eingreifrichtwerts führen kann I-131 (Ref-Nukl.): > $7{,}7 \cdot 10^7$ Bq/m^2 I-131: > $6 \cdot 10^8$ Bq/m^2 Te-132: > $1{,}3 \cdot 10^8$ Bq/m^2 Cs-137: > $3 \cdot 10^8$ Bq/m^2
			Gamma-ODL nach Ende der Ablagerung (vgl. MNK, Abb. 4.1-1)

Maßnahme	Radiologische Beurteilungskriterien	Primäre Beurteilungswerte	Abgeleitete Werte
Einnahme von Iodtabletten	Eingreifrichtwert (SD-Inhalationsdosis von 50 mSv für Kinder bis 12 J und Schwangere, 250 mSv für Erwachsene) wird überschritten	Kinder: SD > 50 mSv (Inh., 7 d) Erw: SD > 250 mSv (Inh., 7 d)	Zeitintegrierte Aktivitätskonzentrationen von I-131 nach MNK, Tab 4.4-3
Temporäre Umsiedlung	Eingreifrichtwert (30 mSv in einem Monat) wird überschritten	ED > 30 mSv (Ext., 30 d)	Bodenkontamination, die nach MNK zur Überschreitung des Eingreifrichtwerts führen kann I-131 (Ref-Nukl.): > $1{,}3 \cdot 10^7$ Bq/m^2 I-131: > $8{,}7 \cdot 10^7$ Bq/m^2 Cs-137: > $2{,}1 \cdot 10^7$ Bq/m^2
			Gamma-ODL nach Ende der Ablagerung (vgl. MNK, Abb. 5.1-1)
Langfristige Umsiedlung	Eingreifrichtwert (100 mSv in einem Jahr) wird überschritten	ED > 100 mSv (Ext., 1 a)	Bodenkontamination, die nach MNK zur Überschreitung des Eingreifrichtwerts führen kann I-131 (Ref-Nukl.): > $3{,}1 \cdot 10^7$ Bq/m^2 Cs-137: > $1{,}2 \cdot 10^7$ Bq/m^2
Verwerfen von landwirtschaftlichen Produkten	EU-Höchstwerte werden überschritten	Tabelle 7.12-1 MNK	Erwartete zeitintegrierte Luftkonzentration bei trockener Ablagerung: I: > $1{,}7 \cdot 10^2$ Bq·h/m^3 Cs: > $3{,}5 \cdot 10^2$ Bq·h/m^3
			Erwartete Luftkonzentration bei nasser Ablagerung: I: > $1{,}2 \cdot 10^1$ Bq/m^3 Cs: > $7{,}0 \cdot 10^0$ Bq/m^3
			Erwartete Bodenkontamination: I: > $7{,}0 \cdot 10^2$ Bq/m^2 Cs: > $6{,}5 \cdot 10^2$ Bq/m^2 (weitere Richtwerte, auch für Sr, nach MNK)

Abkürzungen:

ED: Effektive Dosis; SD: Schilddrüsendosis; Inh.:Inhalation; Ext.: Externe Strahlung, ODL: Ortsdosisleistung;

MNK: „Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen“ (Maßnahmenkatalog) Stand 2000

REI: Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen GMBl. vom 23. März 2006 Nr.14-17, S. 253.

Auswahl von Standort und Randbedingungen für die Ausbreitung und Deposition

Mit dem Ziel der eindeutigen Vergleichbarkeit der radiologischen Auswirkungen wurde für beide Referenzanlagen ein gemeinsamer fiktiver Standort (KKW Isar) gewählt. Sowohl die anlagentechnischen Abläufe als auch die Freisetzungsrandbedingungen (insbesondere Freisetzungshöhe) entsprechen den jeweiligen Verhältnissen der Referenzanlagen und nicht den Anlagen am Standort Isar. Die Ausbreitungsrandbedingungen sind hingegen für alle Szenarien gleich gewählt. Der Ermittlung der radiologischen Auswirkungen sind für jedes Szenario jeweils eine trockene und eine niederschlagsbehaftete Situation zu Grunde gelegt.

Die RODOS-Simulationen werden mit vereinfachten synthetischen Wetterdaten, die typischen Situationen am Standort Isar entsprechen, angetrieben. Der Antrieb erfolgt mit einem horizontal homogenen und zeitlich konstanten Windprofil, das nur in Bodennähe durch Geländeeinflüsse modifiziert wird. Die folgenden Wetterrandbedingungen liegen den Rechnungen zu Grunde:

– Trockene Situation: Windrichtung 240°, Windgeschwindigkeit 2 m/s in 10 m Höhe, Diffusionskategorie D mit Niederschlag von 0 mm/h.

– Situation mit Niederschlag: Windrichtung 240°, Windgeschwindigkeit 2 m/s in 10 m Höhe, Diffusionskategorie C mit Niederschlag von 1 mm/h.

Das Simulationsgebiet überdeckt ein Rechteck mit jeweils 200 km Kantenlänge. Radiologische Auswirkungen sind so bis in 100 km Entfernung vom Standort analysierbar. Die Simulationszeit ist jeweils so gewählt, dass zwischen Freisetzungsende und Simulationsende mindestens 24 Stunden liegen. Innerhalb dieser Zeit hat die radioaktive Wolke das Simulationsgebiet sicher verlassen, so dass alle radiologischen Auswirkungen erfasst sind.

Die durchgeführten Simulationen dienen einer generischen Abschätzung der Größenordnung radiologischer Auswirkungen. Die räumliche Homogenität und zeitliche Konstanz der Wetterrandbedingungen weichen von real zu unterstellenden Wettersituationen ab. Tendenziell überschätzen die berechneten Dosis-, Aktivitäts- und Kontaminationswerte die zu erwartenden radiologischen Auswirkungen. Die Fläche des vom Wolkendurchzug potenziell betroffenen Gebietes wird hingegen unterschätzt. DWD-Fernbereichsrechnungen können diesen Simulationen nicht angeschlossen werden, da

zu diesem Eingabefelder des DWD-Lokalmodells als gemeinsamer meteorologischer Antrieb für RODOS und die Ausbreitungsrechnungen im Fernbereich benötigt werden.

Für die konkrete Übungsgestaltung empfehlen sich die Auswahl einer speziell der zu übenden radiologischen Situation angepassten realen Wettersituation und die Simulation der Auswirkungen für den Nah- und Fernbereich auf Basis entsprechender DWD-Strömungsfelder.

3.3 Übungsszenarien für die DWR-Referenzanlage

3.3.1 Anlagencharakteristik in Bezug auf die Übungsszenarien

Die DWR-Referenzanlage ist vom Konvoi-Typ, der die modernste deutsche Anlagentechnik repräsentiert. Typische Anlageneigenschaften und Unfallabläufe sind in einer PSA der Stufe 2 für diese Anlage beschrieben /GRS 01/.

Für Übungsszenarien mit erheblicher Radionuklidfreisetzung sind folgende Anlageneigenschaften von besonderer Bedeutung:

– Hohe und frühe Radionuklidfreisetzungen sind fast ausschließlich nur bei relativ unwahrscheinlichen Abläufen denkbar, bei denen der Sicherheitsbehälter umgangen wird („SB-Bypass“). Es sind jedoch nicht alle Bypass-Fälle von diesem Typ.

– Wenn kein SB-Bypass besteht, wird der Sicherheitsbehälter mit hoher Wahrscheinlichkeit längere Zeit (Tage) bis nach dem Beginn des Kernschmelzens intakt bleiben. Eine gefilterte Druckentlastung des Sicherheitsbehälters ist vorgesehen, um sein Versagen zu verhindern oder zumindest weiter zu verzögern.

Für die hier vorzubereitenden Übungsszenarien ist es von besonderem Interesse, welche Meldungen aus der Anlage an die Behörden zu erwarten sind. Es kommen grundsätzlich folgende Informationswege in Betracht:

Kernreaktor-Fernüberwachungssystem (KFÜ): Es übermittelt sowohl im Normalbetrieb als auch bei Störungen in regelmäßigen Zeitabständen automatisch bestimmte Anlagendaten an die Behörden. In den Abschnitten zu den einzelnen Übungsszenarien wird

beschrieben, welche Daten dies sind, und ob sie aus den zur Verfügung stehenden Unfallsimulationen abgeleitet werden können.

Meldung zu Katastrophen-Voralarm bzw. zu Katastrophenalarm: Diese Meldung wird aus der Anlage per Telefax an die zuständige Katastrophenschutzorganisation gesandt. Die zugehörigen Alarmierungskriterien werden in den nachfolgenden Abschnitten zu den einzelnen Übungsszenarien beschrieben. Die Meldung enthält keine Angaben zum Zustand der Anlagensysteme. Lediglich einige meteorologische Daten, Raten der Aktivitätsabgabe, gesamte freigesetzte Aktivität, gemessene und geschätzte Gamma-Dosisleistungen sind enthalten. Aus den existierenden Unfallsimulationen können Informationen zu den Aktivitäten relativ einfach hergeleitet werden. Angaben zur Dosisleistung sind hingegen nur mit separaten Rechenprogrammen zur Radionuklidausbreitung zu bestimmen. Im vorliegenden Vorhaben werden diese Dosisinformationen deshalb nicht erzeugt. Der entsprechende Teil der Meldung wird nicht ausgefüllt bzw. mit dem Vermerk „unbekannt“ versehen.

Lageberichte: Für die Referenzanlage existiert im Notfallhandbuch ein Kapitel „Lageberichte“. Diese Lageberichte gehen per Telefax an die Aufsichtsbehörde und an die zuständige Katastrophenschutzorganisation. Der Lagebericht ist wie folgt gegliedert; dabei sind Angaben, die mit den verfügbaren Unfallsimulationen nur auf Basis entsprechender RODOS-Rechnungen oder vergleichbarer Berechnungen zur radiologischen Lage ermittelt werden können, *kursiv* gedruckt:

– allgemeine Angaben (Zeitpunkt des Ereignisses, Angaben zu Einhaltung von Schutzzielen, pauschale Angaben zur radiologischen Emission, zusätzliche frei formulierbare Informationen),

– anlagentechnische Angaben (primärseitige und sekundärseitige Wärmeabfuhr, Kühlmittelzustand, Energieversorgung, Reaktorsicherheitsbehälter),

– frei formulierbares Informationsblatt,

– Notfallmaßnahmen (durchgeführte und geplante),

– Emissionen im Überblick (Vergleich mit Jahresgenehmigungswert, Tendenz, Emissionspfad, meteorologische Daten),

– Emissionen im Detail (Emissionsrate bestimmter Nuklidgruppen, *Dosisabschätzungen für das Kleinkind),*

– Radiologie-Prognose (angenommene Entwicklung der Emissionen und der Wetterdaten, *Prognose des betroffenen Gebietes und der dafür abgeschätzten Dosiswerte für das Kleinkind),*

– *Ergebnisse von Immissionsmessungen.*

Die Informationen werden in Übungs-Lageberichten zusammengestellt. Die Häufigkeit, mit der Lageberichte von der Anlage in der Übung abgesendet werden, wird wie folgt festgelegt: Der erste Lagebericht erfolgt kurz nach Übergang vom Betriebs- in das Notfallhandbuch, wenn Schutzziele nach den Vorgaben des Betriebshandbuches nicht mehr eingehalten werden können. Nachfolgende Berichte werden unter folgenden Voraussetzungen abgesendet:

– Das Anlagenpersonal erlangt Kenntnis, dass sich seit dem letzten Lagebericht eine erhebliche Änderung des Anlagenzustandes ergeben hat.

– Das Anlagenpersonal hat seine Einschätzung der Lage seit dem letzten Lagebericht erheblich verändert.

– Es ist mehr als eine Stunde seit dem letzten Lagebericht vergangen.

3.3.2 Standortcharakteristik

Geographische Verhältnisse

Die Referenzanlage befindet sich in Südwestdeutschland in einer relativ engen Tallage an einem Flusslauf mit einer vorherrschenden Ausrichtung von Süden nach Norden, die durch unregelmäßige Mäander aufgelockert wird. Das Gelände ist orografisch mit Höhenunterschieden zwischen ca. 170 m und 300 m in der näheren Umgebung (wenige km) und bis zu 540 m in der weiteren Umgebung (~ 10 km Entfernung) mäßig gegliedert. Die Region ist durch intensive landwirtschaftliche Nutzung mit Feldern und Weinanbauflächen, unterbrochen von kleineren Waldgebieten, geprägt.

Meteorologische Verhältnisse

Aus meteorologischer Sicht zeichnet sich der Standort neben den für Westdeutschland typischerweise vorherrschenden Westwindlagen bei neutraler Schichtung durch relativ

große Häufigkeiten für Süd- bzw. Südostwindlagen aus. Diese Charakteristik ist auf Kanalisierungseffekte entlang des Flusstales zurückzuführen. Durch die Tallage bedingt ist auch die auffällig große Häufigkeit stabiler (Diffusionskategorie E) bis sehr stabiler (Diffusionskategorie F) Schichtungen am Standort (Abb. 3.1). Insbesondere ist die Kategorie F fast doppelt so häufig wie die Kategorie E. Die Diffusionskategorien E und F sind zusammen mit etwa 43 % genau fast genauso häufig wie die Kategorien C und D (44 %). Damit einhergehend sind Schwachwindsituationen relativ häufig. Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse sind als typisch für den südwestdeutschen Raum zu bezeichnen.

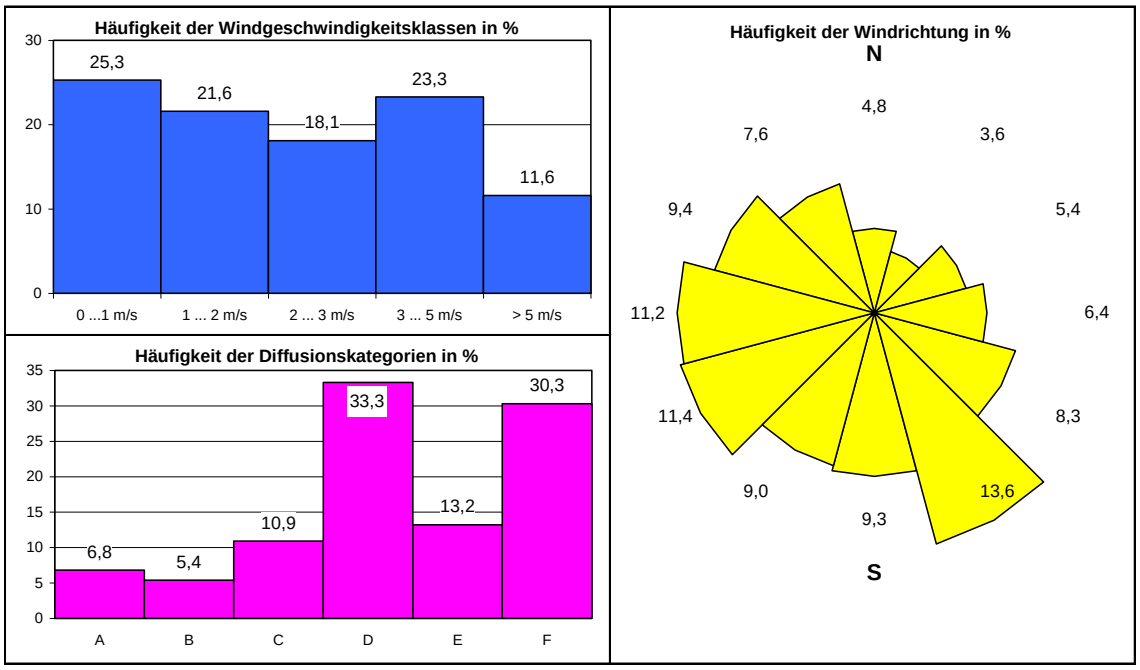


Abb. 3.1 Statistik der Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Diffusionskategorien am Standort der DRW-Referenzanlage.

Besiedlung der Umgebung

Der Ortsrand der nächsten Ortschaft mit ca. 3500 Einwohnern befindet sich in ca. 800 m Entfernung östlich des Anlagengeländes. Das Zentrum liegt etwa 1,5 km entfernt. Zwei weitere Ortschaften mit 3600 bzw. 4900 Einwohnern südwestlich und westlich der Anlage bei je etwa 1,7 km Entfernung des Ortsrandes befinden sich teilweise in der Zentralzone. Die nächstgelegene Stadt befindet sich mit etwa 10 500 Einwohnern nordwestlich in ca. 4 km Entfernung, die nächstgelegene Großstadt (120 000 Einwoh-

ner) grenzt im Norden mit dem Stadtrand in ca. 9,5 km an die Mittelzone. Eine weitere größere Stadt mit 850 000 Einwohnern befindet sich südlich in der Außenzone. Das Zentrum der nächsten Großstadt mit mehr als 50 000 Einwohnern liegt ca. 30 km entfernt. Insgesamt wohnen in der Zentralzone etwa 10 000 Einwohner, in der Mittelzone ca. 170 000 Einwohner und in der Außenzone knapp eine Million Einwohner.

3.3.3 Alarmierungskritierien und KFÜ-Signale

Für jedes Übungsszenario werden das Erreichen von Alarmierungskriterien und der Zeitverlauf von Signalen der Kernreaktor-Fernüberwachung (KFÜ) dokumentiert, soweit dies auf Grundlage der jeweiligen MELCOR-Rechnung möglich ist.

Für den Vergleich der berechneten Anlagenparameter mit Alarmierungskriterien wurde die Alarmordnung der Referenzanlage zu Grunde gelegt. Es wurde untersucht, wann die speziellen Anlagenkriterien für Voralarm und Katastrophenalarm erfüllt sind. Die tatsächlichen Alarmierungen werden nicht notwendigerweise zu diesen Zeitpunkten erfolgen, da einerseits bereits dann zu alarmieren ist, wenn die in den Kriterien beschriebenen Gefährdungen (voraussichtlich) nicht abgewendet werden können, andererseits aber die Erfüllung von Kriterien unter Umständen erst verzögert erkannt werden könnte.

Für folgende Signale kann der Zeitverlauf aus den MELCOR-Rechnungen extrahiert werden:

– Druck und Füllstand der Dampferzeuger,
– Druck und Temperatur (Loopaustritt) des Primärkreises,
– Brennelement-Austrittstemperatur,
– Druckhalter-Füllstand,
– Druck im Sicherheitsbehälter und im Ringraum,
– Füllstand des Reaktordruckbehälters,
– Durchfluss Notspeisesystem,
– Stellung der Frischdampf-Abblaseregel- und –sicherheitsventile,
– Volumenstrom der Kaminfortluft (nur Beiträge von der Druckentlastung des Sicherheitsbehälters und der Ringraum-Absaugung),

– Aktivitätskonzentrationen von Edelgasen, Iod-131 und Aerosolen in der Kaminfortluft.

Die Hochdosisleistung in der Kaminfortluft wird mit Hilfe eines der Alarmordnung entnommenen Umrechnungsparameters aus den Aktivitätskonzentrationen ermittelt. Da die in den Übungsszenarien auftretenden Freisetzungen in der Regel nicht dem dafür zu Grunde gelegten Edelgasgemisch entsprechen, ist diese Umrechnung als Näherung zu verstehen.

Anhand des jeweiligen Unfallablaufs können über einige weitere KFÜ-Signale wie beispielsweise die Spannung an Notstrom- und Eigenbedarfsschienen, der Neutronenfluss, die Generatorschalterstellung oder das Reaktorschutzsummensignal Angaben gemacht werden.

Einige wenige Signale wie z. B. Dosisleistungen im Sicherheitsbehälter oder Aktivitätskonzentrationen in der Raumabluft sind nicht verfügbar, da sie auf Basis der vorliegenden Daten nicht ermittelt werden konnten.

3.3.4 Übungsszenario DWR 1: SB-Bypass-Fall mit unbedecktem Dampferzeuger-Heizrohrleck

3.3.4.1 Unfallablauf in der Anlage bis zur Freisetzung in die Umgebung

Dieses Übungsszenario basiert auf dem in /SON 01/ untersuchten Fall „6 cm^2-DE-Leck mit Versagen eines FD-Ventils in Offenstellung, mit anstehenden Notkühlkriterien, ohne Abfahren der intakten DE und mit primärseitiger Druckentlastung“.

3.3.4.1.1 Randbedingungen und charakteristische Ereignisse

Die wesentlichen Randbedingungen für diesen Fall sind:

– 6 cm^2-Leck im Bereich der heißseitigen Kammer eines DE (im DH-Loop),

– Ausfall des betrieblichen Sprühens des DH,

– anstehende Notkühlkriterien und verfügbare HD-Einspeisung (keine Druckbegrenzung auf 9 MPa),

– Versagen eines FD-Ventils in Offenstellung nach ca. 1 h und FD-Abgabe über Dach,

– erfolgreiche frischdampfseitige Isolation des defekten DE, aber Ausfall der Bespeisung und des Hochsetzens der DE-Druckabsicherung,

– Versagen des Abfahrens der drei intakten DE,

– primärseitige Druckentlastung durch alle drei DH-Ventile gemeinsam (100 cm^2) frühzeitig vor Kernschmelzbeginn nach ca. 20 h im Unfallablauf.

Weitere Randbedingungen sind in Tab. 7-1 in /SON 01/ angegeben. Charakteristische Ereignisse des berechneten Ablaufs sind in Tab. 3.3 aufgelistet (vgl. Tab. 7-2 in /SON 01/).

Tab. 3.3 Charakteristische Ereignisse (Szenario DWR 1)

Ereignis	**Zeitpunkt**
N16-Signal FD-Aktivität hoch, Beginn Leistungsabsenkung	12 s
N16-Signal + 240 s – Beginn DH-Sprühen (JDH, KBA)	252 s
RESA, TUSA p<13,1 MPa	277 s
Notkühlsignal: H_{DH}<2,28 m, EIN: HD-SiP, AUS: betr. Systeme, HKP	0:09 h
Sehr hoher Gemischspiegel im defekten DE, H_{DE1}>15 m	0:39 h
Versagen FD-Armatur offen	0:55 h
Flutbecken leer	8:35 h
Beginn DRSP Einspeisung	9 h
Ende DRSP Einspeisung	14 h
Defekter DE ausgedampft	19:20 h
primärseitige Druckentlastung	20 h
Öffnen DH-Abblasetank	20:15 h
Spaltgasfreisetzung	20:30 h
Kernschmelzen ab	**~21 h**
Kernabsturz	22:22 h
RDB-Versagen und Beginn BSWW	**24:15 h**
Kontakt Schmelze-Wasser aus Lüftungsspinne	**29:50 h**
Einleiten SB-Venting	**(~300 h)**

Ereignis	Zeitpunkt
Ende SB-Venting	x + 24 h
Ende der Rechnung	72 h

3.3.4.1.2 Verlauf relevanter Anlagenparameter

Primärkreisdruck (Abb. 3.2) und Druckhalter-Füllstand (Abb. 3.3) sind bei diesem Übungsszenario besonders in der Anfangsphase im Hinblick auf die Anregung von Notkühlkriterien (Primärkreisdruck < 110 bar und Druckhalter-Füllstand < 2,28 m) von Interesse, da diese für die Alarmierungskriterien von Interesse ist. Auch der RDB-Füllstand (Abb. 3.4) geht in die Alarmierungskriterien ein.

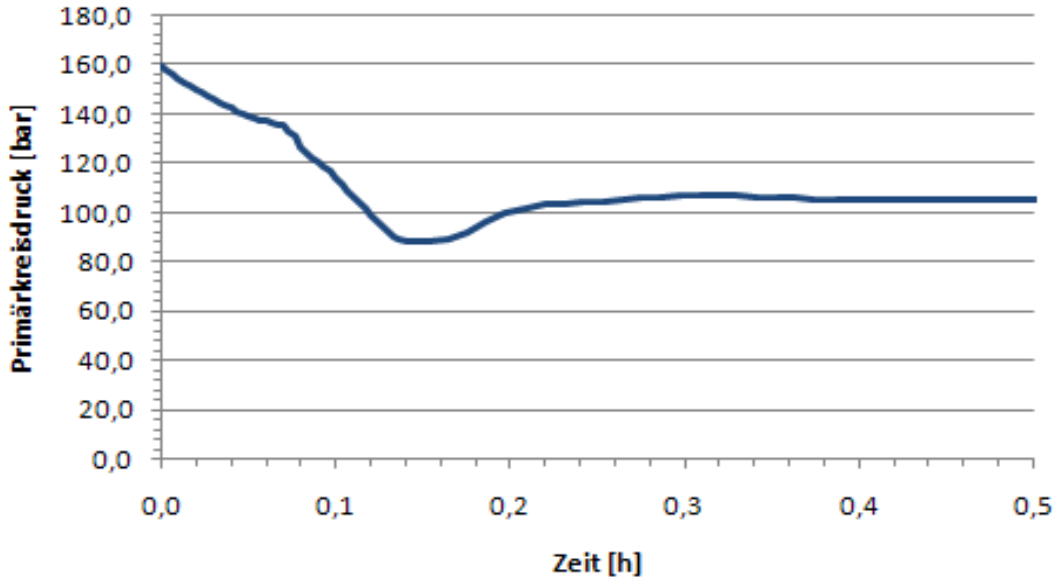


Abb. 3.2 Primärkreisdruck (Szenario DWR 1)

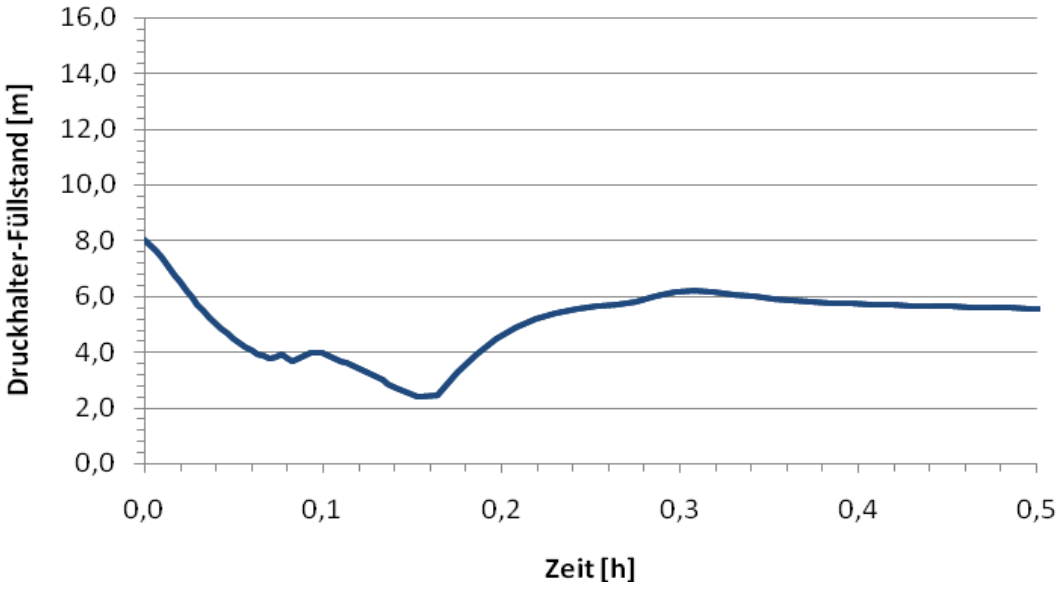


Abb. 3.3 Druckhalter-Füllstand (Szenario DWR 1)

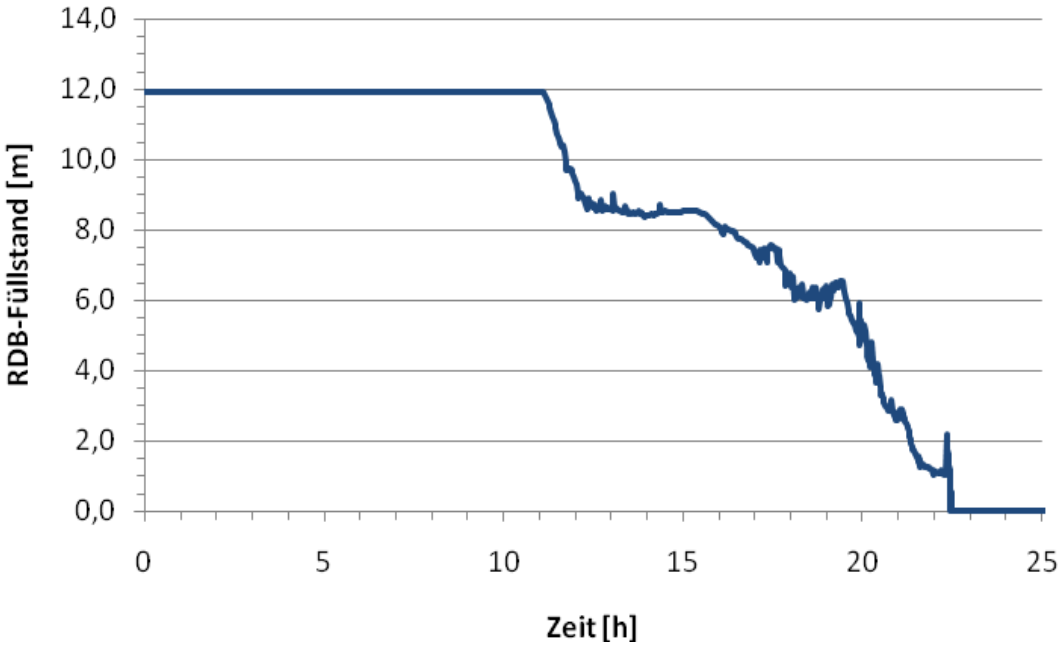


Abb. 3.4 RDB-Füllstand (Szenario DWR 1)

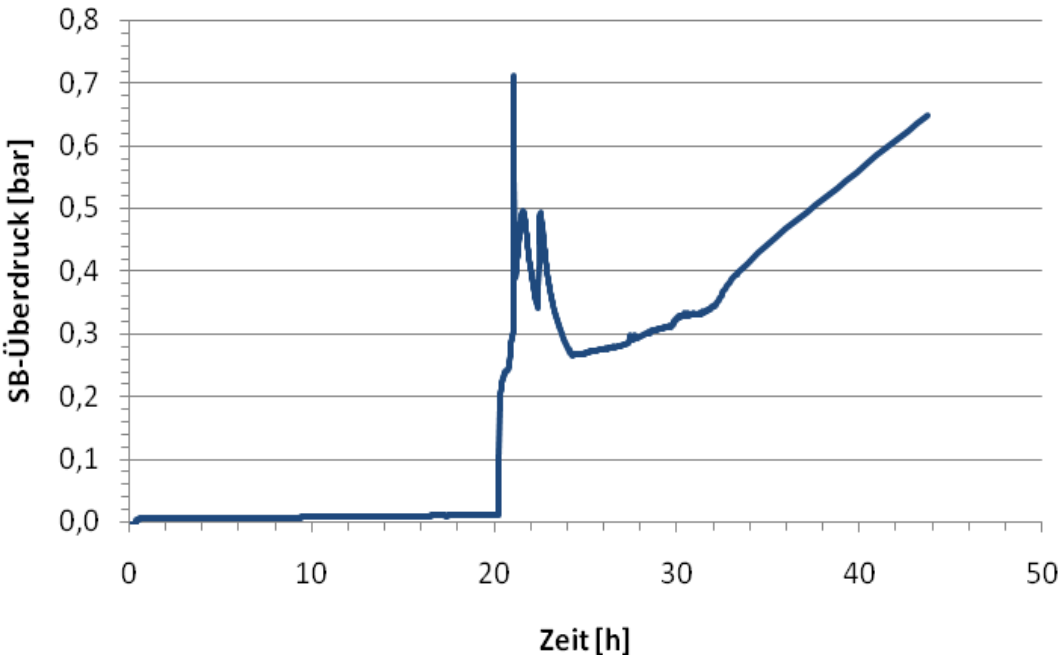


Abb. 3.5 SB-Überdruck (Szenario DWR 1)

Für den langfristigen Unfallverlauf ist zudem der Überdruck im Sicherheitsbehälter (Abb. 3.5) von Interesse.

Vergleich mit Alarmierungskriterien

Voralarm:

Mit dem Versagen eines Frischdampfventils in Offenstellung nach 55 Minuten in Verbindung mit dem Heizrohrleck und den bereits nach 9 Minuten angeregten Notkühlkriterien (Druckhalter-Füllstand < 2,28 m und Primärkreisdruck < 110 bar) ist erstmals ein Kriterium für Voralarm erfüllt (Gefährdung des Schutzziels Integrität des Sicherheitsbehälters und Aktivitätsrückhaltung).

Katastrophenalarm:

Da die HD-Sicherheitseinspeisung wegen leerer Flutbecken nach ca. 8,5 Stunden ausfällt und das Not- und Nachkühlsystem nicht simuliert wird, wird zu diesem Zeitpunkt erstmals ein Kriterium für Katastrophenalarm erfüllt, da neben der Anregung der Notkühlkriterien bei einem Heizrohrleck mit einem zusätzlichen Leck in die Umgebung, das nicht absperrbar ist, damit auch noch ein Ausfall der Notkühleinspeisung JN vorliegt.

3.3.4.1.3 Quellterm, Freisetzungsverlauf in die Umgebung

Der Freisetzungsverlauf in die Umgebung wurde in Form eines RODOS-Eingabedatensatzes im XML-Format definiert. Darin werden für die festgelegten Nuklide (siehe Abschnitt 3.2.3) die Aktivitätsfreisetzungen in verschiedenen Zeitintervallen sowie Angaben zu Freisetzungsort, thermischer Überhöhung und chemischer Zusammensetzung des Iodquellterms festgelegt. Es wurde der gesamte durch MELCOR berechnete Freisetzungsverlauf dargestellt, wobei die Beschränkung von RODOS auf maximal 24 nichtüberlappende Zeitintervalle sowie eine einzige Freisetzungsposition je Intervall zu berücksichtigen waren. Falls in der MELCOR-Rechnung mehrere Freisetzungen zur gleichen Zeit, aber an verschiedenen Orten auftraten, wurde daher in dem RODOS-Eingabedatensatz die Summe aller Quellterme über die Position mit der größten Gesamtaktivität in diesem Zeitintervall freigesetzt. Da MELCOR Freisetzungen nur in Bruchteilen des zu Beginn des Ereignisablaufs vorhandenen Kerninventars berechnet, wurden die zugehörigen Aktivitäten für die DWR-Übungsszenarios mit Hilfe der Tabelle „Aktivitätsinventar eines Reaktors mit Urankern mit einer thermischen Leistung von 3733 MW (Gleichgewichtskern am Zyklusende)“ in /SSK 04/ berechnet, welche auch die Zeitabhängigkeit nach Ende der Kettenreaktion beinhaltet. Dabei wurde eine Skalierung auf die in MELCOR verwendete thermische Leistung von 3765 MW vorgenommen.

Vor dem Eintreten von ereignisbedingten Brennelementschäden wird über das nicht abgesperrte DE-Leck bereits Kühlmittelaktivität in die Umgebung freigesetzt. Diese wird beim Quellterm nicht mit berücksichtigt, da sie um mehrere Größenordnungen geringer ist als die Hauptfreisetzung.

Der so dokumentierte Freisetzungsverlauf für das Übungsszenario DWR 1 lässt sich wie folgt charakterisieren:

Die massive Freisetzung beginnt ca. 20,8 Stunden nach dem auslösenden Ereignis aufgrund der Spaltgasfreisetzung aus den Brennelementen und des nachfolgenden Kernschmelzens und erstreckt sich anschließend über 50 Stunden (nach Ende der hier zu Grunde gelegten Rechnung sind weitere Freisetzungen, auch durch eine Druckentlastung des SB, zu erwarten). Die Freisetzungsrate geht nach dem RDB-Versagen zurück und nimmt erst allmählich durch den Druckaufbau im SB wieder zu. Die Freisetzungshöhe ist dabei immer 30 m (offenstehendes FD-Ventil), eine thermische Überhöhung kann vernachlässigt werden. Der Iodquellterm liegt vollständig in Aerosolform vor.

Der Zeitverlauf der Aktivitätsfreisetzung ist nachfolgend beispielhaft für die drei Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe dargestellt (Abb. 3.6). Die angegebenen Zeiten beziehen sich auf den Beginn der Freisetzung. Die akkumulierte freigesetzte Aktivität am Ende der Freisetzungsphase ist in Tab. 3.4 zusammengefasst.

Tab. 3.4 Zusammenfassung der akkumulierten Freisetzungen (Szenario DWR 1)

Nuklid	**Akk. Aktivität [Bq]**	**Freisetzungsanteil[1]**	**Akk. Aktivität Gruppen [Bq]**
Kr-87	8.6277E+14	0.0428 %	Edelgase
Kr-88	9.0312E+15	0.3198 %	
Xe-133	1.8231E+18	23.7837 %	2.2483E+18
Xe-135	4.1536E+17	24.2253 %	
I-131	3.0610E+17	8.4305 %	Iod
I-132	3.7218E+17	6.9625 %	
I-133	2.7282E+17	3.5592 %	1.0015E+18
I-134	4.7949E+14	0.0058 %	
I-135	4.9971E+16	0.6978 %	
Sr-90	8.7488E+14	0.3943 %	Schwebstoffe
Zr-95	1.3598E+15	0.0211 %	
Mo-99	3.0023E+08	< 0.0001 %	
Ru-103	8.3026E+10	< 0.0001 %	
Ru-106	2.1102E+10	< 0.0001 %	
Sb-127	3.1641E+14	0.0980 %	
Te-132	1.2723E+17	2.4260 %	2.1745E+17
Cs-134	3.3353E+16	9.4483 %	
Cs-137	2.8588E+16	9.4483 %	
Ba-140	2.4807E+16	0.3671 %	
La-140	4.5080E+13	0.0007 %	
Ce-144	8.7139E+14	0.0211 %	
Pu-238	9.5673E+11	0.0211 %	Transurane
Pu-241	6.8034E+13	0.0211 %	
Cm-242	5.2606E+11	0.0007 %	6.9538E+13
Cm-244	2.0912E+10	0.0007 %	

[1] Bezogen auf Anfangsaktivität zu Ereignisbeginn

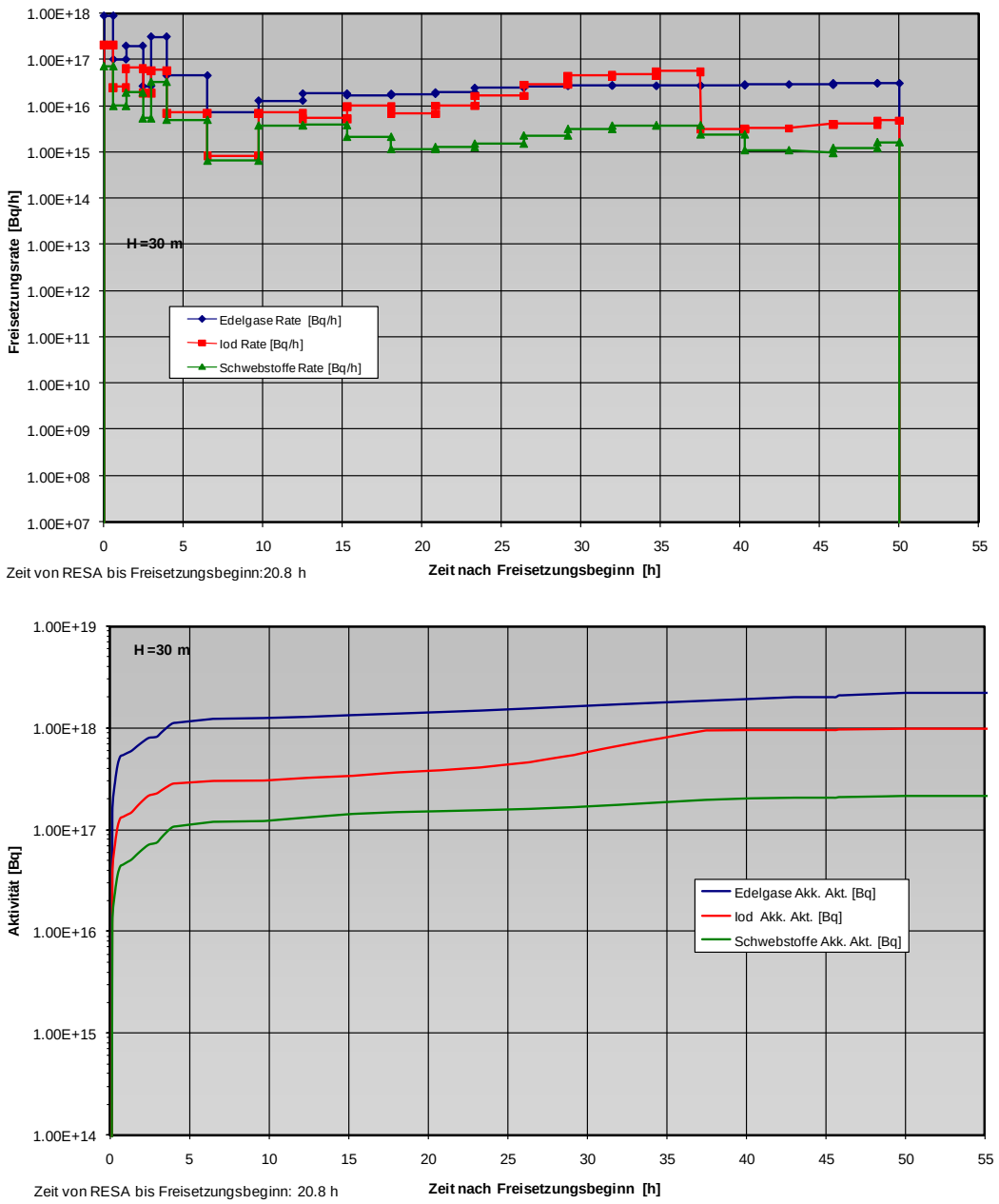


Abb. 3.6 Freisetzungsraten (oben) und akkumulierte Freisetzungen (unten) für die Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe im Szenario DWR 1.

3.3.4.1.4 Auslösung von Meldungen aus der Anlage

Für dieses Übungsszenario wird angenommen, dass etwa eine Stunde nach Beginn des Unfalls aufgrund der Anlagenkriterien Voralarm ausgelöst wird. Kurz darauf wird ein erster Lagebericht herausgegeben. Weitere Lageberichte erfolgen anschließend

etwa stündlich. Nach etwa 8,5 Stunden wird wegen des fallenden RDB-Füllstands zudem Katastrophenalarm empfohlen.

3.3.4.2 Radiologische Auswirkungen und Gegenmaßnahmen

3.3.4.2.1 Grobanalyse (Screening) radiologischer Auswirkungen

Die Ergebnisse des Screenings radiologischer Auswirkungen für das Szenario DWR 1 sind in Abb. 3.7 dargestellt. Als Freisetzungshöhe wurde 20 m (statt 30 m entsprechend der Höhe der FD-Armatur) angesetzt, da für 20 m Freisetzungshöhe in /SSK 04/ Ausbreitungsparameter verfügbar sind.

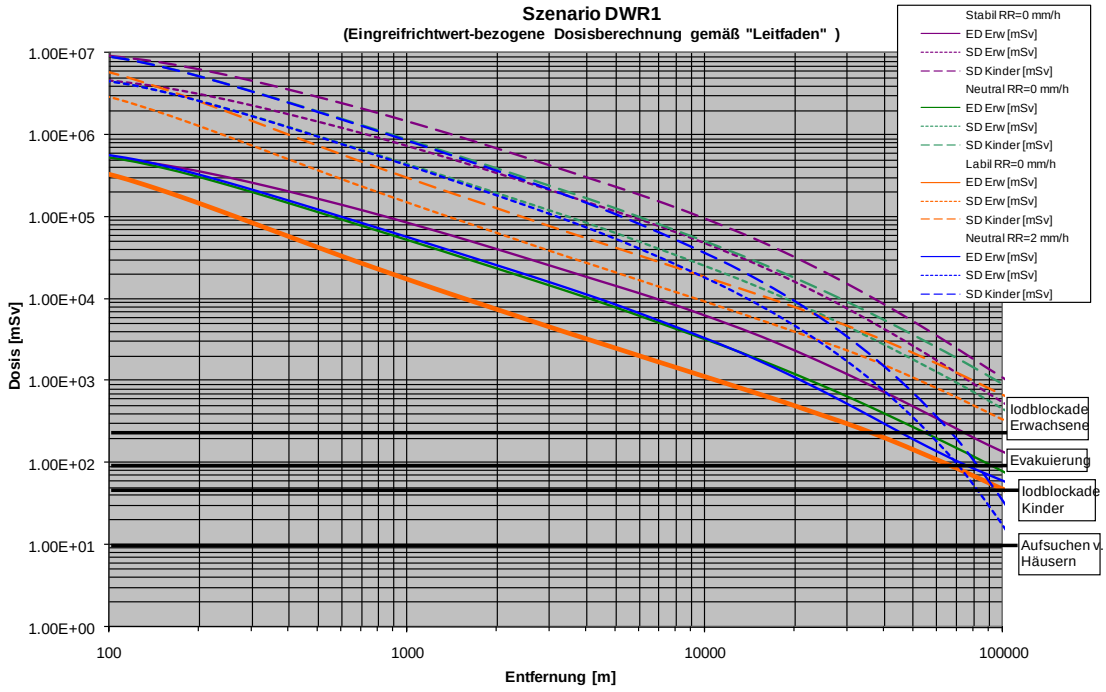


Abb. 3.7 Szenario DWR 1: Effektive Dosis (ED, Erwachsene) und Schilddrüsendosis (SD, Kinder und Erwachsene) unter der Fahnenachse für verschiedene Wetterlagen zum Vergleich mit den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes, berechnet nach /SSK 04/.

Der Eingreifrichtwert für Evakuierung (100 mSv) wird nach dieser Abschätzung für alle betrachteten Wettersituationen noch in Entfernungen bis zu 90 km erreicht. Eingreifrichtwerte für Iodblockade werden für alle Wettersituationen ohne Niederschlag sowohl für Kinder (50 mSv) als auch für Erwachsene (250 mSv) noch in 100 km übertroffen. Aufgrund der vereinfachten Modellannahmen (vgl. Abschnitt 3.2.4.1) ist in weiteren

Entfernungen eine zunehmend pessimistische Überschätzung der Dosis anzunehmen. Dennoch ist für das Szenario DWR 1 davon auszugehen, dass bei windschwachen Verhältnissen unabhängig von der Schichtung die radiologischen Auswirkungen noch in Regionen, die deutlich über die Planungszonen hinausreichen, Gegenmaßnahmen erfordern würden.

Dauer von Vorfreisetzungs- und Freisetzungsphase

Vor der Hauptfreisetzungsphase mit massiven Freisetzungen in die Umgebung aufgrund der beginnenden Kernzerstörung stehen für die Vorbereitung und Durchführung präventiver Maßnahmen (Evakuierung, Verteilung von Iodtabletten, vorsorgliche Ernte von Nahrungs- und Futtermitteln etc.) in der näheren Umgebung ab Voralarm ca. 19 Stunden, ab Katastrophenalarm jedoch nur ca. 11 Stunden zur Verfügung. Strahlenexpositionen in weitaus geringerem Umfang treten durch die Freisetzung der betrieblich bedingten Kühlmittelaktivität auch schon mit Auslösung des Voralarms auf. Auch wenn i. d. R. bzgl. dieser Freisetzungen keine Maßnahmen des Katastrophenschutzes erforderlich sind, kann die Durchführbarkeit der Präventivmaßnahmen bereits einschränkend beeinflusst werden.

Die gesamte Dauer der Hauptfreisetzungsphase erstreckt sich über 50 Stunden. In einem derartig langen Zeitraum ist die Maßnahme „Aufenthalt in Gebäuden“ voraussichtlich nicht aufrecht zu erhalten.

3.3.4.2.2 Detailanalyse radiologischer Auswirkungen

Die Ergebnisse der RODOS-Rechnungen sind auszugsweise in Abb. 3.8 bis Abb. 3.11 wiedergegeben. Aus den Abbildungen wurde abgeschätzt, bis zu welchen Entfernungen Maßnahmen des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge erforderlich sind. Das Ergebnis ist in nachfolgender Tab. 3.5 zusammengefasst.

Tab. 3.5 Maßnahmenbewertung nach RODOS-Ergebnissen zum Szenario DWR 1

Szenario: DWR 1				
Abbildung	**Maßnahme**	**Eingreifricht-wert, Kriterium**	**Ausdehnung des Gebiets mit Überschreitung des ER**	
			Ohne Niederschlag	**Mit Niederschlag**
Abb. 3.8	Aufenthalt in Gebäuden	10 mSv ED (Inh., Ext., 7 d)	> 100 km	> 100 km
	Evakuierung	100 mSv ED (Inh., Ext., 7 d)	~ 30 km	~ 80 km
Abb. 3.9	Verteilung von Iodtabletten, Kinder	50 mSv SD (Inh., WP)	> 100 km	~ 100 km
o. Abb.	Verteilung von Iodtabletten, Erwachsene	250 mSv SD (Inh., WP)	> 100 km	~ 30 km
Abb. 3.10	Temporäre Umsiedlung	30 mSv ED (Boden, 30 d)	~ 20 km	~ 100 km
Abb. 3.11	Permanente Umsiedlung	100 mSv ED (Boden, 1 a)	~ 20 km	~ 100 km
o. Abb.	Verwerfen landwirtschaft-licher Produkte	EU-Höchstwerte (vgl. Tabelle 7-12, MNK)	>> 100 km	>> 100 km

Abkürzungen:

ER: ED: Effektive Dosis; SD: Schilddrüsendosis; Inh.: Inhalation; Ext.: Externe Strahlung; Boden.: Bodenstrahlung; WP: Wolkenphase, ER: Eingreifrichtwert.

MNK: „Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen“ (Maßnahmenkatalog) Stand 2000.

Im Vergleich mit der Grobanalyse nach der Methodik des „Leitfadens für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen“ (/SSK 04/, Kapitel 3) werden durch die RODOS-Rechnungen die Auswirkungen im Nahbereich < 10 km sowie in trockenen Situationen tendenziell auch in größeren Entfernungen moderater eingeschätzt. Die Unterschiede zwischen Simulationen ohne Niederschlag und mit Niederschlag fallen in den RODOS-Rechnungen entsprechend stärker aus.

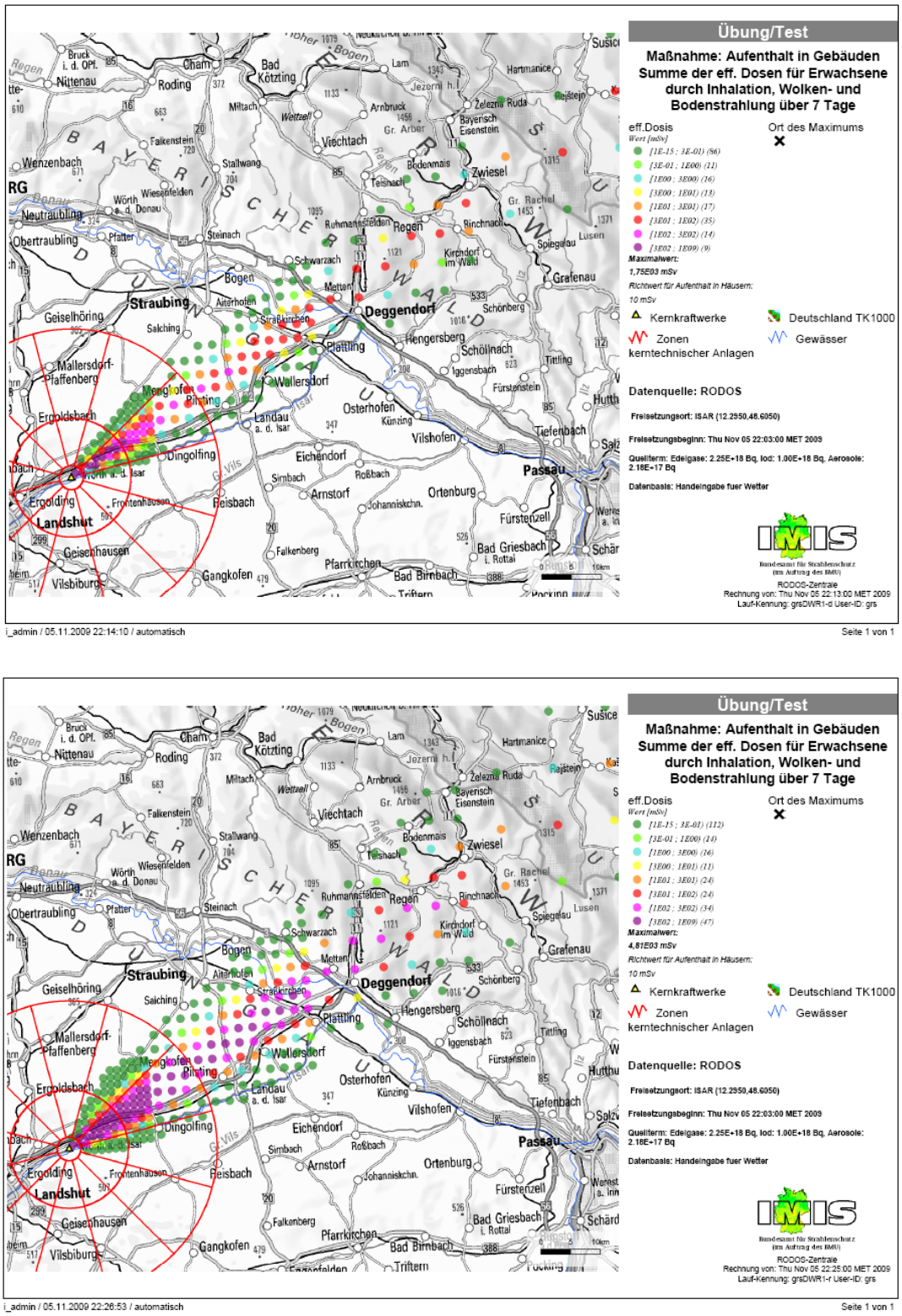


Abb. 3.8 Szenario DWR 1: RODOS-Simulation der effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

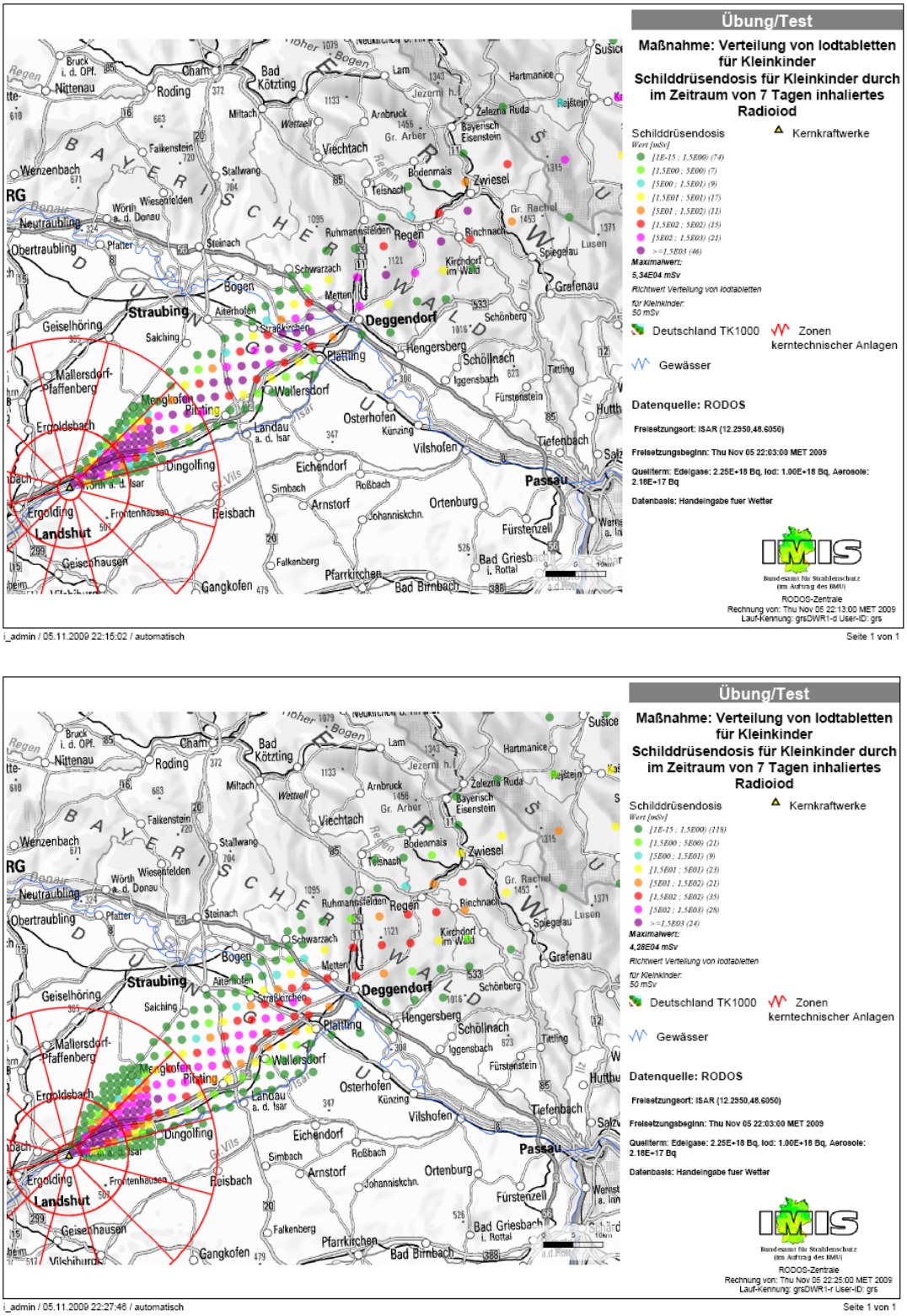


Abb. 3.9 Szenario DWR 1: RODOS-Simulation der Schilddrüsendosis (SD, Kleinkinder) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

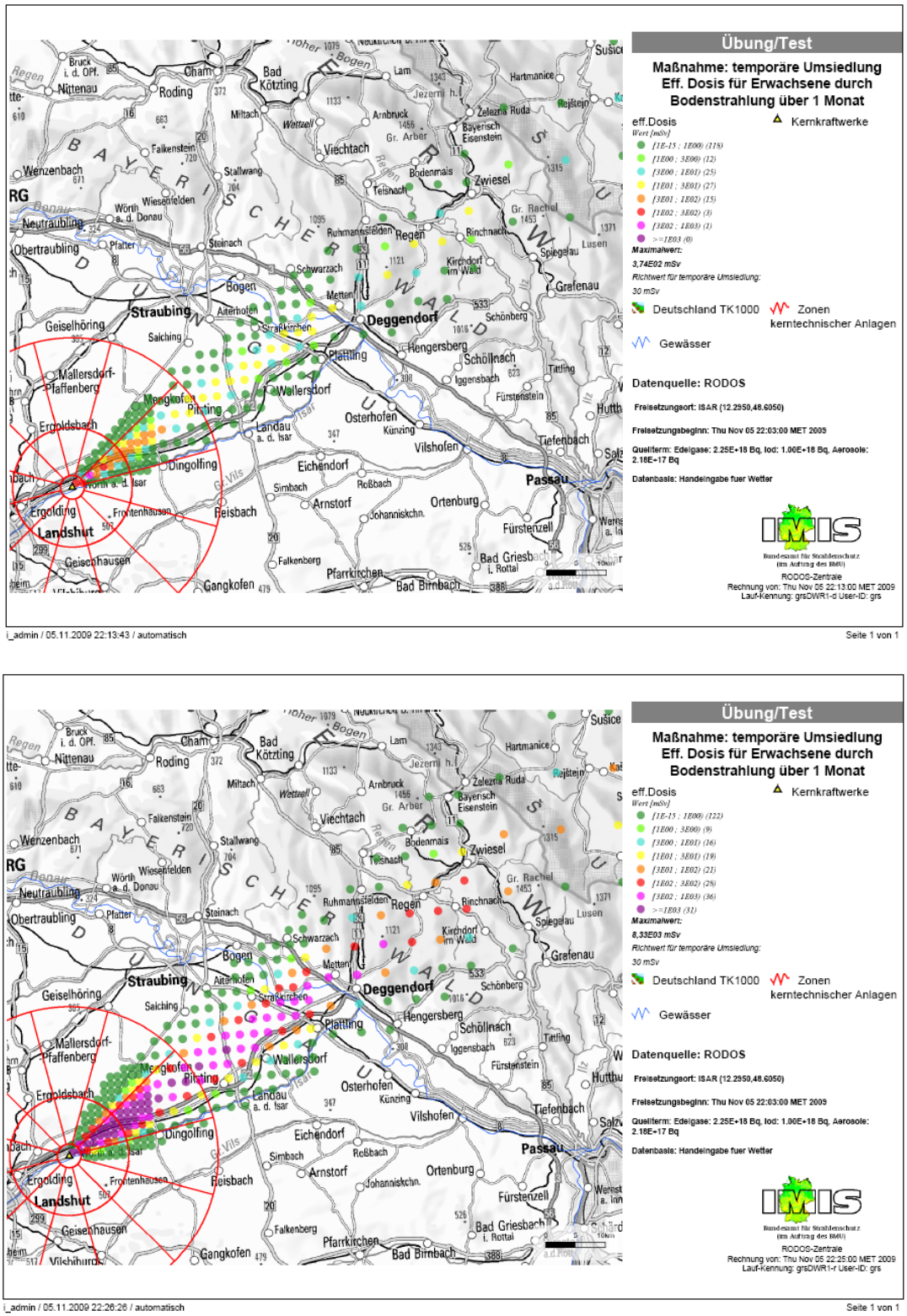
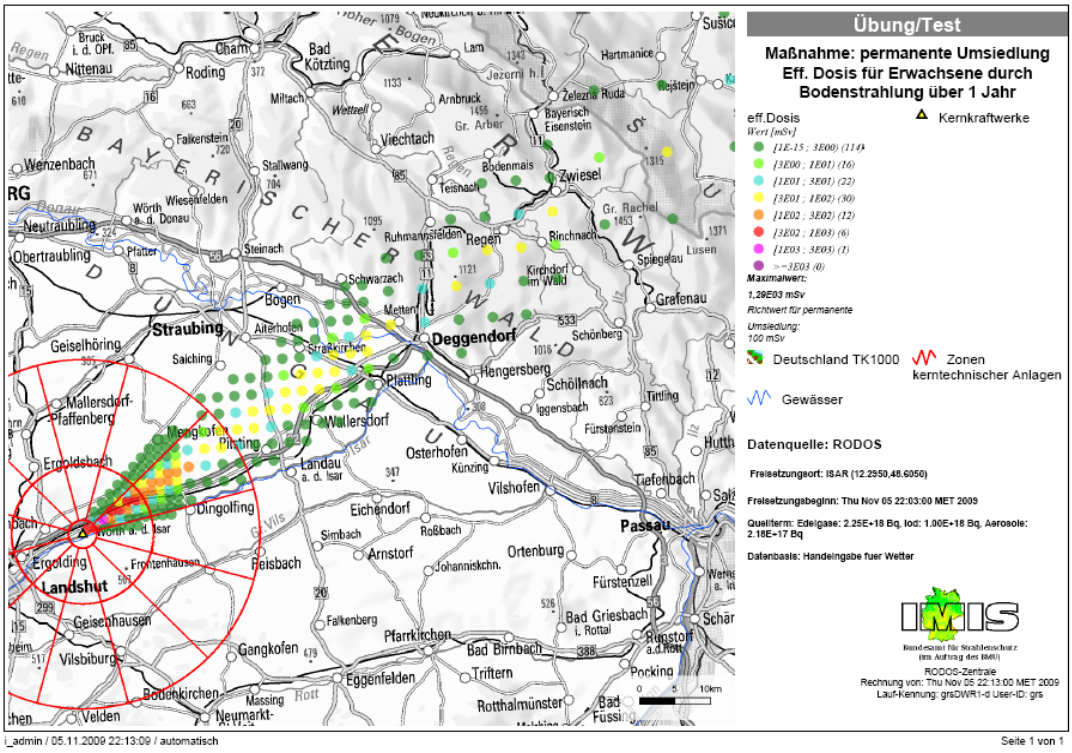


Abb. 3.10 Szenario DWR 1: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „Temporäre Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.



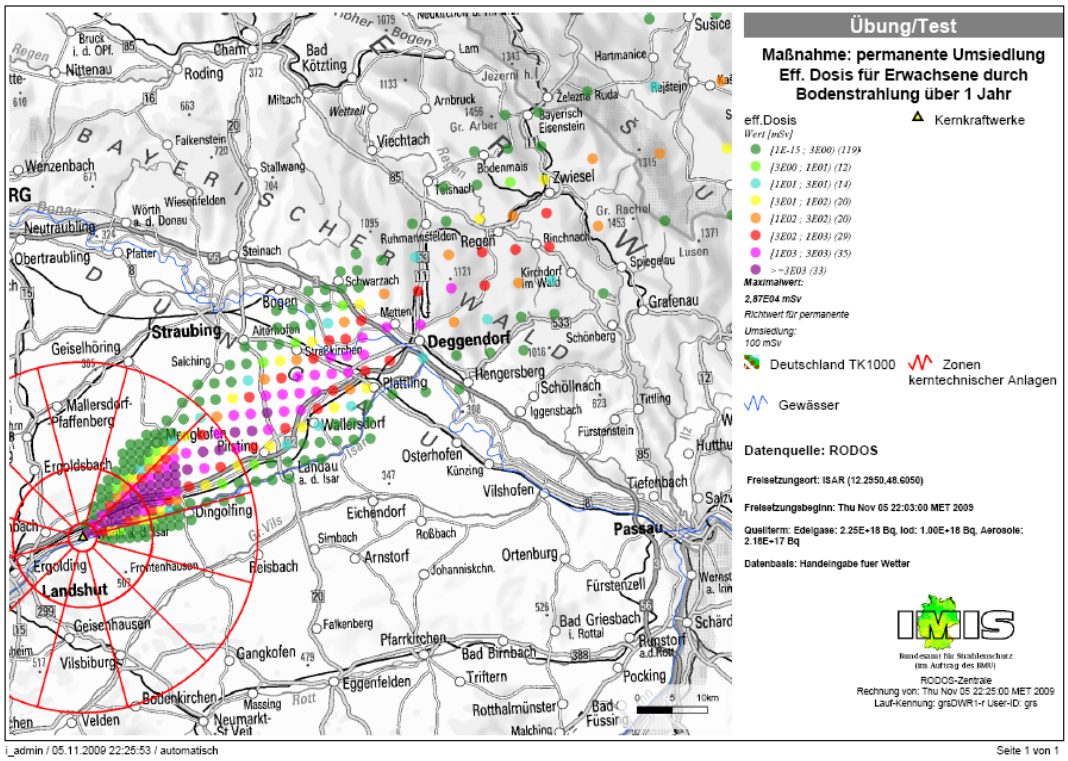


Abb. 3.11 Szenario DWR 1: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „permanente Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

3.3.5 Übungsszenario DWR 1a: SB-Bypass-Fall mit unbedecktem Dampferzeuger-Heizrohrleck mit Wiederherstellung der Kernkühlung und Beendigung der Freisetzung kurz nach Beginn der Kernzerstörung

Das Übungsszenario DWR 1a beruht auf einer Modifikation des Szenarios DWR 1 zur Ausgestaltung der im Vorhaben geplanten Übung im Jahr 2009. Diese Modifikation wurde vorgenommen, um die Handhabbarkeit des Szenarios für die konkrete Übungsgestaltung zu verbessern. Der Modifikationsbedarf betrifft insbesondere

– die Dauer der Vorfreisetzungsphase,

– den erforderlichen Umfang für Gegenmaßnahmen des Katastrophenschutzes und

– das Erreichen eines definierten und mittelfristig sicheren Anlagenzustandes bei Übungsende.

Details zum Modifikationsbedarf und zur Durchführbarkeit der Modifikationen wurden in einem Gespräch zwischen Vertretern von BfS, GRS und der DWR-Referenzanlage zu Modifikations- und Ergänzungsmöglichkeiten der DWR-Szenarien für die Verwendung in Übungen diskutiert. Im Folgenden wird das entsprechend modifizierte Szenario analog zu den übrigen Szenarien dokumentiert.

3.3.5.1 Unfallablauf in der Anlage bis zur Freisetzung in die Umgebung

Das Übungsszenario basiert auf einer Modifikation des in /SON 01/ untersuchten Falls „6 cm^2-DE-Leck mit Versagen eines FD-Ventils in Offenstellung, mit anstehenden Notkühlkriterien, ohne Abfahren der intakten DE und mit primärseitiger Druckentlastung (DWR 1, Abschnitt 3.3.4). Modifikationen gegenüber DWR 1 sind im Folgenden durch Kursivdruck hervorgehoben.

3.3.5.1.1 Randbedingungen und charakteristische Ereignisse

Die wesentlichen Randbedingungen für diesen Fall sind:

– 6 cm^2-Leck im Bereich der heißseitigen Kammer eines DE (im DH-Loop),

– Ausfall des betrieblichen Sprühens des DH,

– anstehende Notkühlkriterien und *zunächst* verfügbare HD-Einspeisung (keine Druckbegrenzung auf 9 MPa),

– Versagen eines FD-Ventils in Offenstellung nach ca. 1 h und FD-Abgabe über Dach,

– erfolgreiche frischdampfseitige Isolation des defekten DE, aber Ausfall der Bespeisung und des Hochsetzens der DE-Druckabsicherung,

– Versagen des Abfahrens der drei intakten DE,

– *Ausfall der HD-Einspeisung nach ca. 1,5 h und kein Übergang in den Nachkühlbetrieb*,

– primärseitige Druckentlastung durch alle drei DH-Ventile gemeinsam (100 cm^2) frühzeitig vor Kernschmelzbeginn nach ca. *13 h* im Unfallablauf,

– *kurz nach Kernschmelzbeginn Wiederherstellung der Kernkühlung und Schließen des offenen FD-Ventils.*

Charakteristische Ereignisse des berechneten Ablaufs sind in Tab. 3.6 aufgelistet (vgl. Tab. 7-2 in /SON 01/).

Für den modifizierten Unfallablauf wurde keine neue MELCOR-Rechnung durchgeführt. Stattdessen wird näherungsweise der nun unterstellte vorzeitige Ausfall der HD-Einspeisung mit dem in der ursprünglichen Rechnung nach 8:35 h auftretenden Ausfall der HD-Sicherheitseinspeisepumpen aufgrund leerer Flutbecken gleichgesetzt. Der Zeitabschnitt zwischen 1:30 h und 8:35 h in den Ausgangsdaten wird weggelassen und die nachfolgenden Zeitpunkte werden um das entsprechende Intervall vorverlegt. Die einzelnen anlagentechnischen Größen, für die Datenreihen vorliegen, lassen sich nach Weglassen des beschriebenen Zeitabschnitts relativ gut aneinander fügen, da sich die meisten Anlagenparameter während der ursprünglich längeren HD-Einspeisung nur wenig verändern. Die Beschreibung des veränderten Szenarios auf Grundlage der bereits vorliegenden MELCOR-Rechnung erscheint daher plausibel. Inwieweit der Unfallablauf durch die eigentlich noch höhere Nachzerfallsleistung oder andere, bei dieser Abschätzung vernachlässigte Faktoren beeinflusst werden würde, ließe sich abschließend nur durch eine Neuberechnung klären. Die modifizierten MELCOR-Ergebnisse werden bis zum Beginn des Kernschmelzens verwendet. Mit dem Schließen des offenstehenden FD-Ventils und der Wiederherstellung der Kernkühlung wird signifikant vom

ursprünglich berechneten Szenario abgewichen, so dass auf keine berechneten Anlagendaten mehr zurückgegriffen werden kann.

Tab. 3.6 Charakteristische Ereignisse (Szenario DWR1a)

Ereignis	**Zeitpunkt**	**Bezug zu Lageberichten (LB)**
N16-Signal FD-Aktivität hoch, Beginn Leistungsabsenkung	12 s	geht in ersten LB ein
N16-Signal + 240 s – Beginn DH-Sprühen (JDH, KBA)	252 s	
RESA, TUSA p<13,1 MPa	277 s	
Notkühlsignal: H_{DH} < 2,28 m, EIN: HD-SiP, AUS: betr. Systeme, HKP	0:09 h	
Sehr hoher Gemischspiegel im defekten DE, H_{DE1} > 15 m	0:39 h	
Versagen FD-Armatur offen	0:55 h	löst ersten LB aus
Ausfall HD-SiP	*1:30 h*	*löst weiteren LB aus*
Beginn DRSP Einspeisung	*~2 h*	geht in weitere LB ein
Ende DRSP Einspeisung	*~7 h*	
Defekter DE ausgedampft	*12:15 h*	
primärseitige Druckentlastung	*12:55 h*	
Öffnen DH-Abblasetank	*13:10 h*	nicht direkt erkennbar
Spaltgasfreisetzung	*13:25 h*	
Kernschmelzen ab	***~14 h***	
FD-Armatur zu	***14:05 h***	*geht in weiteren LB ein*
Wiederherstellung Kernkühlung bis	***~14:15 h***	

3.3.5.1.2 Verlauf relevanter Anlagenparameter

Primärkreisdruck (Abb. 3.12) und Druckhalter-Füllstand (Abb. 3.13) sind bei diesem Übungsszenario besonders in der Anfangsphase im Hinblick auf die Anregung von Notkühlkriterien (Primärkreisdruck < 110 bar und Druckhalter-Füllstand < 2,28 m) von Interesse, da diese für die Alarmierungskriterien von Interesse ist.

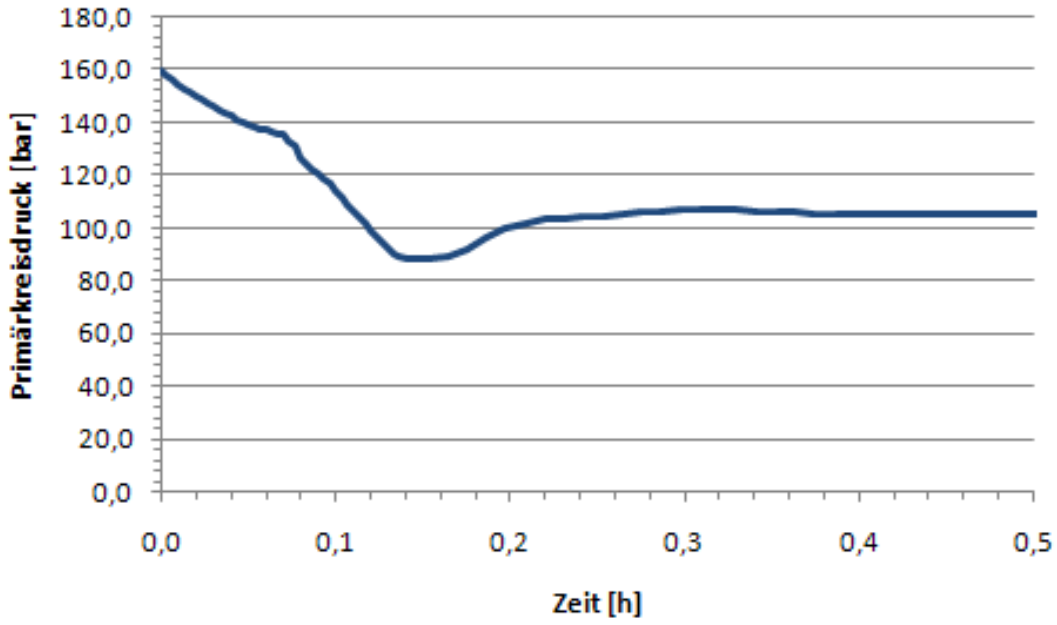


Abb. 3.12 Primärkreisdruck (Szenario DWR 1a)

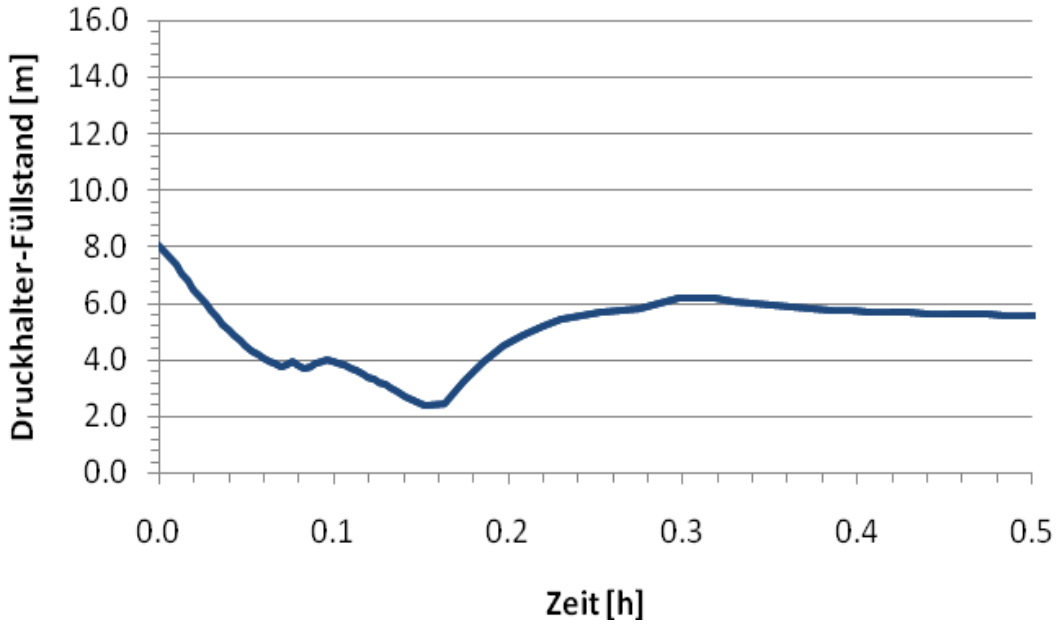


Abb. 3.13 Druckhalter-Füllstand (Szenario DWR 1a)

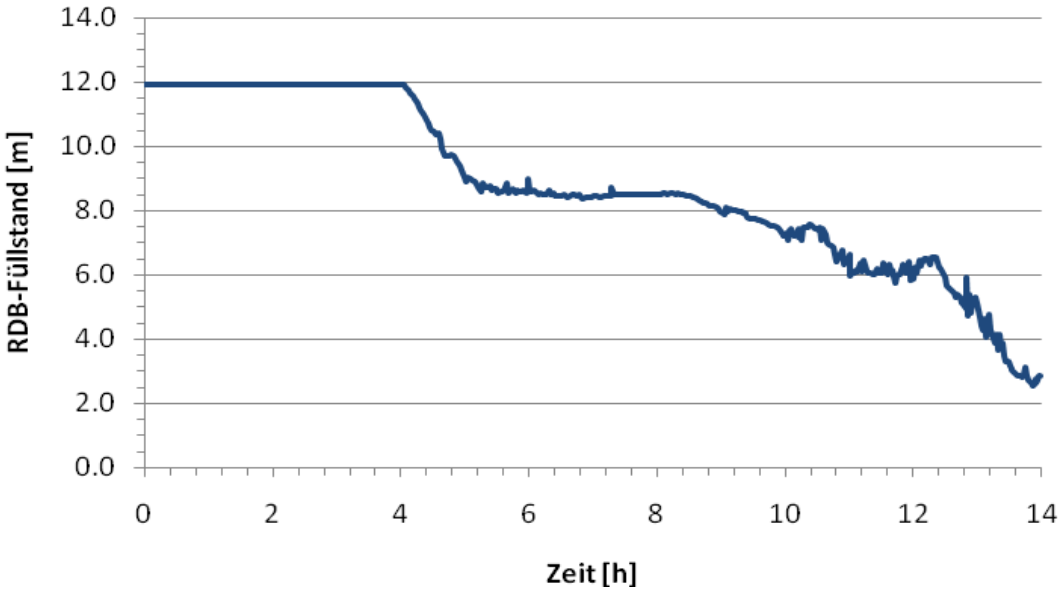


Abb. 3.14 RDB-Füllstand (Szenario DWR 1a)

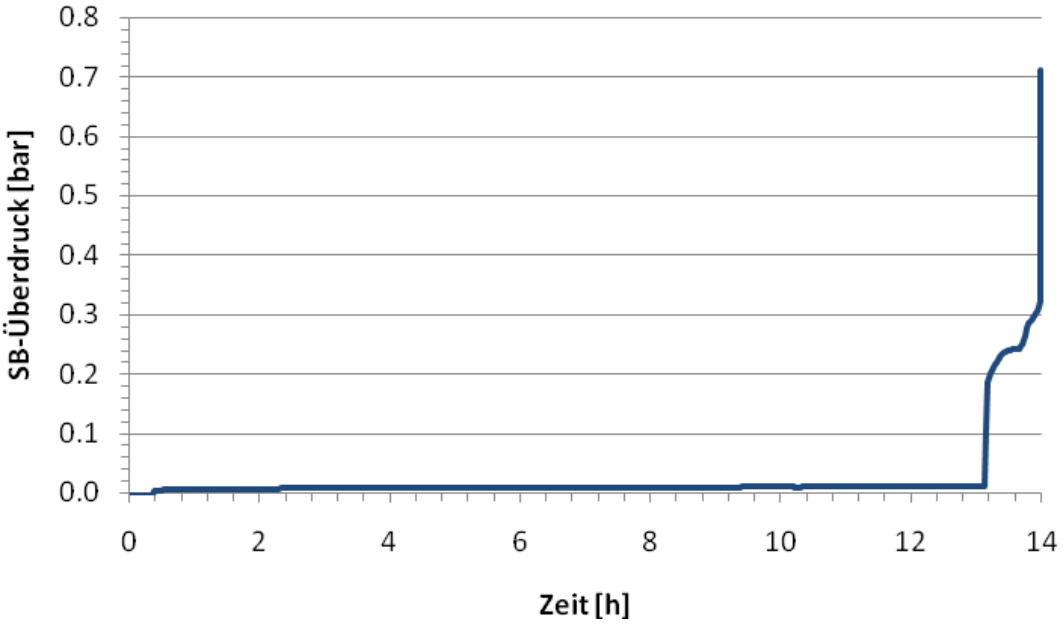


Abb. 3.15 SB-Überdruck (Szenario DWR 1a)

Auch der RDB-Füllstand (Abb. 3.14) geht in die Alarmierungskriterien ein. *Die Darstellung endet zum Zeitpunkt des beginnenden Kernschmelzens. Der RDB-Füllstand steigt kurz darauf mit Wiederherstellung der Kernkühlung wieder an.*

Für den langfristigen Unfallverlauf ist zudem der Überdruck im Sicherheitsbehälter (Abb. 3.15) von Interesse*, der ebenfalls bis zum Beginn des Kernschmelzens dargestellt ist und nach Wiederherstellung der Kernkühlung wieder abfallen wird.*

Vergleich mit Alarmierungskritierien

Voralarm:

Mit dem Versagen eines Frischdampfventils in Offenstellung nach 55 Minuten in Verbindung mit dem Heizrohrleck und den bereits nach 9 Minuten angeregten Notkühlkriterien (Druckhalter-Füllstand < 2,28 m und Primärkreisdruck < 110 bar) ist erstmals ein Kriterium für Voralarm erfüllt (Gefährdung des Schutzziels Integrität des Sicherheitsbehälters und Aktivitätsrückhaltung).

Katastrophenalarm:

Nach ca. 1,5 Stunden ist mit dem Ausfall der Notkühleinspeisung in Verbindung mit dem nicht zur Umgebung hin absperrbaren DE-Heizrohrleck und den angeregten Notkühlkriterien (Druckhalter-Füllstand < 2,28 m und Primärkreisdruck < 110 bar) erstmals ein Anlagenkriterium für Katastrophenalarm erfüllt.

3.3.5.1.3 Quellterm, Freisetzungsverlauf in die Umgebung

Der Freisetzungsverlauf in die Umgebung wird in Form eines RODOS-Eingabedatensatzes im XML-Format definiert. Die grundsätzlichen Bemerkungen in Abschnitt 3.3.4.1.3 gelten weiterhin. Freisetzungen betrieblich bedingter Kühlmittelaktivität gehen wie beim Szenario DWR 1 nicht in den Quellterm ein.

Der so dokumentierte Freisetzungsverlauf für das Übungsszenario DWR 1a lässt sich wie folgt charakterisieren: Die Freisetzung beginnt ca. *13,8* Stunden nach dem auslösenden Ereignis aufgrund der Spaltgasfreisetzung aus den Brennelementen und des nachfolgend beginnenden Kernschmelzens und *dauert etwa 20 Minuten bis zur Schließung der offenen FD-Armatur an.* Die Freisetzungshöhe beträgt 30 m (offenstehendes FD-Ventil), eine thermische Überhöhung wird vernachlässigt. Der Jodquellterm liegt vollständig in Aerosolform vor.

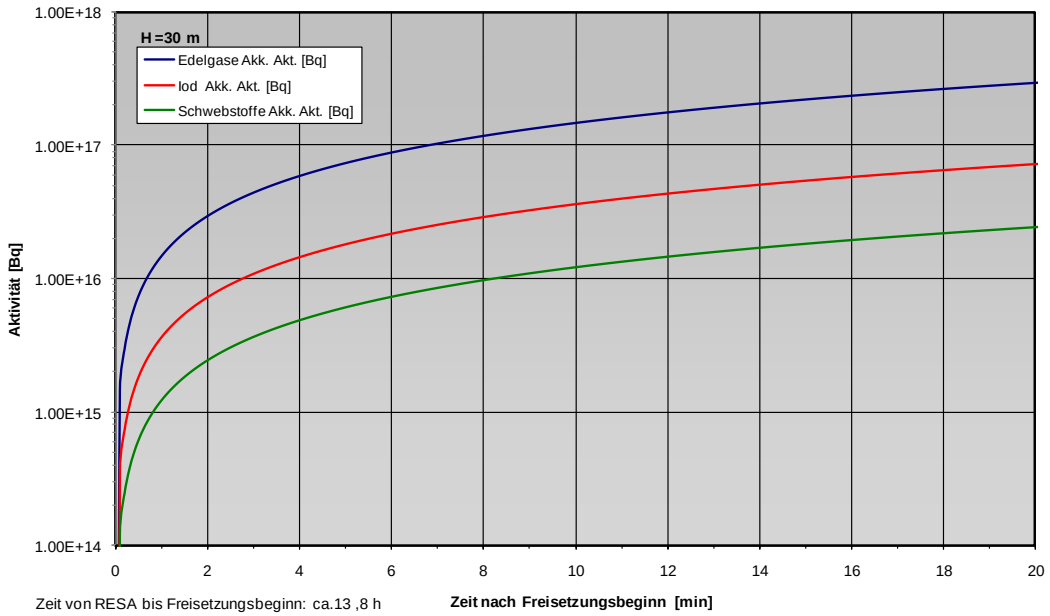


Abb. 3.16 Freisetzungsverlauf für die Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe für Szenario DWR 1a.

Der Zeitverlauf der integralen Aktivitätsfreisetzung ist nachfolgend für die drei Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe dargestellt (Abb. 3.16). Die Zeiten sind ab Beginn der Freisetzung dargestellt. *Die Freisetzung erfolgt im gesamten Freisetzungsintervall vereinfachend mit konstanter Rate.* Tab. 3.7 fasst die nuklidbezogene Aktivitätsfreisetzung und die korrespondierenden Freisetzungsanteile zusammen. Zusätzlich ist die freigesetzte Aktivität zusammengefasst nach Nuklidgruppen wiedergegeben.

Tab. 3.7 Freisetzungen (Szenario DWR 1a)

Nuklid	Akk. Aktivität [Bq]	Freisetzungsanteil[1]	Akk. Aktivität Gruppen [Bq]
Kr-87	*3.72E+14*	*0.018 %*	Edelgase
Kr-88	*3.38E+15*	*0.120 %*	
Xe-133	*2.29E+17*	*2.982 %*	*2.94E+17*
Xe-135	*6.14E+16*	*3.584 %*	
I-131	*1.90E+16*	*0.522 %*	Iod
I-132	*2.49E+16*	*0.467 %*	
I-133	*2.19E+16*	*0.286 %*	*7.20E+16*
I-134	*1.94E+14*	*0.002 %*	
I-135	*6.00E+15*	*0.084 %*	
Sr-90	*4.32E+12*	*0.002 %*	Schwebstoffe
Zr-95	*8.58E+08*	*< 0.001 %*	
Mo-99	*0.00*	*0.00 %*	
Ru-103	*4.63E+09*	*< 0.001 %*	
Ru-106	*1.17E+09*	*< 0.001 %*	
Sb-127	*6.17E+10*	*< 0.001 %*	
Te-132	*2.07E+16*	*0.395 %*	*2.43E+16*
Cs-134	*1.86E+15*	*0.528 %*	
Cs-137	*1.60E+15*	*0.528 %*	
Ba-140	*1.25E+14*	*0.002 %*	
La-140	*0.00*	*0.000 %*	
Ce-144	*5.50E+08*	*< 0.001 %*	
Pu-238	*6.03E+05*	*< 0.001 %*	Transurane
Pu-241	*4.29E+07*	*< 0.001 %*	
Cm-242	*0.00*	*0.00 %*	*4.35E+07*
Cm-244	*0.00*	*0.00 %*	

[1] Bezogen auf Anfangsaktivität zu Ereignisbeginn

3.3.5.1.4 Auslösung von Meldungen aus der Anlage

Für dieses Übungsszenario wird angenommen, dass spätestens etwa eine Stunde nach Beginn des Unfalls aufgrund der anstehenden Anlagenkriterien eine Alarmierung mit dem Vorschlag Voralarm ausgelöst wird. Nach etwa *1,5* Stunden ist wegen des Ausfalls der HD-Sicherheitseinspeisung zudem die Auslösung einer Alarmmeldung mit dem Vorschlag Katastrophenalarm anzunehmen.

Kurz nach Voralarmauslösung wird ein erster Lageberich herausgegeben. Weitere Lageberichte erfolgen anschließend etwa stündlich *bzw. im Zusammenhang mit wichtigen Entwicklungen wie beispielsweise der primärseitigen Druckentlastung oder dem Wiederfluten des Kerns*. Hinweise auf weitere relevante Ereignisse für die Auslösung von Lageberichten sind in Tab. 3.6 enthalten.

3.3.5.2 Radiologische Auswirkungen und Gegenmaßnahmen

3.3.5.2.1 Grobanalyse (Screening) radiologischer Auswirkungen

Die Ergebnisse des Screenings radiologischer Auswirkungen für das Szenario DWR 1a sind in Abb. 3.17 dargestellt. Als Freisetzungshöhe wurde wie beim Szenario DWR 1 20 m angesetzt, da für 30 m Höhe in /SSK 04/ keine Ausbreitungsparameter verfügbar sind.

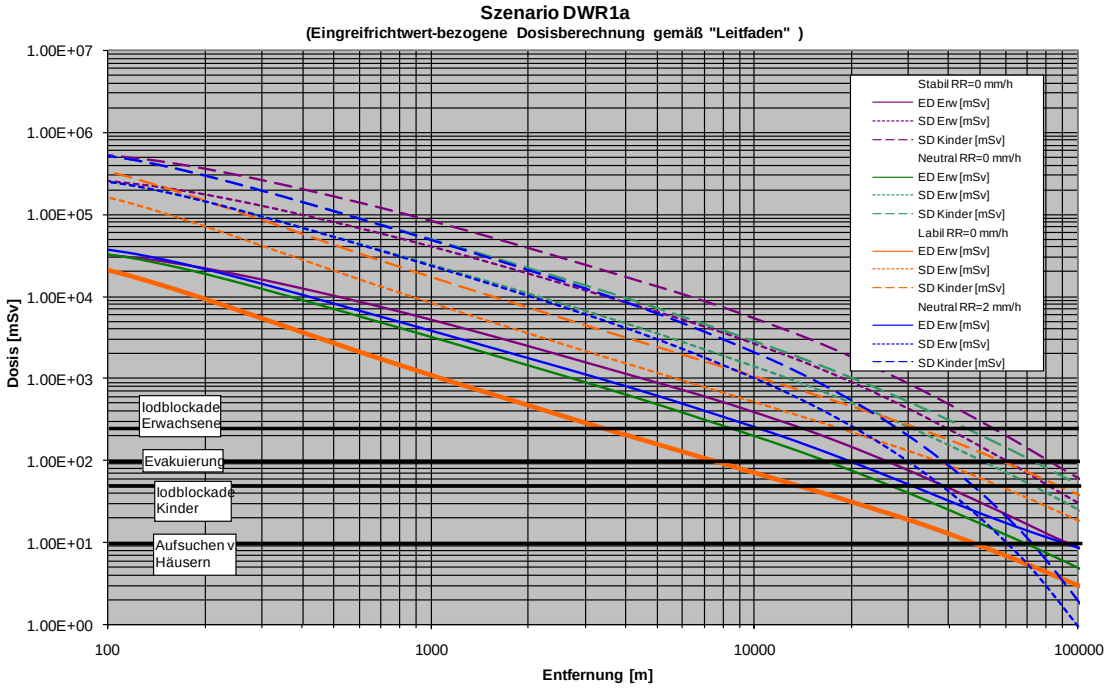


Abb. 3.17 Szenario DWR 1a: Effektive Dosis (ED, Erwachsene) und Schilddrüsendosis (SD, Kinder und Erwachsene) unter der Fahnenachse für verschiedene Wetterlagen zum Vergleich mit den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes, berechnet nach /SSK 04/.

Der Eingreifrichtwert für Evakuierung (100 mSv ED) wird nach dieser Abschätzung je nach betrachteten Wettersituationen in Entfernungen bis zu 7 km (labile Schichtung), 10 km (neutrale Schichtung) oder 25 km (stabile Schichtung) erreicht. Der Eingreifrichtwert für „Aufenthalt in Gebäuden“ kann dagegen noch in Entfernungen zwischen 50 und 100 km überschritten werden. In diesem Entfernungsbereichen besteht durch die Annahme konstanter Ausbreitungsbedingungen, wie in Abschnitt 3.2.4.1 erläutert, die Tendenz zur Überschätzung. Gleiches gilt für die Überschreitung der Eingreifrichtwerte für Iodblockade für Kinder (50 mSv SD) bis zu Entfernungen von 45 km – 100 km. Der Eingreifrichtwert für Erwachsene (250 mSv SD) wird je nach Wettersituation bis in Entfernungen von 25 km – 40 km erreicht.

Bei Berücksichtigung der tendenziell pessimistischen Berechnungsmethode kann davon ausgegangen werden, dass die Regionen, in denen Maßnahmen des Katastrophenschutzes durch das Überschreiten der Eingreifrichtwerte erforderlich sein könnten, nicht erheblich über die maßnahmenbezogenen Planungszonen hinausreichen.

Dauer von Vorfreisetzungs- und Freisetzungsphase

Vor der Hauptfreisetzungsphase mit massiven Freisetzungen in die Umgebung aufgrund der beginnenden Kernzerstörung stehen für die Vorbereitung und Durchführung präventiver Maßnahmen (Evakuierung, Verteilung von Iodtabletten, vorsorgliche Ernte von Nahrungs- und Futtermitteln etc.) in der näheren Umgebung ab Voralarm ca. 12 Stunden, ab Katastrophenalarm ca. 10 Stunden zur Verfügung. Strahlenexpositionen in weitaus geringerem Umfang treten durch die Freisetzung der betrieblich bedingten Kühlmittelaktivität auch schon mit Auslösung des Voralarms auf. Auch wenn i. d. R. bzgl. dieser Freisetzungen keine Maßnahmen des Katastrophenschutzes erforderlich sind, kann die Durchführbarkeit der Präventivmaßnahmen analog zum Szenario DWR 1 bereits einschränkend beeinflusst werden.

Die gesamte Dauer der Hauptfreisetzungsphase erstreckt sich über 20 Minuten. Die kurze Freisetzungsdauer ermöglicht eine vergleichsweise unproblematische Umsetzung der Maßnahme „Aufenthalt in Gebäuden“ während der Hauptfreisetzungsphase. Aufgrund der kurzen Freisetzungsdauer sind Evakuierungsmaßnahmen evtl. auch nach Durchzug der Wolke noch effizient und praktikabel durchführbar. Desgleichen können evtl. die nachträgliche Verteilung und Einnahme von Iodtabletten noch für einen gewissen Schutzeffekt sorgen, sofern diese zügig nach Durchzug der Wolke erfolgen.

3.3.5.2.2 Detailanalyse radiologischer Auswirkungen

Die Ergebnisse der RODOS-Rechnungen sind auszugsweise in Abb. 3.18 bis Abb. 3.21 wiedergegeben. Aus den Abbildungen wurde abgeschätzt, bis zu welchen Entfernungen Maßnahmen des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge erforderlich sind. Das Ergebnis ist in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Tab. 3.8 Maßnahmenbewertung nach RODOS-Ergebnissen zum Szenario DWR 1a

Szenario: DWR 1a				
Abbildung	**Maßnahme**	**Eingreifricht-wert, Kriterium**	**Ausdehnung des Gebiets mit Überschreitung des ER**	
			Ohne Niederschlag	**Mit Niederschlag**
Abb. 3.18	Aufenthalt in Gebäuden	10 mSv ED (Inh., Ext., 7 d)	~ 25 km	~ 80 km
	Evakuierung	100 mSv ED (Inh., Ext., 7 d)	~ 5 km	~ 25 km
Abb. 3.19	Verteilung von Iodtabletten, Kinder	50 mSv SD (Inh., WP)	~ 100 km	~ 30 km
o. Abb.	Verteilung von Iodtabletten, Erwachsene	250 mSv SD (Inh., WP)	~ 12 km	~ 8 km
Abb. 3.20	Temporäre Umsiedlung	30 mSv ED (Boden, 30 d)	< 5 km	~ 70 km
Abb. 3.21	Permanente Umsiedlung	100 mSv ED (Boden, 1 a)	Keine Überschreitung	~ 60 km
o. Abb.	Verwerfen landwirtschaft-licher Produkte	EU-Höchstwerte (vgl. Tabelle 7-12, MNK)	>> 100 km	>> 100 km
Abkürzungen: ER: ED: Effektive Dosis; SD: Schilddrüsendosis; Inh.: Inhalation; Ext.: Externe Strahlung; Boden.: Bodenstrahlung; WP: Wolkenphase, ER: Eingreifrichtwert. MNK: „Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen“ (Maßnahmenkatalog) Stand 2000.				

Im Vergleich mit der Grobanalyse nach der Methodik des „Leitfadens für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen“ (/SSK 04/, Kapitel 3) werden durch die RODOS-Rechnungen die Auswirkungen im Nahbereich < 10 km sowie in trockenen Situationen tendenziell auch in größeren Entfernungen moderater eingeschätzt. Die Unterschiede zwischen Simulationen ohne Niederschlag und mit Niederschlag fallen in den RODOS-Rechnungen entsprechend stärker aus.

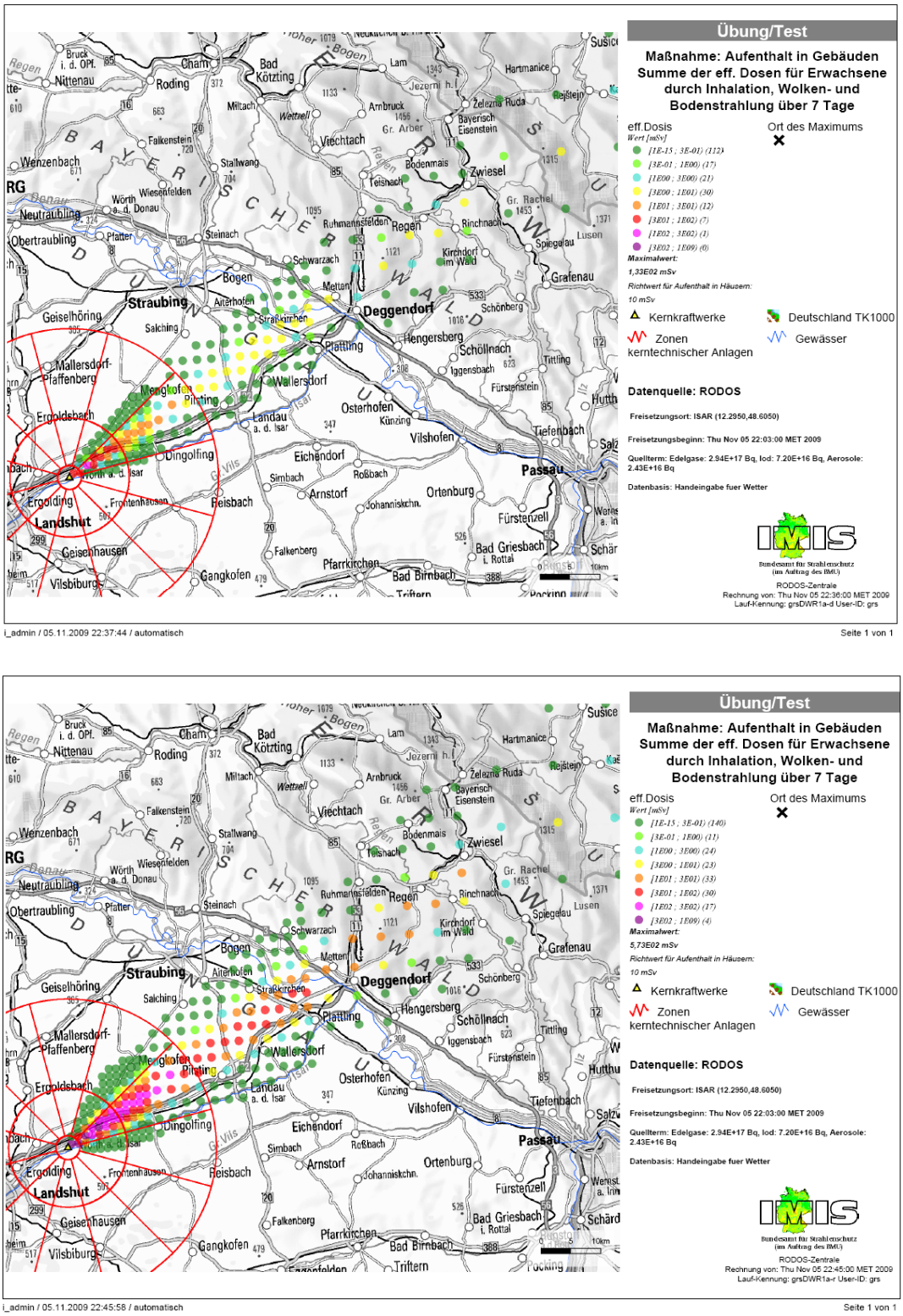
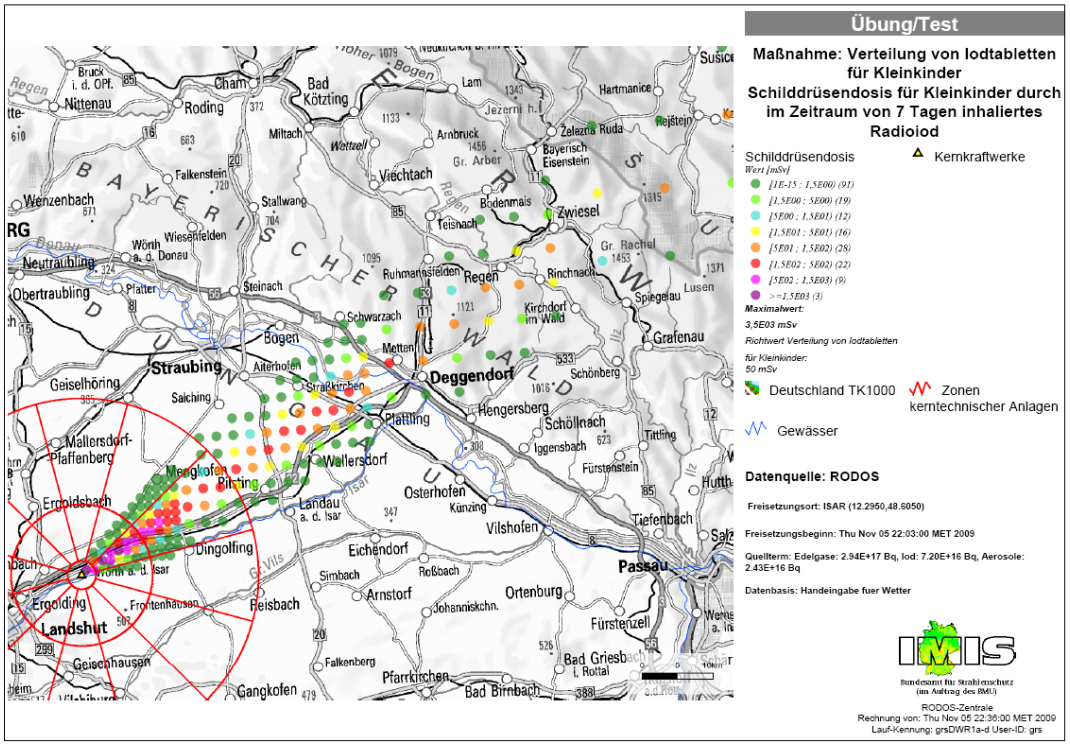


Abb. 3.18 Szenario DWR 1a: RODOS-Simulation der effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.



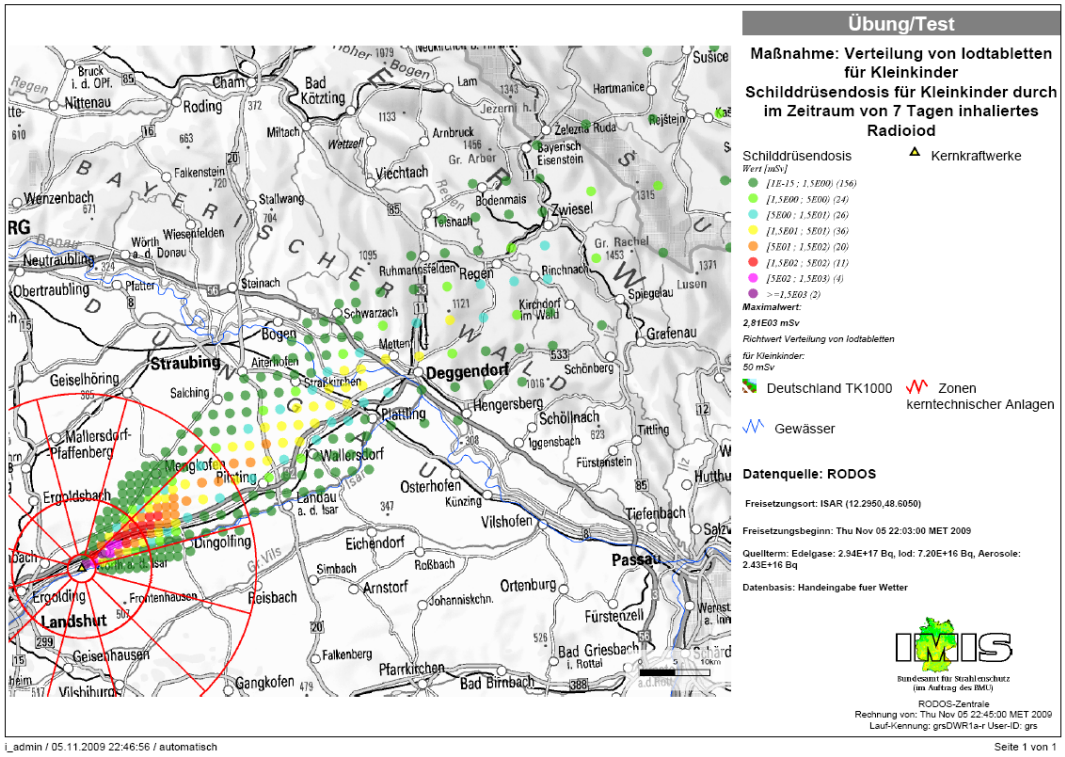


Abb. 3.19 Szenario DWR 1a: RODOS-Simulation der Schilddrüsendosis (SD, Kleinkinder) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

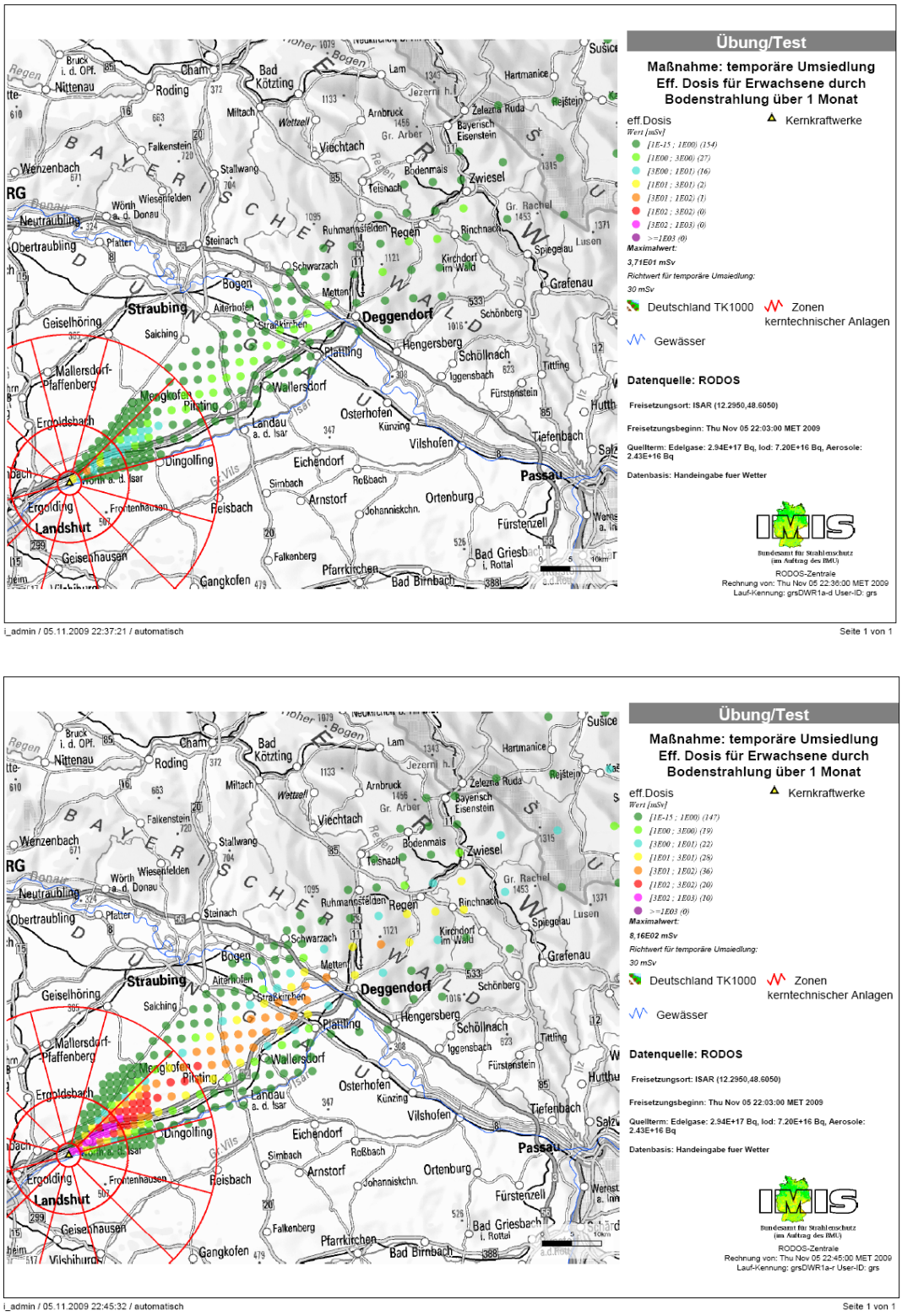


Abb. 3.20 Szenario DWR 1a: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „Temporäre Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

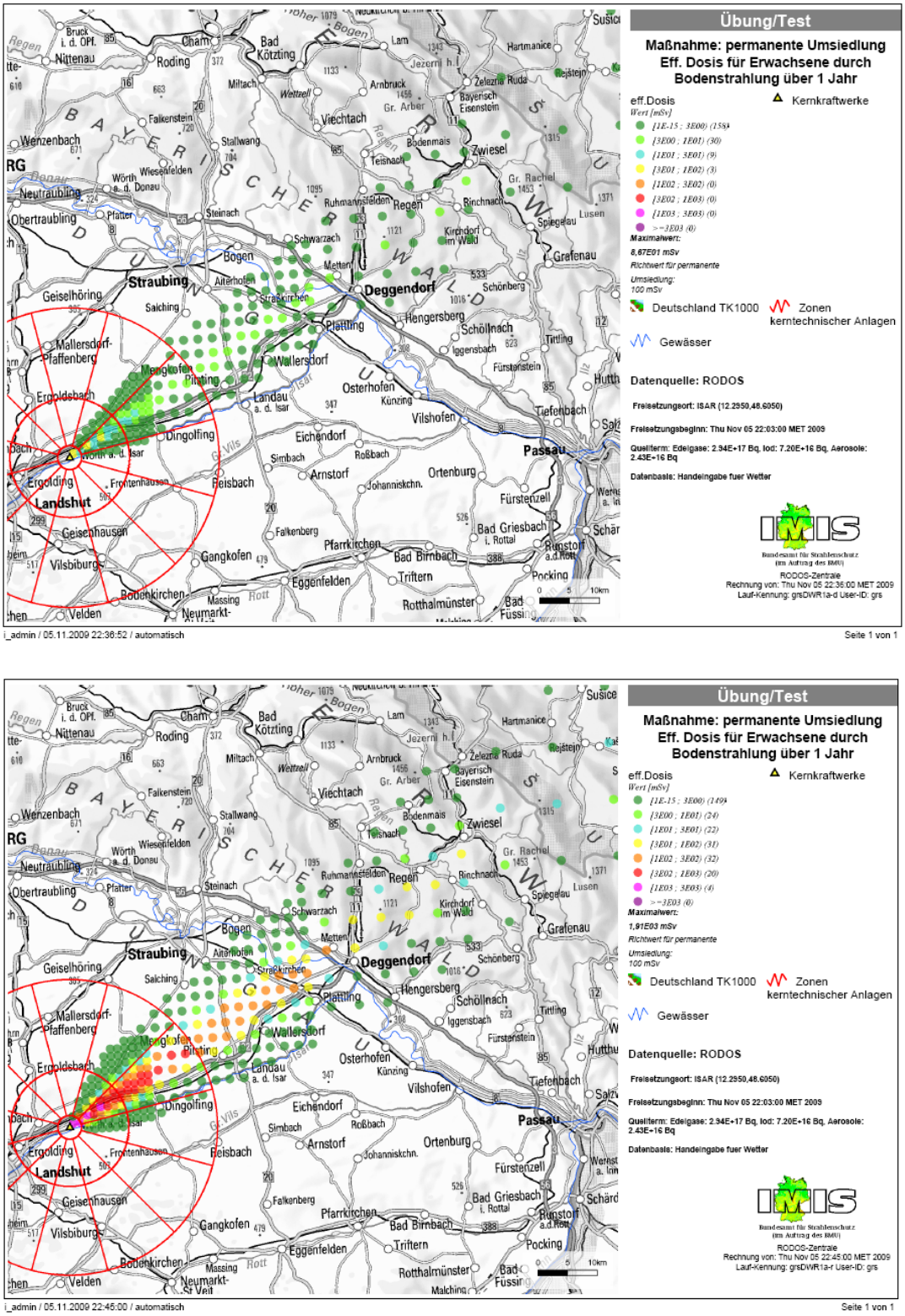


Abb. 3.21 Szenario DWR 1a: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „permanente Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

3.3.6 Übungszenario DWR 2: Kleines Leck mit RDB-Durchschmelzen und gefilterter SB-Druckentlastung sowie langfristigem SB-Durchschmelzen

3.3.6.1 Unfallablauf in der Anlage bis zur Freisetzung in die Umgebung

Dieses Übungsszenario basiert auf dem in /SON 01/ untersuchten Fall „10 cm^2-Leck im heißen Strang mit Ausfall der DE-Wärmeabfuhr“.

3.3.6.1.1 Randbedingungen und charakteristische Ereignisse

Die wesentlichen Randbedingungen für diesen Fall sind:

– 10 cm^2-Leck im heißen Strang des DH-Loops,

– Ausfalls der sekundärseitigen Wärmeabfuhr, der DE-Bespeisung und der Notfallmaßnahme der primärseitigen Druckentlastung,

– Modellierung der Rekombinatoren innerhalb des SB mit Ausfall des Rekombinators im Bruchraum,

– Berechnung von H_2-Verbrennungen bei Vorliegen lokal zündfähiger Gemische,

– Verfügbarkeit der aktiven Notkühlsysteme, aber Übergang in den ND-Bereich gelingt nicht, somit Ausfall der Notkühlung bei Umschaltung auf Sumpfansaugung,

– Lecklage bedingt automatische Umschaltung auf kaltseitige Einspeisung des HD-Sicherheitssystems im Leckloop, während sie in den übrigen 3 Loops heißseitig erfolgt.

Weitere Randbedingungen sind in Tab. 4-1 in /SON 01/ angegeben.

Charakteristische Ereignisse des berechneten Ablaufs sind in Tab. 3.9 aufgelistet (vgl. Tab. 4-2 in /SON 01/).

Tab. 3.9 Charakteristische Ereignisse (Szenario DWR 2)

Ereignis	**Zeitpunkt**
Auftreten des Lecks	0 s
RESA / TUSA	15 s
PKL-Abschluss, HKP-Auslauf, ZBS ein	136 s
HD-Einspeisung	0:04 – 5:42 h
kaltseitige DRSP abgesperrt	0:09 h
Zusatzboriersystem aus	2:55 h
DRSP-Einspeisung, heißseitig	6:00 – 6:35 h
Beginn der Spaltgasfreisetzung aus Brennstäben	~10:15 h
Beginn des Kernschmelzens	**10:35 h**
Versagen der unteren Kerngitterplatte, Quenchen	12:45 h
Austrocknen unteres Plenum	12:47 h
RDB-Versagen und Beginn Schmelzeaustrag	**13:20 h**
DRSP-Einspeisung, heißseitig	13:22 – 13:23 h
Kontakt Schmelze-Wasser (Lüftungsspinne)	**~21 h**
Einleiten der gefilterten SB-Druckentlastung	**57:45 h**
Beenden der gefilterten SB-Druckentlastung	98 h
Ende des berechneten Unfallablaufs	98 h

3.3.6.1.2 Verlauf relevanter Anlagenparameter

Bei diesem Übungsszenario spielen im Hinblick auf die Alarmierungskriterien insbesondere verschiedene Temperaturen im Primärkreislauf (Abb. 3.22) eine wichtige Rolle. Weiterhin werden der RDB-Füllstand (Abb. 3.23) sowie der Überdruck im Sicherheitsbehälter (Abb. 3.24) dargestellt.

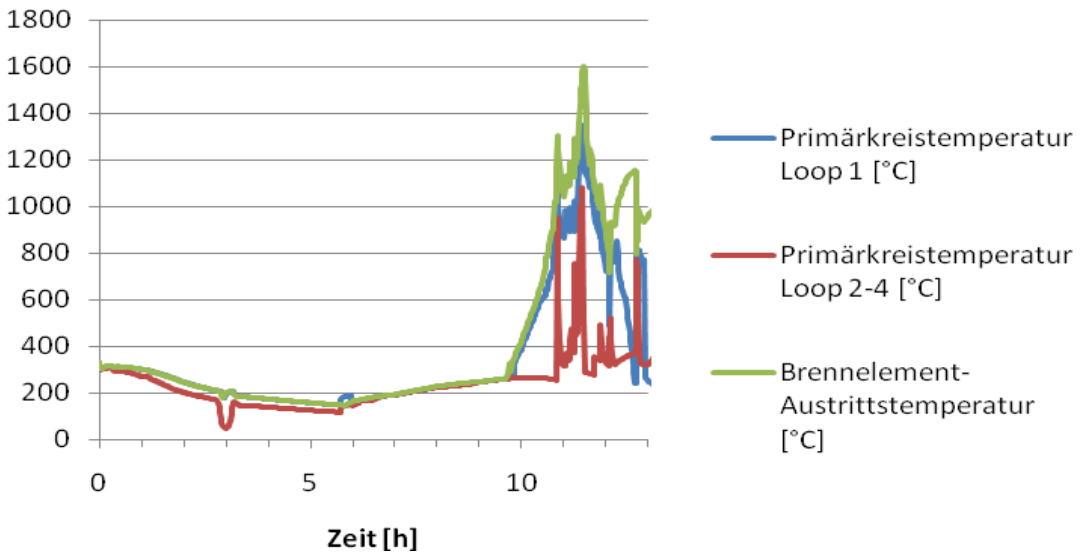


Abb. 3.22 Temperaturen im Primärkreis (Szenario DWR 2)

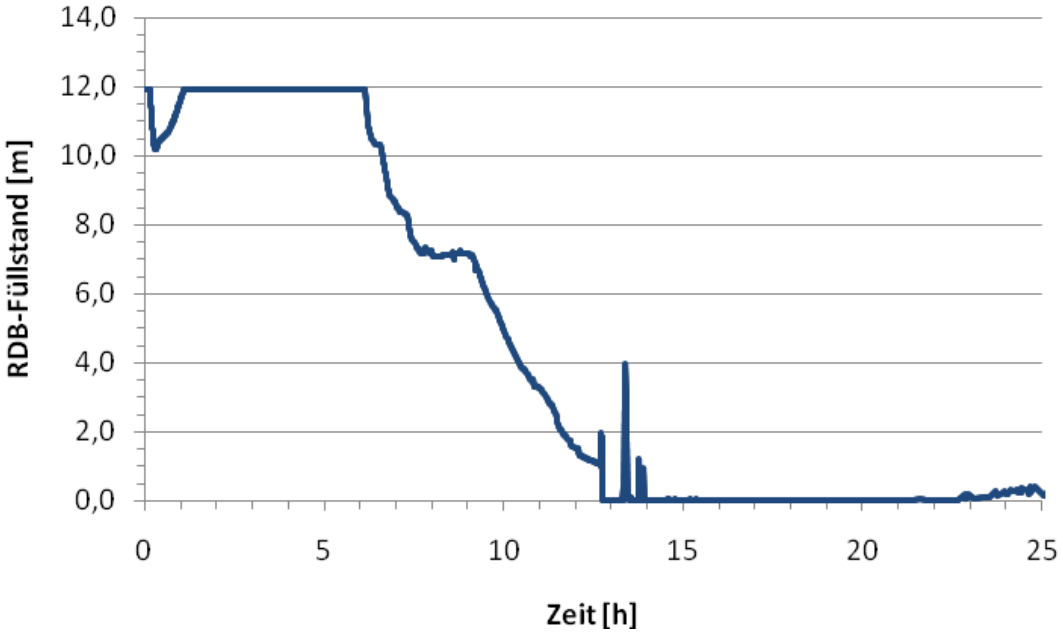


Abb. 3.23 RDB-Füllstand (Szenario DWR 2)

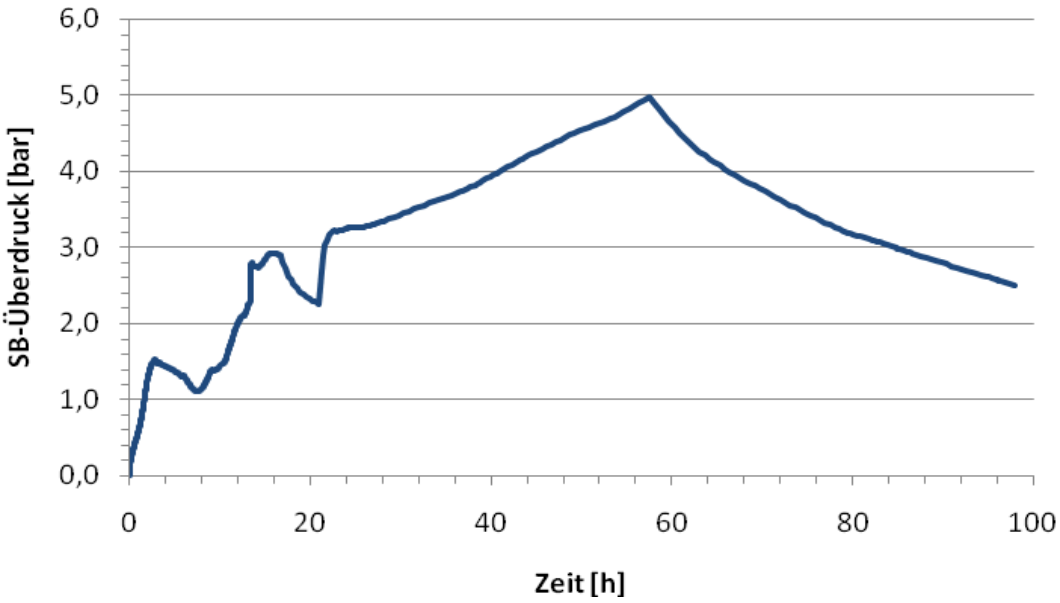


Abb. 3.24 SB-Überdruck (Szenario DWR 2)

Vergleich mit Alarmierungskriterien

Voralarm:

Nach ca. 5,8 Stunden ist erstmals ein Kriterium für Voralarm erfüllt (Gefährdung des Schutzziels Kernkühlung), da die Kühlmitteltemperatur über 180 °C liegt und gleichzeitig der Füllstand der Flutbecken zu niedrig (< 0,5 m) ist.

Katastrophenalarm:

Ein Kriterium für Katastrophenalarm liegt erstmals nach ca. 10,7 Stunden vor, nachdem die Brennelement-Austrittstemperatur für mehr als 5 Minuten über 800 °C liegt (Gefährdung des Schutzziels Kernkühlung).

3.3.6.1.3 Quellterm, Freisetzungsverlauf in die Umgebung

Der Freisetzungsverlauf in die Umgebung wurde in Form eines RODOS-Eingabedatensatzes im XML-Format definiert. Die grundsätzlichen Bemerkungen in Abschnitt 3.3.4.1.3 gelten weiterhin.

Der so dokumentierte Freisetzungsverlauf für das Übungsszenario DWR 2 lässt sich wie folgt charakterisieren:

Die Freisetzung beginnt ca. 16,7 Stunden nach dem auslösenden Ereignis und erstreckt sich anschließend über 81,2 Stunden (Ende der Rechnung). Die Freisetzungshöhe ist dabei immer 150 m. Eine thermische Überhöhung kann bis zum Beginn der gefilterten SB-Druckentlastung (ca. 41,1 Stunden nach Freisetzungsbeginn) vernachlässigt werden, anschließend ergibt sich eine thermische Leistung von 7,9 MW. Der Iodquellterm setzt sich im Wesentlichen aus elementarem I_2 (ca. 68 %) und organischen Iodverbindungen (ca. 32 %) zusammen, Aerosole haben einen Anteil von weniger als 1 %. Hierbei wurde basierend auf /GRS 06c/ angenommen, dass insgesamt $9{,}5 \cdot 10^{-4}$ des Iodkerninventars in flüchtiger Form mit konstanter Rate während der gefilterten Druckentlastung freigesetzt wird (I_2 und organische Verbindungen im Verhältnis 2:1). Bis zur gefilterten SB-Druckentlastung kommt es nur zu geringen Freisetzungen. Während der Druckentlastung ist die Freisetzungsrate nahezu konstant und nimmt nur allmählich ab. Der Quellterm wird durch Edelgase dominiert, da Aerosole zu einem großen Teil in Filtern zurückgehalten werden.

Wie in Abschnitt 3.3.4.1.3 werden beispielhaft Ergebnisse für drei Nuklidgruppen in Abb. 3.25 dargestellt. Tab. 3.10 fasst die akkumulierten Aktivitätsfreisetzungen am Ende der Freisetzungsphase zusammen.

Tab. 3.10 Freisetzungen (Szenario DWR 2)

Nuklid	Akk. Aktivität [Bq]	Freisetzungsanteil[1]	Akk. Aktivität Gruppen [Bq]
Kr-87	1.6991E+12	0.0001 %	Edelgase
Kr-88	3.2067E+15	0.1136 %	
Xe-133	4.8079E+18	62.7239 %	5.5425E+18
Xe-135	7.3141E+17	42.6584 %	
I-131	2.4882E+15	0.0685 %	Iod
I-132	2.6056E+15	0.0487 %	
I-133	1.3739E+15	0.0179 %	6.6799E+15
I-134	7.1415E+07	< 0.0001 %	
I-135	2.1215E+14	0.0030 %	
Sr-90	4.0391E+09	< 0.0001 %	Schwebstoffe
Zr-95	1.6518E+09	< 0.0001 %	
Mo-99	1.2640E+06	< 0.0001 %	
Ru-103	3.1656E+05	< 0.0001 %	
Ru-106	8.3682E+04	< 0.0001 %	
Sb-127	9.5491E+11	0.0003 %	
Te-132	7.6253E+12	0.0001 %	9.2968E+12
Cs-134	3.2551E+11	0.0001 %	
Cs-137	2.7901E+11	0.0001 %	
Ba-140	1.0387E+11	< 0.0001 %	
La-140	1.3953E+09	< 0.0001 %	
Ce-144	1.0712E+09	< 0.0001 %	
Pu-238	1.1911E+06	< 0.0001 %	Transurane
Pu-241	8.4703E+07	< 0.0001 %	
Cm-242	1.7580E+07	< 0.0001 %	1.0418E+08
Cm-244	7.0370E+05	< 0.0001 %	

[1] Bezogen auf Anfangsaktivität zu Ereignisbeginn

3.3.6.1.4 Auslösung von Meldungen aus der Anlage

Für dieses Übungsszenario wird angenommen, dass bedingt durch den Ausfall der aktiven Notkühlung etwa sechs Stunden nach Beginn des Unfalls sowohl die Auslösung von Voralarm empfohlen wird als auch ein erster Lagebericht herausgegeben wird. Eine Katastrophenalarm-Meldung ergeht aufgrund der Anlagenkriterien nach etwa 10,5 Stunden. Weitere Lageberichte werden in etwa stündlichem Abstand bzw. im Zusammenhang mit besonderen Entwicklungen (z. B. Einleiten der gefilterten SB-Druckentlastung) erstellt.

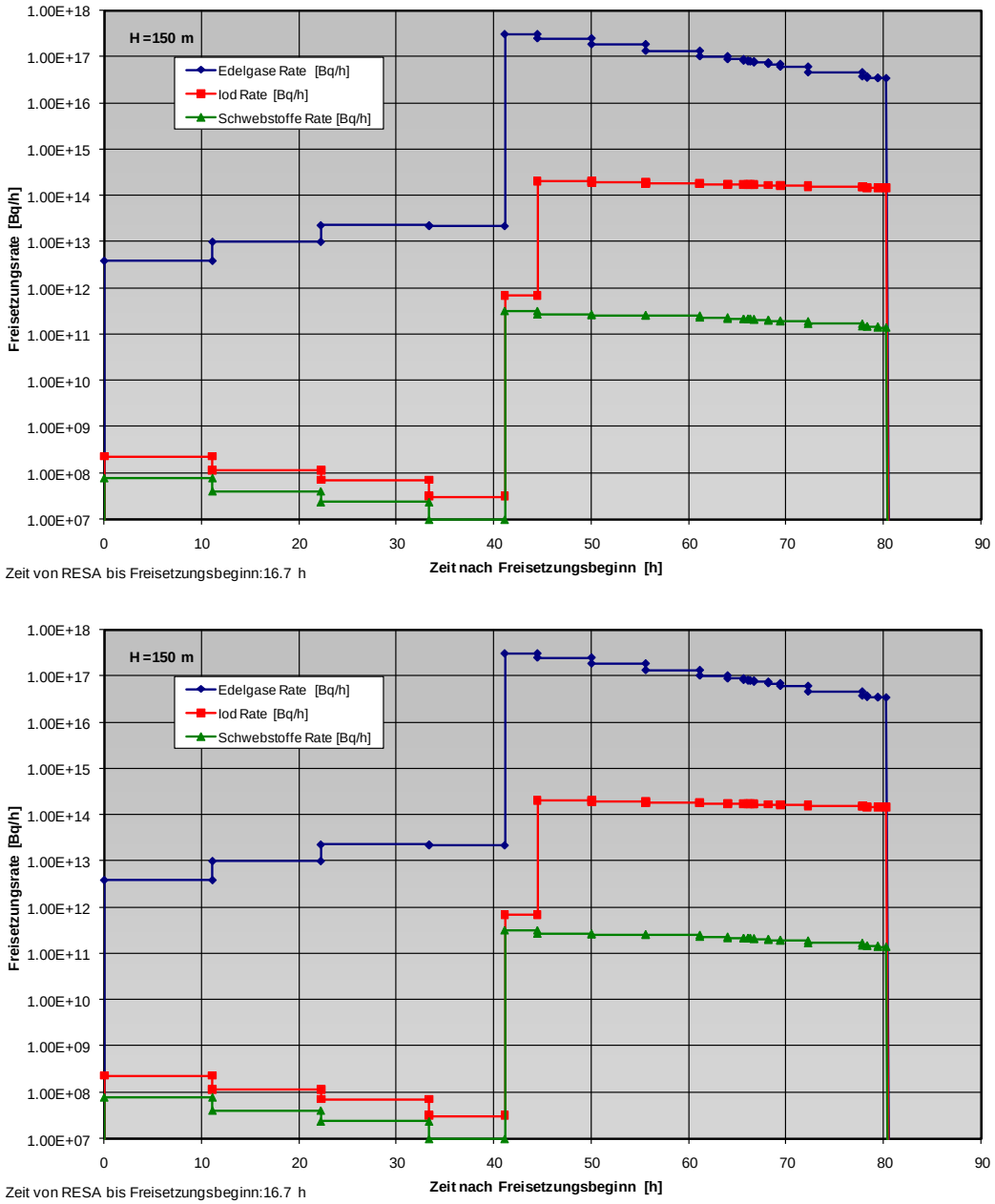


Abb. 3.25 Freisetzungsraten (oben) und akkumulierte Freisetzungen (unten) für die Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe im Szenario DWR 2.

3.3.6.2 Radiologische Auswirkungen und Gegenmaßnahmen

3.3.6.2.1 Grobanalyse (Screening) radiologischer Auswirkungen

Die Ergebnisse des Screenings radiologischer Auswirkungen für das Szenario DWR 2 sind in Abb. 3.26 dargestellt. Als Freisetzungshöhe wurde 150 m (Freisetzung über Kamin) angesetzt.

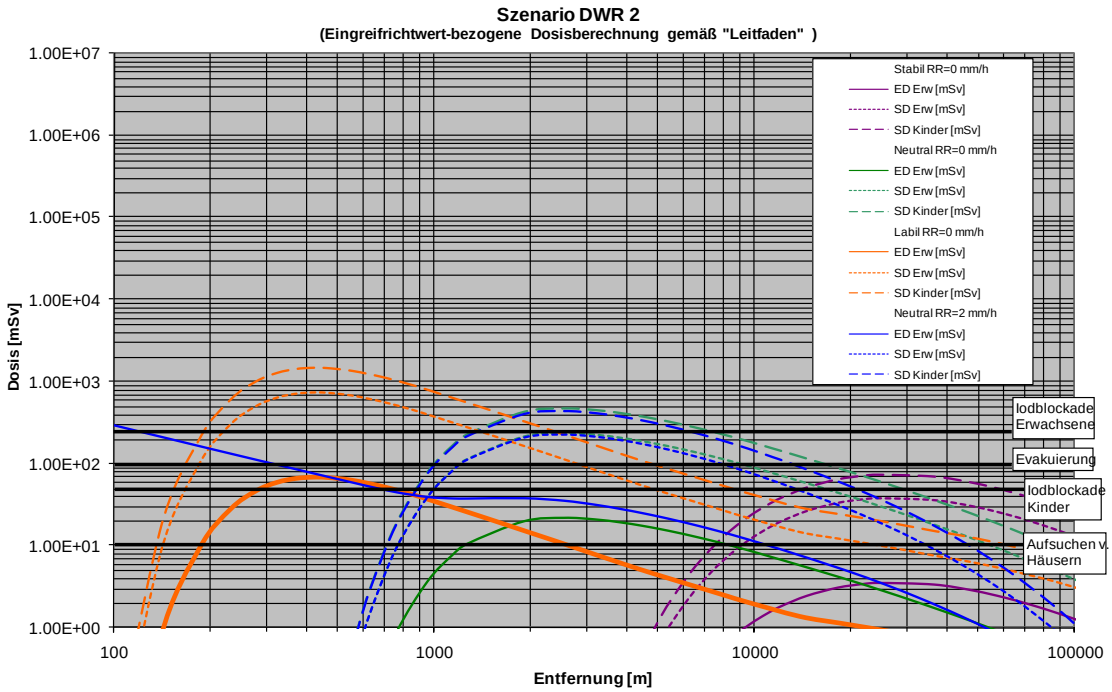


Abb. 3.26 Szenario DWR 2: Effektive Dosis (ED, Erwachsene) und Schilddrüsendosis (SD, Kinder und Erwachsene) unter der Fahnenachse für verschiedene Wetterlagen zum Vergleich mit den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes, berechnet nach /SSK 04/.

Aufgrund der erhöhten Freisetzung über den Kamin wird das Maximum der effektiven Dosis außer bei Situationen mit Niederschlag erst in einiger Entfernung von der Quelle erreicht. Die Aufpunktentfernung variiert in diesen Fällen zwischen 500 m (labile Schichtung) und 20 km (stabile Schichtung) mit etwa 2,5 km Entfernung bei neutraler Schichtung.

Der Eingreifrichtwert für Evakuierung (100 mSv ED) wird nach dieser Abschätzung nur bei Niederschlag in unmittelbarer Nähe zum Anlagengelände (bis zu einigen 100 m von der Quelle entfernt) erreicht. Die nächstgelegene Wohnbebauung in 800 m Entfernung

wäre davon nicht betroffen. Der Eingreifrichtwert für „Aufenthalt in Gebäuden“ (10 mSv ED) wird bei Niederschlag hingegen bis in 10 km Entfernung überschritten. Ohne Niederschlag liegen die Entfernungsbereiche mit Überschreitung von 10 mSv ED zwischen 1,2 und 9 km (neutrale Schichtung) bzw. zwischen 200 m und 3 km (labile Schichtung). Bei stabiler Schichtung wird der Eingreifrichtwert nicht erreicht.

Eingreifrichtwerte bzgl. Iodblockade für Kinder (50 mSv SD) werden nahezu unabhängig von der Niederschlagssituation in Entfernungsbereichen zwischen 1 km und 30 km (neutrale Schichtung, trocken) bzw. weniger als 200 m und 9 km (labil, trocken) überschritten. Bei Niederschlag reduziert sich der Entfernungsbereich durch Auswaschprozesse auf 20 km. In stabilen Situationen könnte dieser Bereich zwischen 15 km und 60 km liegen. Aufgrund der tendenziell pessimistischen Dosisüberschätzung in großen Entfernungsbereichen sollte dieses Ergebnis durch genauere Berechnungsverfahren im Rahmen der Detailanalyse geprüft werden.

Für Erwachsene wird der Eingreifrichtwert für Iodblockade (250 mSv SD) nur bei labiler Schichtung in Entfernungen zwischen ca. 200 m und 1,4 km überschritten.

Dauer von Vorfreisetzungs- und Freisetzungsphase

Von der Alarmierung bis zum Beginn nennenswerter Freisetzungen über die Störfallabsaugung des SB stehen ca. 11 h (Voralarm) bzw. ca. 6 h (Katastrophenalarm) zur Verfügung. Die folgende Phase von etwa 41 Stunden ist durch Freisetzungen geprägt, die noch nicht relevant für die Einleitung von Katastrophenschutzmaßnahmen sind. Umfangreiche Freisetzungen stehen erst mit Beginn der gefilterten Druckentlastung ca. 52 h nach Voralarm bzw. 47 h nach Katastrophenalarm an. Die Vorbereitung und Durchführung präventiver Maßnahmen (Verteilung von Iodtabletten, vorsorgliche Ernte von Nahrungs- und Futtermitteln) kann allerdings bereits vor Einleiten der gefilterten Druckentlastung des SB durch die geringfügigeren Freisetzungen in der Anfangsphase beeinflusst werden.

Die gesamte Dauer der Hauptfreisetzungsphase erstreckt sich über 40 Stunden. In einem derartig langen Zeitraum ist die Maßnahme „Aufenthalt in Gebäuden“ voraussichtlich nicht aufrecht zu erhalten.

3.3.6.2.2 Detailanalyse radiologischer Auswirkungen

Die Ergebnisse der RODOS-Rechnungen sind auszugsweise in Abb. 3.27 und Abb. 3.28 wiedergegeben. Aus den Abbildungen wurde abgeschätzt, bis zu welchen Entfernungen Maßnahmen des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge erforderlich sind. Das Ergebnis ist in nachfolgender Tab. 3.11 zusammengefasst.

Tab. 3.11 Maßnahmenbewertung nach RODOS-Ergebnissen zum Szenario DWR 2

Szenario: DWR 2				
Abbildung	**Maßnahme**	**Eingreifricht-wert, Kriterium**	**Ausdehnung des Gebiets mit Überschreitung des ER**	
			Ohne Niederschlag	**Mit Niederschlag**
Abb. 3.27	Aufenthalt in Gebäuden	10 mSv ED (Inh., Ext., 7 d)	Keine Überschreitung	Keine Überschreitung
	Evakuierung	100 mSv ED (Inh., Ext., 7 d)	Deutliche Unterschreitung	Deutliche Unterschreitung
Abb. 3.28	Verteilung von Iodtabletten, Kinder	50 mSv SD (Inh., WP)	Keine Überschreitung	Keine Überschreitung
o. Abb.	Verteilung von Iodtabletten, Erwachsene	250 mSv SD (Inh., WP)	Deutliche Unterschreitung	Deutliche Unterschreitung
o. Abb.	Temporäre Umsiedlung	30 mSv ED (Boden, 30 d)	Deutliche Unterschreitung	Deutliche Unterschreitung
o. Abb.	Permanente Umsiedlung	100 mSv ED (Boden, 1 a)	Deutliche Unterschreitung	Deutliche Unterschreitung
o. Abb.	Verwerfen landwirtschaft-licher Produkte	EU-Höchstwerte (vgl. Tabelle 7-12, MNK)	> 100 km	> 100 km
Abkürzungen: ER: ED: Effektive Dosis; SD: Schilddrüsendosis; Inh.: Inhalation; Ext.: Externe Strahlung; Boden.: Bodenstrahlung; WP: Wolkenphase, ER: Eingreifrichtwert. MNK: „Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen“ (Maßnahmenkatalog) Stand 2000.				

Im Vergleich mit der Grobanalyse nach der Methodik des „Leitfadens für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen“ (/SSK 04/, Kapitel 3) legen die RODOS-Rechnungen für die angenommenen Wettersituationen nahe, dass keine Maßnahmen des Katastrophenschutzes erforderlich sind. Allerdings werden die Eingreifrichtwerte für „Aufenthalt in Gebäuden“ (Simulation ohne Regen) und „Iodtabletten für Kinder“ in der Nähe des Aufpunktes fast erreicht.

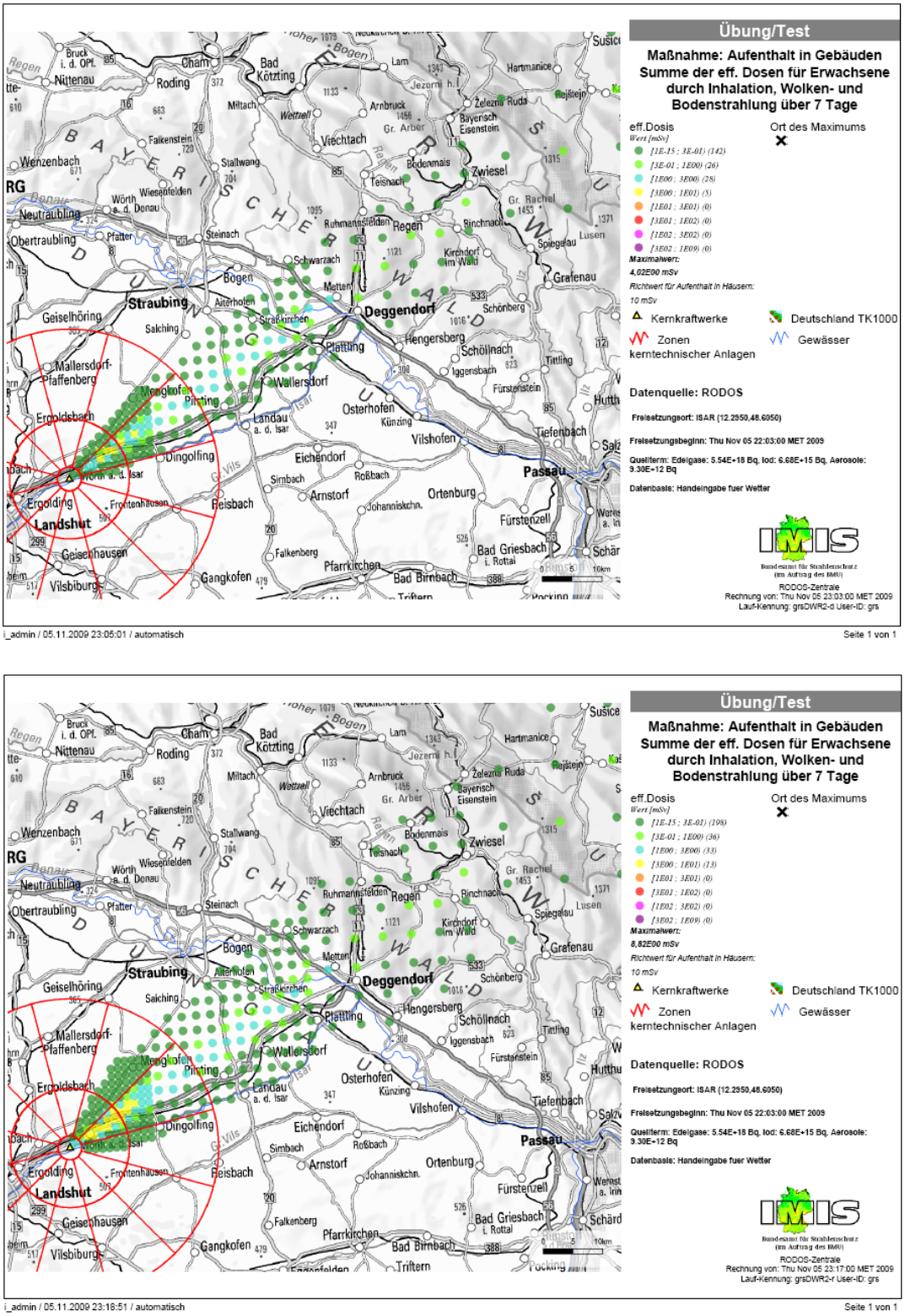
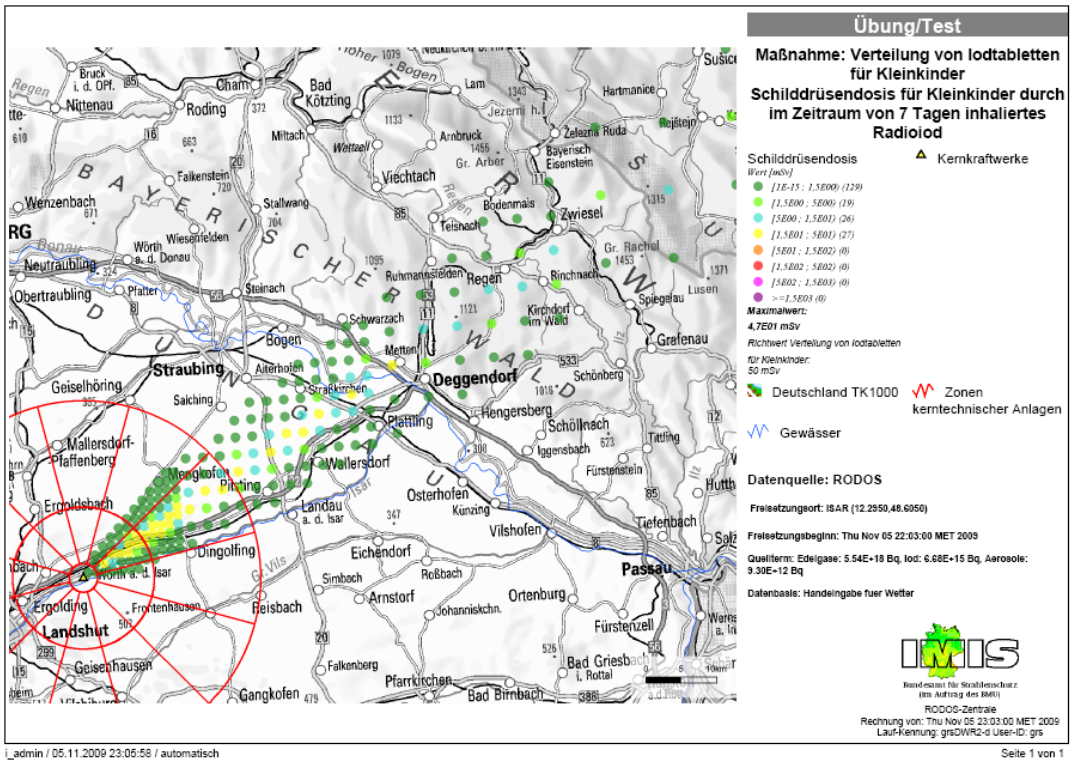


Abb. 3.27 Szenario DWR 2: RODOS-Simulation der effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.



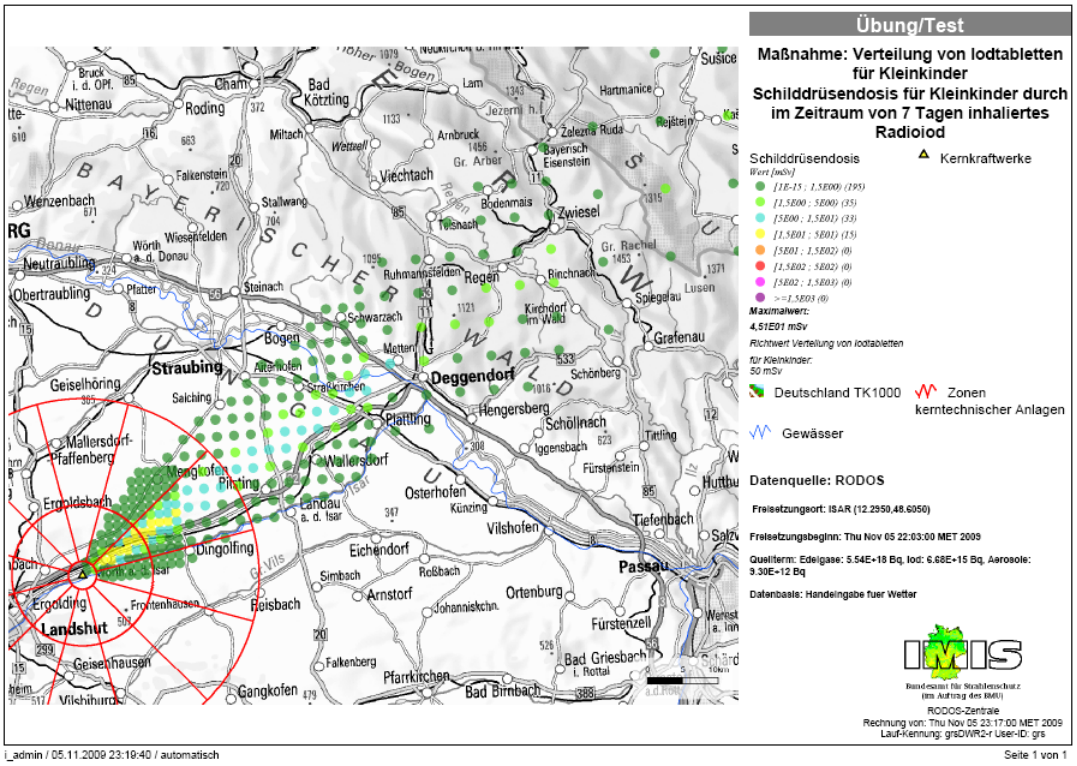


Abb. 3.28 Szenario DWR 2: RODOS-Simulation der Schilddrüsendosis (SD, Kleinkinder) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

3.3.7 Übungsszenario DWR 3: Versagen der Sumpfsaugrohre

3.3.7.1 Unfallablauf in der Anlage bis zur Freisetzung in die Umgebung

Dieses Übungsszenario basiert auf einer Abwandlung des in /SON 01/ untersuchten Falls „10 cm^2-Leck im heißen Strang mit Ausfall der DE-Wärmeabfuhr“, der für das Übungsszenario DWR 2 herangezogen wurde.

3.3.7.1.1 Randbedingungen und charakteristische Ereignisse

Die Randbedingungen sind identisch mit denen des Übungsszenarios DWR 2:

– 10 cm^2-Leck im heißen Strang des DH-Loops,

– Ausfalls der sekundärseitigen Wärmeabfuhr, der DE-Bespeisung und der Notfallmaßnahme der primärseitigen Druckentlastung,

– Modellierung der Rekombinatoren innerhalb des SB mit Ausfalls des Rekombinatoren im Bruchraum,

– Berechnung von H_2-Verbrennungen bei Vorliegen lokal zündfähiger Gemische,

– Verfügbarkeit der aktiven Notkühlsysteme, aber Übergang in den ND-Bereich gelingt nicht, somit Ausfall der Notkühlung bei Umschaltung auf Sumpfansaugung,

– Lecklage bedingt automatische Umschaltung auf kaltseitige Einspeisung des HD-Sicherheitssystems im Leckloop, während sie in den übrigen 3 Loops heißseitig erfolgt.

Weitere Randbedingungen sind in Tab. 4-1 in /SON 01/ angegeben.

Auch die charakteristischen Ereignisse unterscheiden sich zunächst nicht von denen des Übungsszenarios DWR 2. Es wird aber unterstellt, dass 20 Stunden nach dem Versagen des Reaktordruckbehälters Sumpfansaugrohre durchschmelzen (vgl. Tab. 6.7 in /GRS 01/). Durch den Druck aus dem Sicherheitsbehälter werden die Lüftungsklappen der Ringraumlüftung aufgedrückt, und die Freisetzung erfolgt ungefiltert über die (Zuluft-) Lüftungskanäle in die Umgebung. Es wird eine Freisetzungsdauer von 10

Stunden angenommen. Für die zu erwartende Nuklidzusammensetzung wurden Ergebnisse für ein entsprechendes Szenario aus /GRS 06c/ verwendet.

Charakteristische Ereignisse des berechneten bzw. unterstellten Ablaufs sind in Tab. 3.12 aufgelistet (vgl. Tab. 4-2 in /SON 01/).

Tab. 3.12 Charakteristische Ereignisse (Szenario DWR 3)

Ereignis	**Zeitpunkt**
Auftreten des Lecks	0 s
RESA / TUSA	15 s
PKL-Abschluss, HKP-Auslauf, ZBS ein	136 s
HD-Einspeisung	0:04 – 5:42 h
kaltseitige DRSP abgesperrt	0:09 h
Zusatzboriersystem aus	2:55 h
DRSP-Einspeisung, heißseitig	6:00 – 6:35 h
Beginn der Spaltgasfreisetzung aus Brennstäben	~10:15 h
Beginn des Kernschmelzens	**10:35 h**
Versagen der unteren Kerngitterplatte, Quenchen	12:45 h
Austrocknen unteres Plenum	12:47 h
RDB-Versagen und Beginn Schmelzeaustrag	**13:20 h**
DRSP-Einspeisung, heißseitig	13:22 – 13:23 h
Kontakt Schmelze-Wasser (Lüftungsspinne)	**~21 h**
Durchschmelzen der Sumpfansaugrohre	**33:20 h**
Ende der Freisetzung	43:20 h

3.3.7.1.2 Verlauf relevanter Anlagenparameter

Bei diesem Übungsszenario spielen im Hinblick auf die Alarmierungskriterien insbesondere verschiedene Temperaturen im Primärkreislauf (Abb. 3.29) eine wichtige Rolle. Weiterhin wird in Abb. 3.30 der RDB-Füllstand dargestellt.

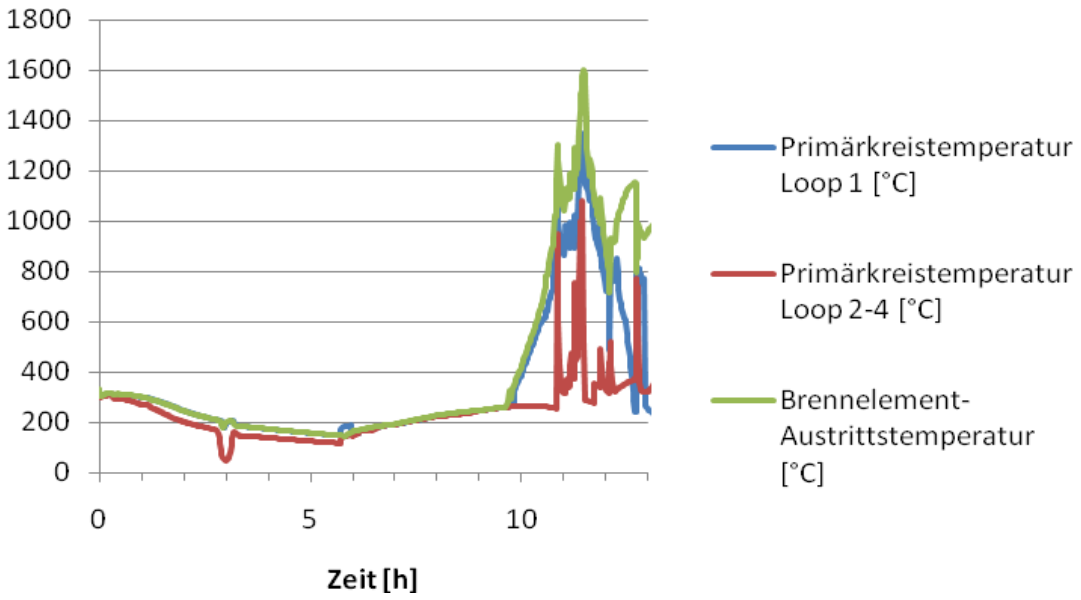


Abb. 3.29 Temperaturen im Primärkreis (Szenario DWR 3)

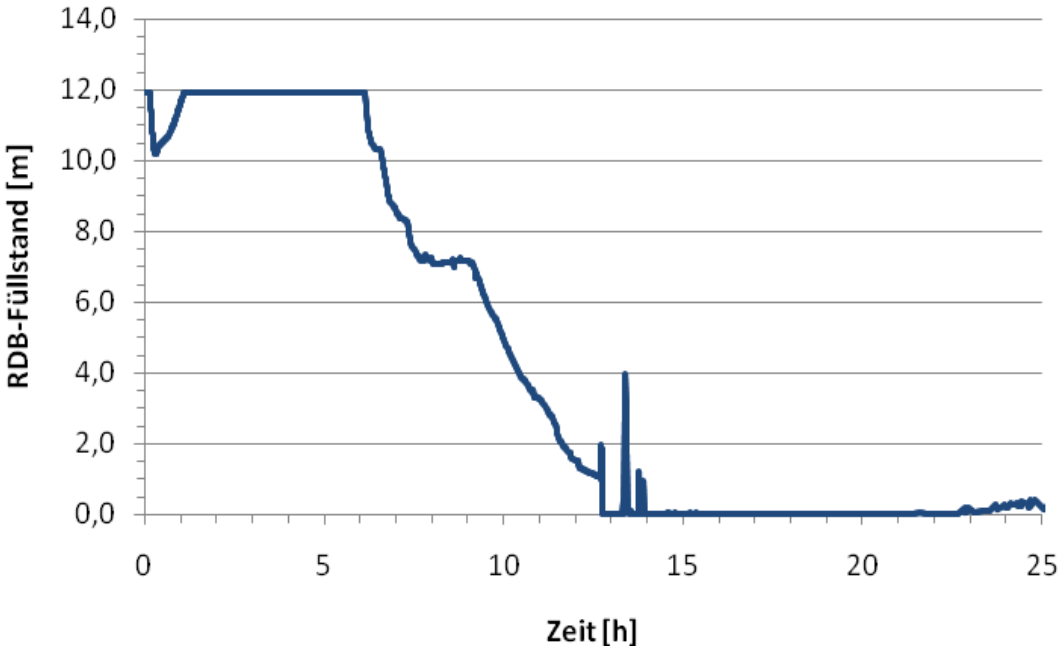


Abb. 3.30 RDB-Füllstand (Szenario DWR 3)

Vergleich mit Alarmierungskriterien

Aufgrund der identischen Anfangsphase ergeben sich im Hinblick auf die Alarmierungskriterien dieselben Ergebnisse wie für das Übungsszenario DWR 2.

Voralarm:

Nach ca. 5,8 Stunden ist erstmals ein Kriterium für Voralarm erfüllt (Gefährdung des Schutzziels Kernkühlung), da die Kühlmitteltemperatur über 180 °C liegt und gleichzeitig der Füllstand der Flutbecken zu niedrig (< 0,5 m) ist.

Katastrophenalarm:

Ein Kriterium für Katastrophenalarm liegt erstmals nach ca. 10,7 Stunden vor, nachdem die Brennelement-Austrittstemperatur für mehr als 5 Minuten über 800 °C liegt (Gefährdung des Schutzziels Kernkühlung).

3.3.7.1.3 Quellterm, Freisetzungsverlauf in die Umgebung

Der Freisetzungsverlauf in die Umgebung wurde in Form eines RODOS-Eingabedatensatzes im XML-Format definiert. Die grundsätzlichen Bemerkungen in Abschnitt 3.3.4.1.3 gelten weiterhin.

Der so dokumentierte Freisetzungsverlauf für das Übungsszenario DWR 3 lässt sich wie folgt charakterisieren:

Die Freisetzung beginnt ca. 16,7 Stunden nach dem auslösenden Ereignis und erstreckt sich anschließend über 26,7 Stunden. Bis zum Beginn der größeren Freisetzung aufgrund des Versagens von Sumpfansaugrohren etwa 16,7 Stunden nach Beginn erster Freisetzungen beträgt die Freisetzungshöhe 150 m, eine thermische Überhöhung kann vernachlässigt werden und die Freisetzungsmengen sind nur gering. Anschließend erfolgt die Freisetzung auf 25 m mit einer thermischen Leistung von 10 MW. Es wird eine konstante Freisetzungsrate über 10 Stunden angenommen. Der Iodquellterm liegt vollständig in Aerosolform vor.

Tab. 3.13 Freisetzungen (Szenario DWR 3)

Nuklid	Akk. Aktivität [Bq]	Freisetzungsanteil[1]	Akk. Aktivität Gruppen [Bq]
Kr-87	3.1832E+12	0.0002 %	Edelgase
Kr-88	6.1005E+15	0.2160 %	
Xe-133	6.2740E+18	81.8513 %	7.6704E+18
Xe-135	1.3902E+18	81.0837 %	
I-131	1.8032E+17	4.9663 %	Iod
I-132	2.2337E+17	4.1787 %	
I-133	1.6632E+17	2.1698 %	5.9691E+17
I-134	8.4982E+09	< 0.0001 %	
I-135	2.6898E+16	0.3756 %	
Sr-90	6.6566E+13	0.0300 %	Schwebstoffe
Zr-95	1.9229E+12	< 0.0001 %	
Mo-99	1.4546E+15	0.0209 %	
Ru-103	1.6461E+12	< 0.0001 %	
Ru-106	4.2360E+11	< 0.0001 %	
Sb-127	7.5370E+13	0.0234 %	
Te-132	1.1624E+16	0.2216 %	1.7112E+16
Cs-134	1.0943E+15	0.3100 %	
Cs-137	9.3797E+14	0.3100 %	
Ba-140	1.8520E+15	0.0274 %	
La-140	1.9821E+12	< 0.0001 %	
Ce-144	1.2360E+12	< 0.0001 %	
Pu-238	1.3616E+09	< 0.0001 %	Transurane
Pu-241	9.6823E+10	< 0.0001 %	
Cm-242	2.3555E+10	< 0.0001 %	1.2268 E+11
Cm-244	9.3797E+08	< 0.0001 %	

[1] Bezogen auf Anfangsaktivität zu Ereignisbeginn

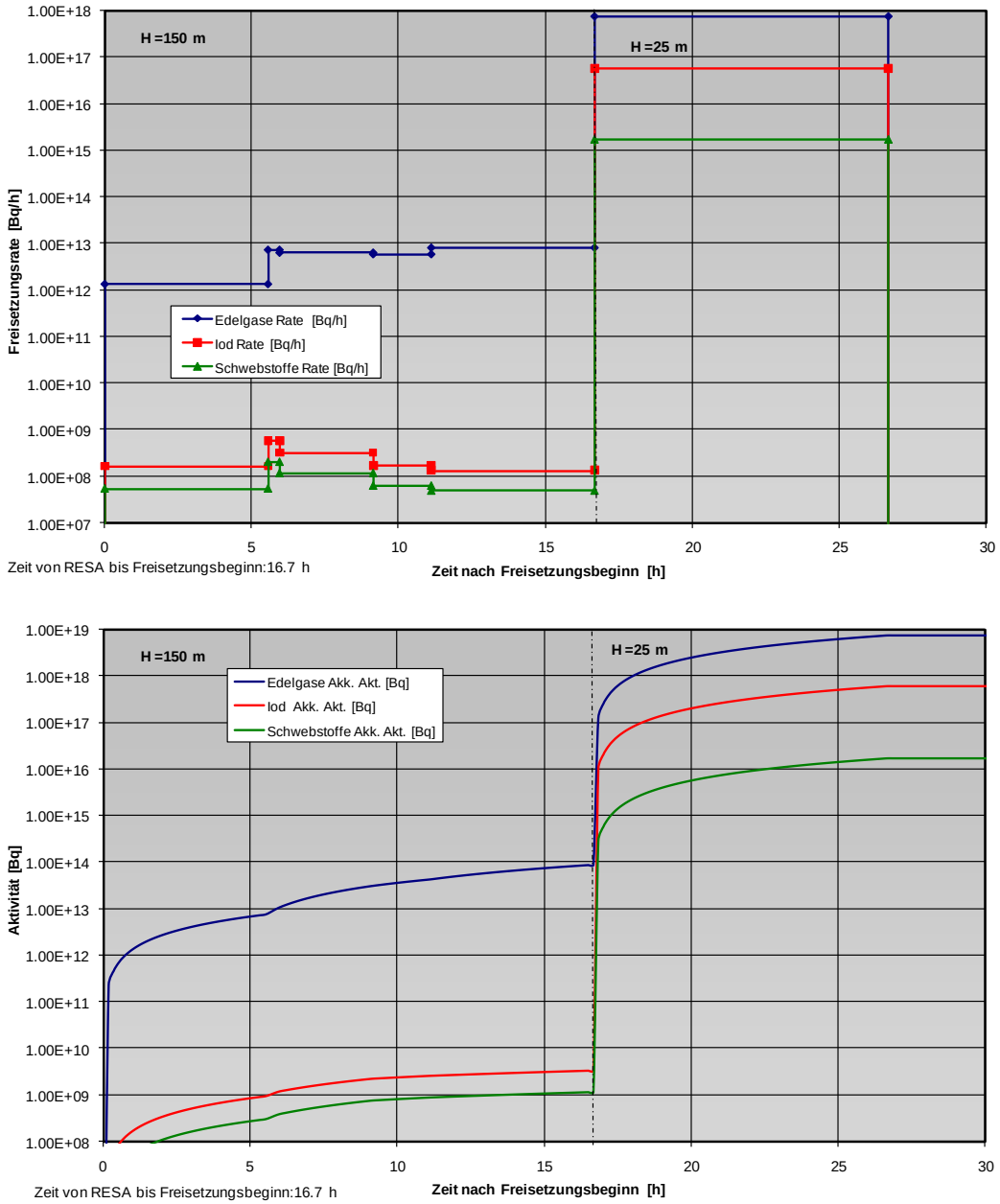


Abb. 3.31 Freisetzungsraten (oben) und akkumulierte Freisetzungen (unten) für die Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe im Szenario DWR 3.

Wie in Abschnitt 3.3.4.1.3 werden beispielhaft Ergebnisse für drei Nuklidgruppen in Abb. 3.31 dargestellt. Tab. 3.13 fasst die akkumulierten Aktivitätsfreisetzungen am Ende der Freisetzungsphase zusammen.

3.3.7.1.4 Auslösung von Meldungen aus der Anlage

Für dieses Übungsszenario wird angenommen, dass bedingt durch den Ausfall der aktiven Notkühlung etwa sechs Stunden nach Beginn des Unfalls sowohl die Auslösung von Voralarm empfohlen wird als auch ein erster Lagebericht herausgegeben wird. Eine Katastrophenalarm-Meldung ergeht aufgrund der Anlagenkriterien nach etwa 10,5 Stunden. Weitere Lageberichte werden in etwa stündlichem Abstand bzw. im Zusammenhang mit besonderen Entwicklungen erstellt.

3.3.7.2 Radiologische Auswirkungen und Gegenmaßnahmen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Grobanalyse radiologischer Auswirkungen (vgl. Abschnitt 3.2.4.1) für das Szenario DWR 3 dokumentiert. Die Detailanalyse erfolgt, sobald die hierfür benötigten RODOS-Ergebnisse vorliegen.

3.3.7.2.1 Grobanalyse (Screening) radiologischer Auswirkungen

Die Ergebnisse des Screenings radiologischer Auswirkungen für das Szenario DWR 3 sind in Abb. 3.32 dargestellt. Die Freisetzungshöhe in der ersten Phase vor Durchschmelzen der Sumpfansaugrohre beträgt 150 m. Für die zweite Phase (Freisetzung über Lüftungsklappen der Gebäudezuluft) wurden 20 m angesetzt.

Die potenziellen radiologischen Auswirkungen für das Szenario DWR 3 sind etwas geringer als für das Szenario DWR 1. Der Eingreifrichtwert für Evakuierung (100 mSv ED) wird nach der Grobanalyse für die betrachteten Wettersituationen noch in Entfernungen von bis zu 13 km (labile Schichtung), 25 km (neutrale Schichtung) oder 35 km (stabile Schichtung) überschritten. Der Eingreifrichtwert für „Aufenthalt in Gebäuden“ wird in allen Wettersituationen ohne Niederschlag noch in 100 km Entfernung überschritten. Eingreifrichtwerte für Iodblockade werden für Wettersituationen ohne Niederschlag sowohl für Kinder (50 mSv) als auch für Erwachsene (250 mSv) noch in 100 km übertroffen, während sich die entsprechenden Entfernungsbereiche bei Niederschlag auf bis zu 45 km bzgl. des Eingreifrichtwertes für Erwachsene und 90 km bzgl. des Eingreifrichtwertes für Kinder erstrecken.

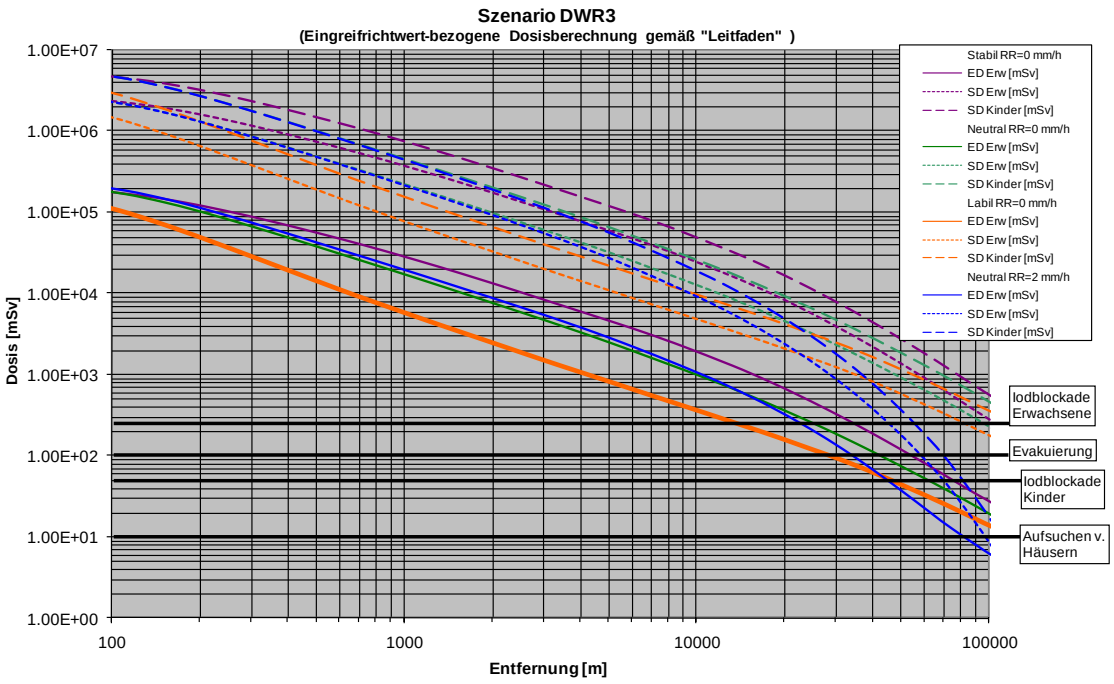


Abb. 3.32 Szenario DWR 3: Effektive Dosis (ED, Erwachsene) und Schilddrüsendosis (SD, Kinder und Erwachsene) unter der Fahnenachse für verschiedene Wetterlagen zum Vergleich mit den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes, berechnet nach /SSK 04/.

Aufgrund der vereinfachten Modellannahmen (vgl. Abschnitt 3.2.4.1) ist wie in den bereits diskutierten Szenarien in weiteren Entfernungen eine zunehmend pessimistische Überschätzung der Dosis anzunehmen. Dennoch ist für das Szenario DWR 3 davon auszugehen, dass bei windschwachen Verhältnissen insbesondere bei neutraler bzw. stabiler Schichtung die radiologischen Auswirkungen noch in Regionen, die deutlich über die Planungszonen hinausreichen, Gegenmaßnahmen erfordern würden.

Dauer von Vorsetzungs- und Freisetzungsphase

Vor der Hauptfreisetzungsphase mit massiven Freisetzungen in die Umgebung aufgrund der beginnenden Kernzerstörung stehen für die Vorbereitung und Durchführung präventiver Maßnahmen (Evakuierung, Verteilung von Iodtabletten, vorsorgliche Ernte von Nahrungs- und Futtermitteln etc.) in der näheren Umgebung ab Voralarm ca. 28 Stunden, ab Katastrophenalarm ca. 22 Stunden zur Verfügung. Strahlenexpositionen in weitaus geringerem Umfang treten durch die Freisetzung über die Störfallabsaugung des SB analog zum Szenario DWR 2 auch schon 11 h nach Anstehen des Voralarms

bzw. 6 Stunden nach Anstehen des Katastrophenalarms auf. Auch wenn bzgl. dieser Freisetzungen keine Maßnahmen des Katastrophenschutzes erforderlich sind, kann die Durchführbarkeit der Präventivmaßnahmen bereits einschränkend beeinflusst werden.

Die gesamte Dauer der Hauptfreisetzungsphase mit massiven Freisetzungen erstreckt sich über 10 Stunden. Die Maßnahme „Aufenthalt in Gebäuden“ erscheint somit für die Wolkenphase durchführbar, allerdings kann auch nach Durchzug der Wolke aufgrund der zu unterstellenden massiven Ablagerung von Schwebstoffen eine Verlängerung der Maßnahme angezeigt sein.

3.3.7.2.2 Detailanalyse radiologischer Auswirkungen

Die Ergebnisse der RODOS-Rechnungen sind auszugsweise in Abb. 3.33 bis Abb. 3.36 wiedergegeben. Aus den Abbildungen wurde abgeschätzt, bis zu welchen Entfernungen Maßnahmen des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge erforderlich sind. Das Ergebnis ist in nachfolgender Tab. 3.14 zusammengefasst.

Im Vergleich mit der Grobanalyse nach der Methodik des „Leitfadens für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen“ (/SSK 04/, Kapitel 3) werden durch die RODOS-Rechnungen die Auswirkungen im Nahbereich < 10 km sowie in trockenen Situationen tendenziell auch in größeren Entfernungen moderater eingeschätzt. Die Unterschiede zwischen Simulationen ohne Niederschlag und mit Niederschlag fallen in den RODOS-Rechnungen entsprechend stärker aus.

Tab. 3.14 Maßnahmenbewertung nach RODOS-Ergebnissen zum Szenario DWR 3

Szenario: DWR 3				
Abbildung	**Maßnahme**	**Eingreifricht-wert, Kriterium**	**Ausdehnung des Gebiets mit Überschreitung des ER**	
			Ohne Niederschlag	**Mit Niederschlag**
Abb. 3.33	Aufenthalt in Gebäuden	10 mSv ED (Inh., Ext., 7 d)	> 100 km	~100 km
	Evakuierung	100 mSv ED (Inh., Ext., 7 d)	~ 15 km	~ 35 km
Abb. 3.34	Verteilung von Iodtabletten, Kinder	50 mSv SD (Inh., WP)	> 100 km	~ 100 km
o. Abb.	Verteilung von Iodtabletten, Erwachsene	250 mSv SD (Inh., WP)	~ 100 km	~ 25 km
Abb. 3.35	Temporäre Umsiedlung	30 mSv ED (Boden, 30 d)	~ 5 km	~ 80 km
Abb. 3.36	Permanente Umsiedlung	100 mSv ED (Boden, 1 a)	Keine Überschreitung	~ 50 km
o. Abb.	Verwerfen landwirtschaft-licher Produkte	EU-Höchstwerte (vgl. Tabelle 7-12, MNK)	>> 100 km	>> 100 km

Abkürzungen:

ER: ED: Effektive Dosis; SD: Schilddrüsendosis; Inh.: Inhalation; Ext.: Externe Strahlung; Boden.: Bodenstrahlung; WP: Wolkenphase, ER: Eingreifrichtwert.

MNK: „Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen“ (Maßnahmenkatalog) Stand 2000.

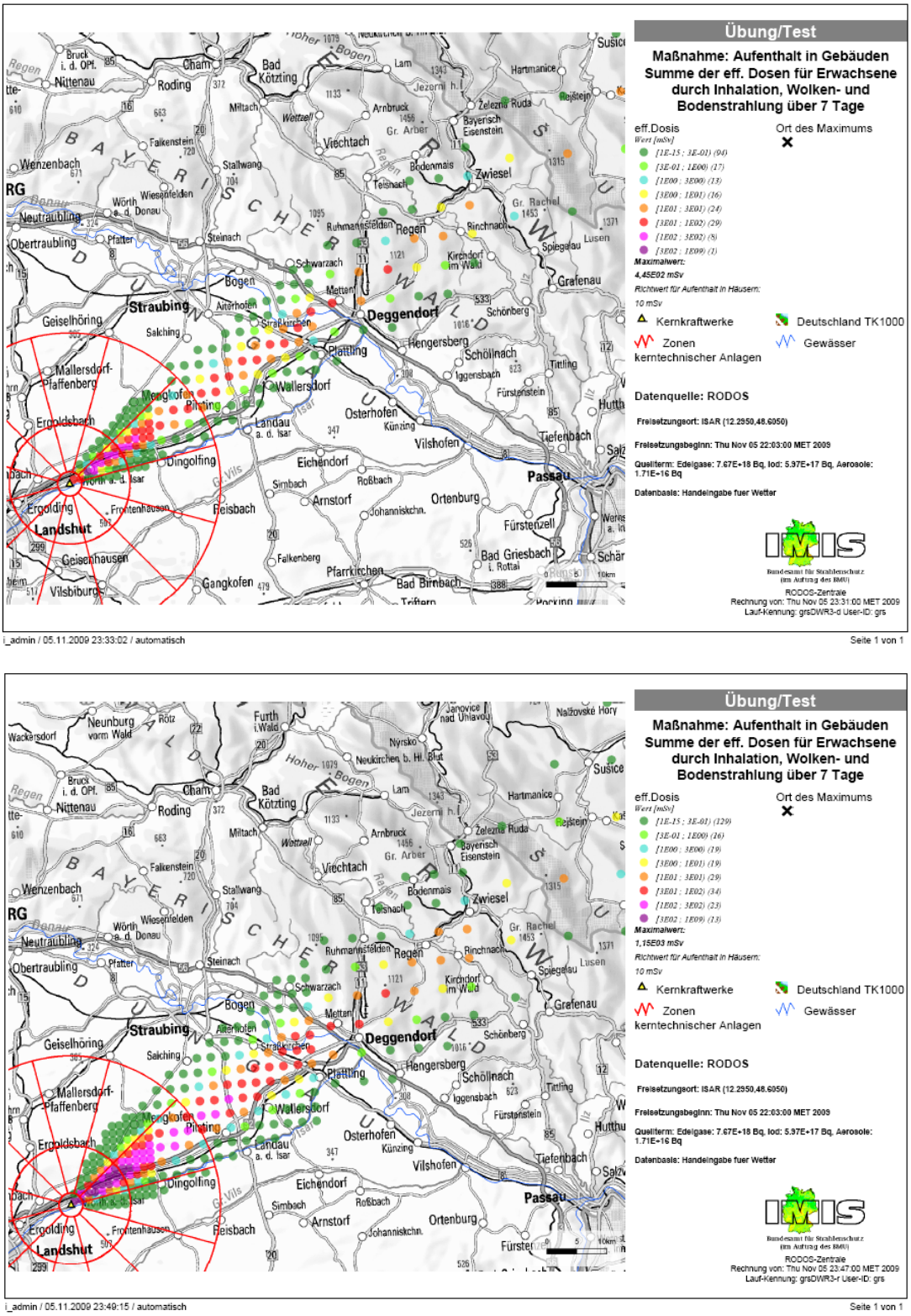


Abb. 3.33 Szenario DWR 3: RODOS-Simulation der effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

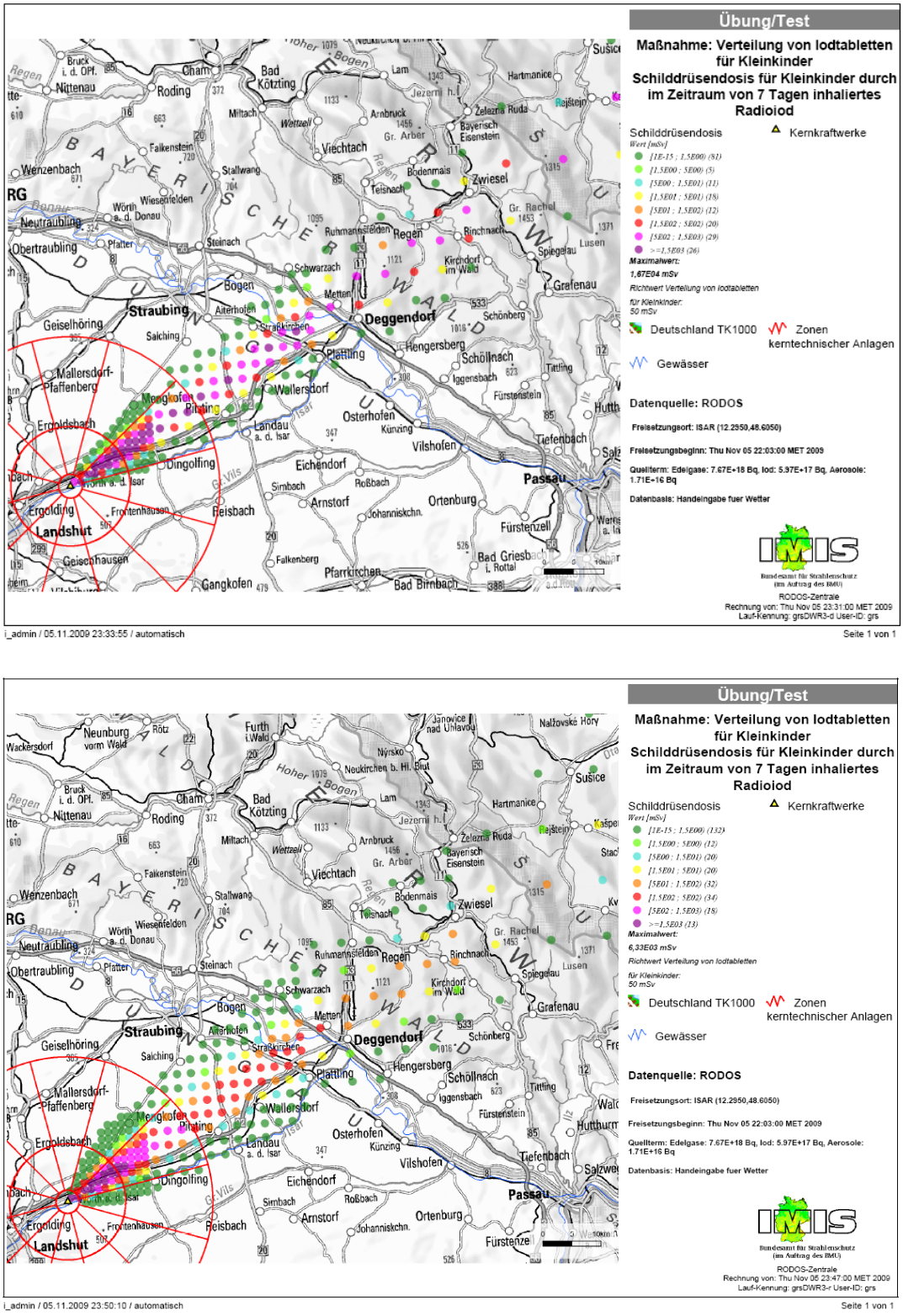


Abb. 3.34 Szenario DWR 3: RODOS-Simulation der Schilddrüsendosis (SD, Kleinkinder) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

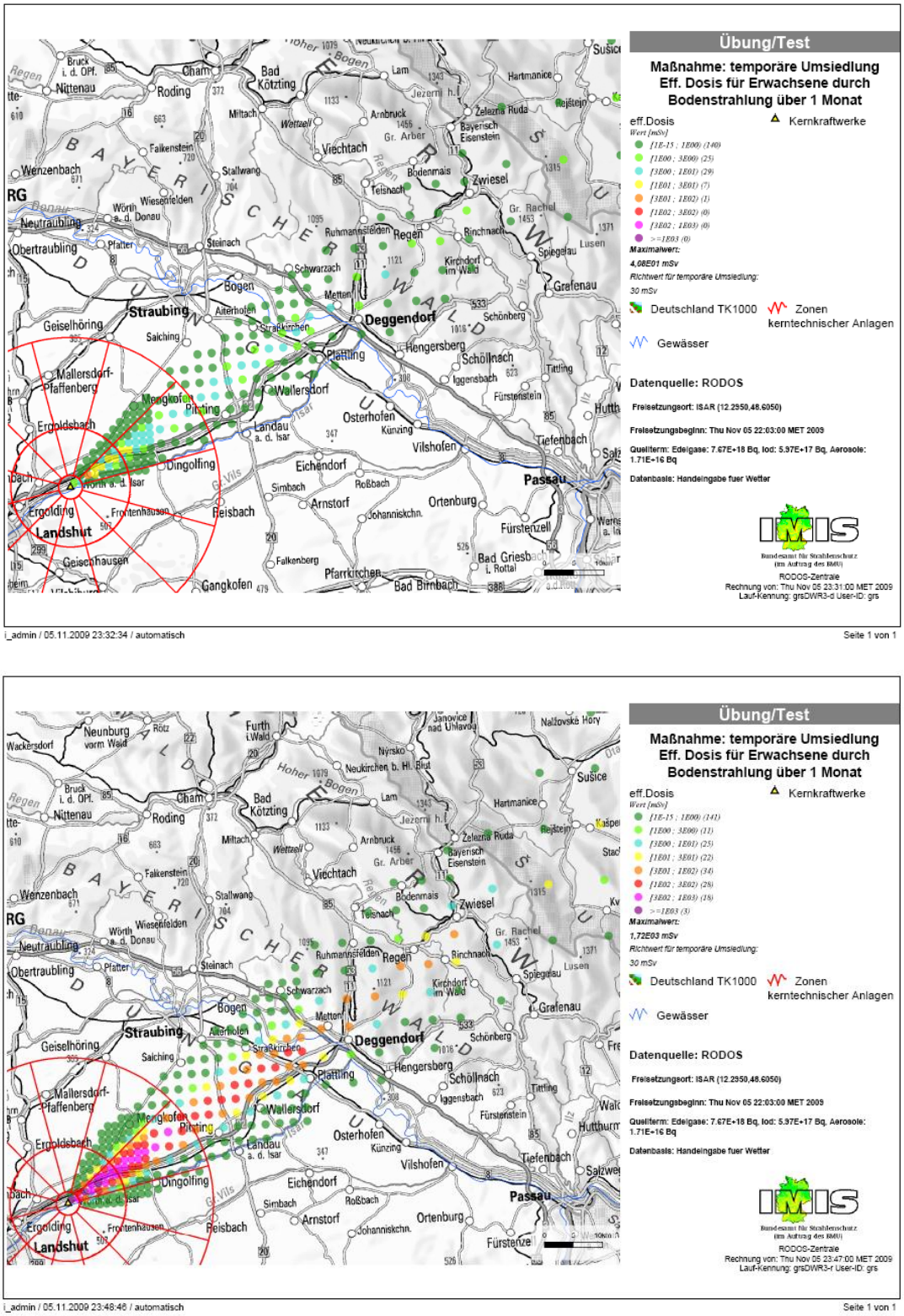


Abb. 3.35 Szenario DWR 3: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „Temporäre Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

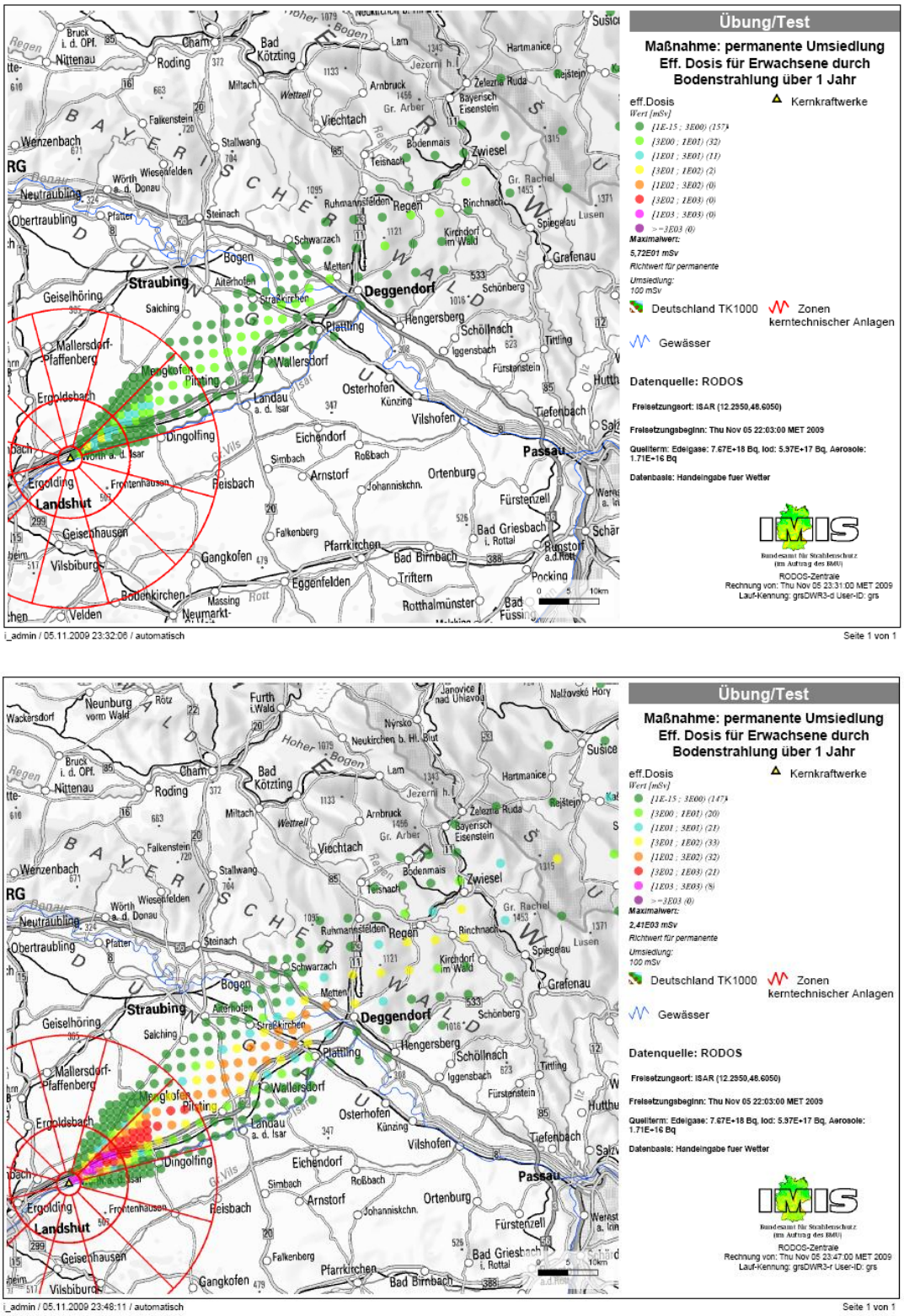


Abb. 3.36 Szenario DWR 3: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „permanente Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

3.4 Übungsszenarien für die SWR-Referenzanlage

3.4.1 Anlagencharakteristik in Bezug auf die Übungsszenarien

Die SWR-Referenzanlage gehört zur Baulinie 69. Für Übungsszenarien mit erheblicher Radionuklidfreisetzung sind folgende Anlageneigenschaften von besonderer Bedeutung /GRS 06a, GRS 06b/:

– Wenn sich eine Kernschmelze entwickelt, ist die Wahrscheinlichkeit für ein relativ schnell einsetzendes Versagen des RDB und des SB relativ hoch, verbunden mit entsprechend hohen Radionuklidfreisetzungen.

– Radionuklidfreisetzungen geschehen überwiegend durch den Kamin – selbst dann, wenn unfallbedingt Gebäudeschäden entstehen.

Für die hier vorzubereitenden Übungsszenarien ist es von besonderem Interesse, welche Meldungen aus der Anlage an die Behörden zu erwarten sind. Es kommen grundsätzlich folgende Informationswege in Betracht:

Kernreaktor-Fernüberwachungssystem (KFÜ): Es übermittelt sowohl im Normalbetrieb als auch bei Störungen in regelmäßigen Zeitabständen automatisch bestimmte Anlagendaten an die Behörden. In den Abschnitten zu den einzelnen Übungsszenarien wird beschrieben, welche Daten dies sind und ob sie aus den zur Verfügung stehenden Unfallsimulationen abgeleitet werden können.

Meldung zu Katastrophen-Voralarm bzw. zu Katastrophenalarm: Diese Meldung wird aus der Anlage per Telefax an die zuständige Katastrophenschutzorganisation gesandt. Die zugehörigen Alarmierungskriterien werden in den nachfolgenden Abschnitten zu den einzelnen Übungsszenarien beschrieben. Es liegen Meldeformulare für eine der Referenzanlage ähnliche Anlage vor. Dieses enthält keine Angaben zum Zustand der Anlagensysteme, sondern lediglich einige meteorologische Daten sowie eine Angabe, ob Emissionen vorliegen oder nicht. Aus den existierenden Unfallsimulationen können derartige summarische Informationen einfach hergeleitet werden.

Lageberichte: Für eine der Referenzanlage ähnliche Anlage liegen Formulare zu Lageberichten aus dem Notfallhandbuch vor. Der Lagebericht ist wie folgt gegliedert; dabei sind Angaben, die nur auf Basis entsprechender RODOS-Rechnungen oder vergleich-

baren Ermittlungen der radiologischen Auswirkungen ermittelt werden können, *kursiv* gedruckt:

– allgemeine Angaben (Zeitpunkt des Ereignisses, Angaben zu Einhaltung von Schutzzielen),

– anlagentechnische Angaben (Funktion von Sicherheitssystemen),

– Zustand des Reaktorkühlkreislaufes und der Integrität des Brennstoffes,

– Zustand des Reaktorsicherheitsbehälters und Prognose seiner weiteren Funktion,

– Zustand in Reaktorgebäude und Maschinenhaus, Funktion der Spülluftanlage,

– Notfallmaßnahmen (durchgeführte und geplante),

– bisherige Emissionen im Überblick (Emissionspfad, freigesetzte Aktivität),

– meteorologische Daten und berechnete Dosisleistungen,

– prognostizierte Emissionen und prognostizierte Dosisleistungen,

– (Zugänglichkeit der relevanten Anlagenräume)[1].

Ferner sind in den Formblättern für den Lagebericht auch frei formulierbare Abschnitte enthalten, in denen das Anlagenpersonal ihm wesentlich erscheinende zusätzliche Informationen geben kann. Die nicht kursiv gesetzten Informationen werden in Übungs-Lageberichten zusammengestellt. Die Häufigkeit, mit der Lageberichte von der Anlage in der Übung abgesendet werden, wird wie folgt festgelegt: Der erste Lagebericht geschieht kurz nach Übergang vom Betriebs- in das Notfallhandbuch, wenn Schutzziele nach den Vorgaben des Betriebshandbuches nicht mehr eingehalten werden können. Nachfolgende Berichte werden unter folgenden Voraussetzungen abgesendet:

– Das Anlagenpersonal erlangt Kenntnis, dass sich seit dem letzten Lagebericht eine erhebliche Änderung des Anlagenzustandes ergeben hat.

– Das Anlagenpersonal hat seine Einschätzung der Lage seit dem letzten Lagebericht erheblich verändert.

– Es ist mehr als eine Stunde seit dem letzten Lagebericht vergangen.

---

[1] Aus den verfügbaren Unfallanalysen nicht direkt bestimmbar

[2)] Nachfolgende Ereignisse treten im Abstand von einigen Sekunden auf.

3.4.2 Standortcharakteristik

Geographische Verhältnisse

Die Referenzanlage liegt in Südwestdeutschland in der Rheinebene mit Orientierung von Süd-Südwest nach Nord-Nordost in orografisch schwach gegliedertem Gelände. Die nächsten Höhenzüge im Osten und Westen sind jeweils ca. 20 km und 25 km entfernt. Sie erreiche im Westen Höhen bis zwischen 600 m und 700 m. Im Osten verlaufen zwei Höhenzüge geringerer Erhebung (unter 600 m) durch eine Senke getrennt von West-Südwest nach Ost-Nordost. Die nähere Umgebung des Kraftwerks ist durch Agrarflächen, kleinere Waldgebiete und Oberflächengewässer (Altrheinarme, Kiesgruben) geprägt.

Meteorologische Verhältnisse

Aus meteorologischer Sicht zeichnet sich der Standort durch großräumige Kanalisierungseinflüsse durch das obere Rheintal mit vorherrschenden Windrichtungen aus Südwest aus (Abb. 3.37). Sekundäre Maxima der Windrichtungshäufigkeit liegen Nordrichtung sowie in Nordost bis Ost. Diese Charakteristik ist auf Kanalisierungseffekte entlang des Flusstales und die orografische Gliederung östlich des Standortes zurückzuführen.

Am Standort herrschen neutrale Schichtungen (Kategorien C und D mit insgesamt 62 % aller Fälle) vor, gefolgt von stabilen Schichtungen (Kategorien E und F mit zusammen ca. 31 % aller Fälle). Windgeschwindigkeiten Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse sind als typisch für die Oberrheinregion zu bezeichnen.

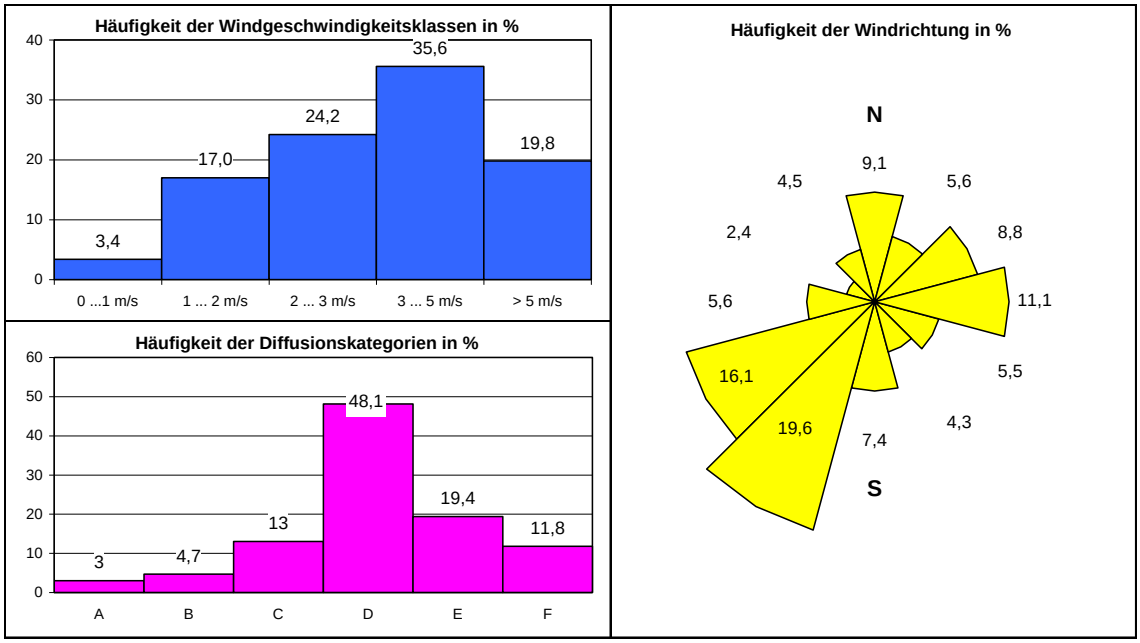


Abb. 3.37 Statistik der Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Diffusionskategorien am Standort der SRW-Referenzanlage.

Besiedlung

Der nächstgelegene Ort mit ca. 6000 Einwohnern hat sein Zentrum südöstlich der Anlage in ca. 2 km Entfernung und reicht mit seiner Besiedelung bis etwa 1,3 km an die Anlage heran. Zwei weitere Ortschaften mit zusammen ca. 500 Einwohnern liegen mit Entfernungen des Ortskerns von jeweils ca. 3 km gerade außerhalb der Zentralzone. Die nächste größere Stadt mit etwa 50 000 Einwohnern liegt nördlich in ca. 5,5 km Entfernung (Siedlungsgrenze), eine weitere Stadt mit 10 000 Einwohnern im Südwesten in ca. 5 km Entfernung. In die Außenzone reichen im Norden und Nordosten drei Großstädte mit Einwohnerzahlen von 150 000, 170 000 und 330 000 Menschen bis zu einer Distanz von jeweils ca. 20 km hinein. Eine weitere Großstadt (290 000 Einwohner) berührt mit ihrer Siedlungsfläche im Süden die Außenzone. Insgesamt wohnen in der Zentralzone ca. 9000, in der Mittelzone etwa 120 000 und in der Außenzone etwa 700 000 Menschen.

3.4.3 Alarmierungskriterien und KFÜ-Signale

Für jedes Übungsszenario werden das Erreichen von Alarmierungskriterien und der Zeitverlauf von Signalen der Kernreaktor-Fernüberwachung (KFÜ) dokumentiert, soweit dies auf Grundlage der jeweiligen MELCOR-Rechnung möglich ist.

Für den Vergleich der berechneten Anlagenparameter mit Alarmierungskriterien wurde die Alarmordnung zu Grunde gelegt. Es wurde untersucht, wann die speziellen Anlagenkriterien für Voralarm und Katastrophenalarm erfüllt sind. Die tatsächlichen Alarmierungen werden nicht notwendigerweise zu diesen Zeitpunkten erfolgen, da einerseits bereits dann zu alarmieren ist, wenn die in den Kriterien beschriebenen Gefährdungen (voraussichtlich) nicht abgewendet werden können, andererseits aber die Erfüllung von Kriterien unter Umständen erst verzögert erkannt werden könnte.

Für die folgenden, direkt von der Anlage gelieferten KFÜ-Signale kann der Zeitverlauf aus den MELCOR-Rechnungen extrahiert werden:

– Füllstand und Druck des Reaktordruckbehälters,

– Kerninnentemperatur,

– Füllstand und Temperatur der Kondensationskammer,

– Druck im Sicherheitsbehälter, im Ringspalt und im Maschinenhaus,

– Volumenstrom im Abluftkamin,

– Aktivitätskonzentrationen von Edelgasen, Iod-131 und Aerosolen in der Kaminfortluft.

Die Hochdosisleistung in der Kaminfortluft wird mit Hilfe eines der Alarmordnung entnommenen Kalibrierfaktors aus den Aktivitätskonzentrationen ermittelt. Da die in den Übungsszenarien auftretenden Freisetzungen in der Regel nicht dem dafür zu Grunde gelegten Nuklidgemisch entsprechen, ist diese Umrechnung als Näherung zu verstehen.

Anhand des jeweiligen Unfallablaufs können über einige weitere KFÜ-Signale wie beispielsweise die Spannung an Notstrom- und Eigenbedarfsschienen, der Neutronenfluss, die Generatorschalterstellung oder das Reaktorschutzsummensignal Angaben gemacht werden.

Einige wenige Signale wie z. B. die Dosisleistung im oberen Ringraum oder im Maschinenhaus sind nicht verfügbar, da sie auf Basis der vorliegenden Daten nicht ermittelt werden konnten.

3.4.4 Übungsszenario SWR 1: Transiente infolge kompletten Spannungsausfalls, Versagen der automatischen Druckentlastung mit der gefilterten Druckentlastung der Kondensationskammer als Notfallmaßnahme; Hochdruck-Fall bei Kernschmelzen und Versagen des RDB

3.4.4.1 Unfallablauf in der Anlage bis zur Freisetzung in die Umgebung

Dieses Übungsszenario basiert auf dem in /GRS 06a/ untersuchten Fall „Station Black-Out mit gefilterter Druckentlastung des SB (HD-Fall)“.

3.4.4.1.1 Randbedingungen und charakteristische Ereignisse

Die wesentlichen Randbedingungen für diesen Fall sind:

– kompletter Spannungsausfall inklusive der Notstromversorgung der Sicherheitssysteme und des USUS-Systems,

– Ausfall des TJ-Systems,

– Ausfall der automatischen Druckentlastung des RDB, somit hoher RDB-Druck während der Kernzerstörung und bei RDB-Versagen,

– Ausfall aller Lüftungssysteme mit Beginn des Ablaufs, passive Abströmung vom MH über den Kamin bleibt möglich wegen nicht absperrbarer Abluftleitung,

– Annahme der Verfügbarkeit der notwendigen Systeme, um gefilterte Druckentlastung des SB bei Erreichen von 4,25 bar gemäß NHB durchführen zu können.

Charakteristische Ereignisse des berechneten Ablaufs sind in Tab. 3.15 aufgelistet (vgl. Tab. 5.7-1 in /GRS 06a/).

Tab. 3.15 Charakteristische Ereignisse (Szenario SWR 1)

Ereignis	Zeitpunkt
Totaler Spannungsausfall bei 100 % Nennleistung, RESA, TUSA, Ausfall aller Verbraucher inkl. der Lüftungssysteme, passive Abströmung aus MH über Kamin möglich	0 s
L_{RDB} < 14,12 m	1,8 s
L_{RDB} < 14,02 m (tief 1)	2,2 s
L_{RDB} < 13,67 m (tief 2)	3,5 s
p_{FD} > 7,5 MPa, erstes Öffnen eines S+E-Ventils	5,8 s
L_{RDB} < 12 m (sehr tief 1) Hilfsdampf-Abschluss, FD-ISO-Abschluss	366 s
L_{Koka} > 16,59 m	407 s
L_{RDB} < 11,75 m (sehr tief 2)	425 s
L_{Koka} > 16,64 m (sehr hoch)	0:17 h
L_{RDB} < 10,50 m (äußerst tief 1)	0:17 h
L_{RDB} < 10,00 m (äußerst tief 2)	0:22 h
1. TF - Start versagt	0:40 h
Brennstabbersten - Beginn Freisetzung von Spaltprodukten	**0:58 h**
Beginn des Versagens von Steuerstäben, T > 1450 K	**1:12 h**
Öffnen von Klappen zwischen SAR und DK	1:19 h
BF Lining-Raum - Flur 1.2 (A01.32-A01.34, -6,5 m) AUF	2:09 h
Beginn des Versagens von Brennstäben, T > 2500 K	**2:35 h**
Beginn des Absturzes von Kernschmelze ins untere Plenum	**2:38 h**
Beginn 1. Koka-Venting bei p_{Koka} > 4,25 bar abs.	**4:35 h**
Ende 1. Koka-Venting bei $p_{Koka} \leq$ 2,6 bar abs.	**4:45 h**
Versagen von RDB-Durchdringungen	**8:59 h**
Beginn 2. Koka-Venting bei p_{Koka} > 4,25 bar abs.	**8:59 h**
p_{RDB} < 3 bar	9:07 h
Ende 2. Koka-Venting bei $p_{Koka} \leq$ 2,6 bar abs.	**9:09 h**
Beginn der Versagens von St.Stab-Führungsrohren	9:42 h
Beginn Austrag von Schmelze zum SAR	**9:50 h**
Versagen SAR, Schmelzeumlagerung in den Lining-Raum, Beginn Beton-Schmelze-Wechselwirkung	**9:52 h** [2)]
Überdruckversagen SB im Bereich des SAR	**-**

[2)] Nachfolgende Ereignisse treten im Abstand von einigen Sekunden auf.

Ereignis	Zeitpunkt
BF Lining-Raum - Flur 1.2 (A01.32-A01.34, -6,5 m) AUF DAK Lining-Raum - Flur 1.1 auf -4,5 m AUF DAK Lining-Raum - Flur 1.2 auf -4,5 m AUF Tor RG - MH auf 0 m AUF Tür Flur 1.2 - Vorraum 2 auf -6,5 m AUF BF Flur 1.1 - MH0 auf -6,5 m AUF Klappe Flur 2 - Montageschacht auf 5,5 m AUF Klappe gr. Montageschacht - RG B.-Bühne auf 39,4 m AUF	9:52 h
Beginn H_2-Verbrennung im Lining-Raum / Dichtspalt des SB	**9:52 h**
Klappe Flur 9.1 - RG B.-Bühne auf 39,4 m AUF Tür Flur 1.2 - Treppenhaus 1 auf -6,5 m AUF Tür Rohrltgs.-Bühne - Flur 3.1 auf 5,5 m AUF Klappe Flur 3.1 - Flur 4.1 auf 11 m AUF Klappe Flur 4.1 - Flur 5.1 auf 16 m AUF Klappe Flur 5.1 - Flur 6 auf 21 m AUF **Tür Treppenhaus 1 - Eingangsb. RG auf 0m AUF** **Tür Eingangsb. RG - BWS-G. - Umgebung auf 0 m AUF** BF Rohrltgs.-Bühne - MH auf 16 m AUF Klappe Flur 6 - Flur 7 auf 25,9 m AUF	9:52 h
Ausbreitung H_2-Verbrennung in Flure -6,5 m des RG Tür Vorraum 2 - Treppenhaus 2 auf -6,5 m AUF BF Flur 1.1 - Pumpen-R. 1,4 auf -3 m AUF Klappe Flur 2 - Montageschacht auf 5,5 m AUF Klappe gr. Montageschacht - RG B.-Bühne auf 39,4 m AUF Tür Montageschacht - Flur 3.2 auf 5,5 m AUF Tür Pumpen-R. 1,4 - Flur 2 auf 0 m AUF Tür Montageschacht - Flur 5.2 auf 16 m AUF Tür Pumpen-R. 2,3 - Flur 2 auf 0 m AUF Tür Montageschacht - Flur 4.2 auf 11 m AUF	9:52 h
Ausbreitung H_2-Verbrennung in TH2 und Flur 2 auf 0 m des RG	**9:52 h**
Dachluken MH > 66 mbar AUF	**9:52 h**
Dachluken MH < 46 mbar ZU	**9:53 h**
Ausbreitung H_2-Verbrennung in Zugangsbereich RG	**9:53 h**
Tür RG-Sumpf - Flur 1.2 auf -6,5 m AUF	9:53 h
wiederholt H_2-Verbrennung im Bereich um den Lining-Raum	>9:54 h
erste H_2-Verbrennung im Bereich des SAR	>11:30 h
erste H_2-Verbrennung innerhalb des SB	>12 h
Ende	33:20 h

3.4.4.1.2 Verlauf relevanter Anlagenparameter

Im Hinblick auf die Alarmierungskriterien ist insbesondere der RDB-Füllstand von Interesse (Abb. 3.38). Außerdem wird der Überdruck im Sicherheitsbehälter dargestellt (Abb. 3.39).

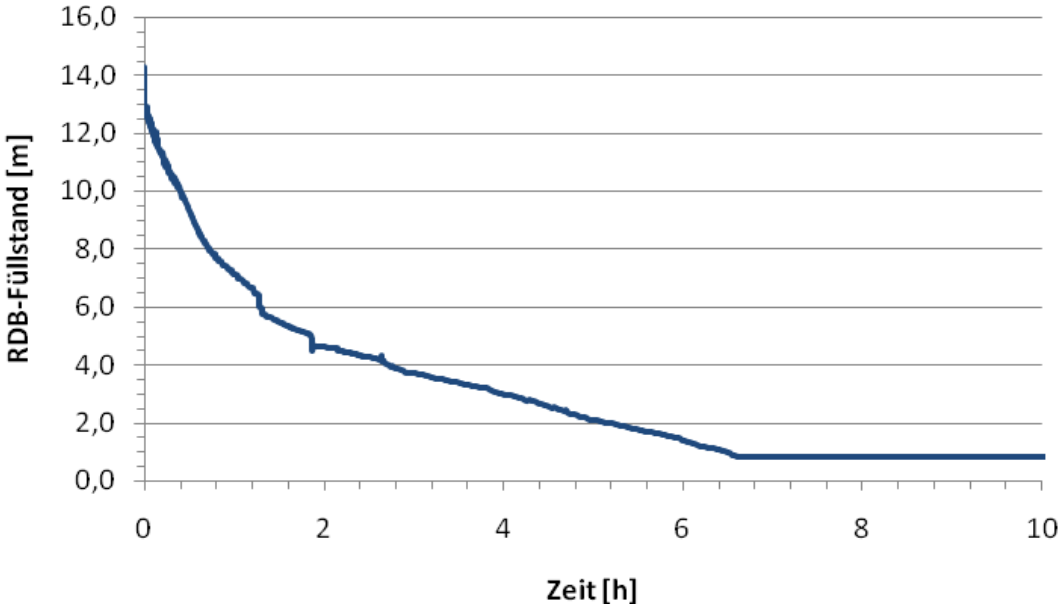


Abb. 3.38 RDB-Füllstand (Szenario SWR 1)

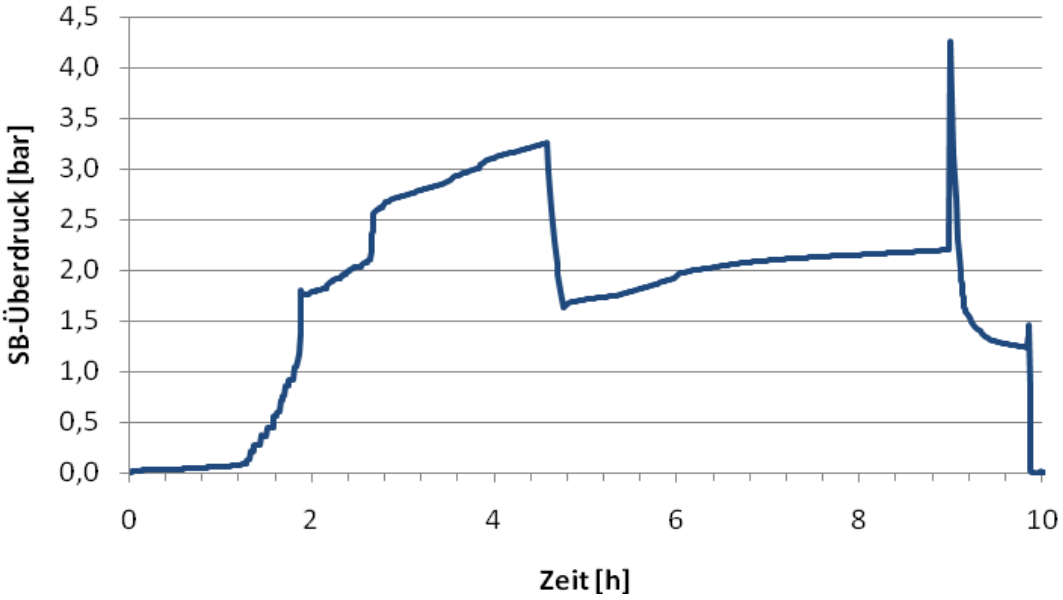


Abb. 3.39 SB-Überdruck (Szenario SWR 1)

Vergleich mit Alarmierungskriterien

Voralarm:

Nach ca. 50 Minuten liegt der Füllstand des Reaktordruckbehälters für mehr als 25 Minuten unterhalb von 10 m. Damit liegt erstmals ein Kriterium für Voralarm (Gefährdung des Schutzziels Kernkühlung) vor. Allerdings wird bereits ca. 10 Minuten früher ein Kriterium für Katastrophenalarm erreicht.

Katastrophenalarm:

Nach ca. 40 Minuten liegt der Füllstand des Reaktordruckbehälters bei fallender Tendenz für mehr als 5 Minuten unterhalb von 8,8 m. Damit wird, bevor überhaupt ein Voralarmkriterium vorliegt, bereits erstmals ein Kriterium für Katastrophenalarm (Gefährdung des Schutzziels Kernkühlung) erreicht.

3.4.4.1.3 Quellterm, Freisetzungsverlauf in die Umgebung

Der Freisetzungsverlauf in die Umgebung wurde in Form eines RODOS-Eingabedatensatzes im XML-Format definiert. Die grundsätzlichen Bemerkungen in Abschnitt 3.3.4.1.3 gelten weiterhin. Für die SWR-Übungsszenarios wird das Aktivitätsinventar direkt den Berechnungen entnommen, die auch zur Festlegung der Nachzerfallsleistungen in den zugehörigen MELCOR-Rechnungen verwendet wurden. Bezüglich des Iodquellterms wurde basierend auf /GRS 06a/ angenommen, dass während der Freisetzungsphase $1{,}0 \cdot 10^{-4}$ des Iodkerninventars pro Stunde in flüchtiger Form mit konstanter Rate in die Umgebung der Anlage austritt (I_2 und organische Verbindungen etwa im Verhältnis 27:1).

Der so dokumentierte Freisetzungsverlauf für das Übungsszenario SWR 1 lässt sich wie folgt charakterisieren:

Die Freisetzung beginnt ca. 4,6 Stunden nach dem auslösenden Ereignis mit dem ersten Koka-Venting und erstreckt sich anschließend mit Unterbrechungen über 28,7 Stunden (Ende der Rechnung). Bis auf ein Zeitintervall beträgt die Freisetzungshöhe stets 100 m bei einer thermischen Leistung von 10 MW und einem Volumenstrom von 3 m^3/s durch eine Fläche von 20 m^2. Lediglich zu Beginn der Freisetzung infolge der ersten H_2-Verbrennungen (etwa 5,3 bis 6,1 Stunden nach der ersten Freisetzung) er-

folgt diese auf 1 m Höhe mit einer thermischen Leistung von 3 MW. Der Iodquellterm setzt sich hauptsächlich aus Aerosolen und elementarem I_2 zusammen, wobei letzteres ab ca. 12 Stunden nach Freisetzungsbeginn dominiert. Durch das zweimalige Venting des SB nach 4,6 Stunden und 9 Stunden werden insgesamt 70 % der Edelgase vor SB-Versagen in die Umgebung freigesetzt. Bei diesen gefilterten Druckentlastungen ist die Freisetzung von Aerosolen über den Kamin durch den hohen Rückhaltefaktor des Filters noch gering. Nach SB-Versagen kommt es zu einer kurzfristigen Freisetzung aus den Gebäuden und eine länger andauernden Freisetzung ungefiltert über den Kamin.

Wie in Abschnitt 3.3.4.1.3 werden beispielhaft Ergebnisse für drei Nuklidgruppen in Abb. 3.40 dargestellt. Tab. 3.16 fasst die akkumulierten Aktivitätsfreisetzungen am Ende der Freisetzungsphase zusammen.

Tab. 3.16 Freisetzungen (Szenario SWR 1)

Nuklid	Akkumulierte Aktivität		Freisetzungsanteil[1]	Akk. Aktivität Gruppen
	Gesamt [Bq]	Davon bodennah		
Kr-87	4.5559E+16	4.64 %	3.4922 %	Edelgase
Kr-88	3.0470E+17	10.94 %	17.1502 %	
Xe-133	4.6754E+18	7.75 %	93.0077 %	7.0337E+18 Bq
Xe-135	2.0080E+18	10.35 %	131,7839 % [2]	davon 8.61 % bodennah
I-131	1.8349E+16	3.99 %	0.7258 %	Iod
I-132	2.4744E+16	4.15 %	0.6662 %	
I-133	2.5289E+16	4.63 %	0.4818 %	7.7603E+16 Bq
I-134	4.9903E+13	0.60 %	0.0009 %	davon 4.32 % bodennah
I-135	9.1712E+15	4.59 %	0.1840 %	
Sr-90	1.5017E+14	37.25 %	0.0521 %	Schwebstoffe
Zr-95	9.3314E+12	38.36 %	0.0002 %	
Mo-99	1.1089E+15	2.81 %	0.0231 %	
Ru-103	5.7523E+09	2.93 %	< 0.0001 %	
Ru-106	2.2074E+09	2.94 %	< 0.0001 %	
Sb-127	2.6481E+14	5.00 %	0.1195 %	
Te-132	6.5093E+16	3.38 %	1.7977 %	8.1883E+16 Bq
Cs-134	7.6132E+15	8.26 %	1.3933 %	davon 5.18 % bodennah
Cs-137	5.3127E+15	8.26 %	1.3939 %	
Ba-140	2.3206E+15	37.47 %	0.0507 %	
La-140	2.9413E+12	17.46 %	0.0001 %	
Ce-144	7.7975E+12	38.31 %	0.0002 %	
Pu-238	1.8606E+10	38.29 %	0.0002 %	Transurane
Pu-241	9.2065E+11	38.30 %	0.0002 %	
Cm-242	8.2354E+10	17.25 %	0.0001 %	1.0247E+12 Bq
Cm-244	3.1185E+09	17.24 %	0.0001 %	davon 36.54 % bodennah

[1] Bezogen auf Anfangsaktivität zu Ereignisbeginn
[2] Der Freisetzungsanteil von über 100% der Anfangsaktivität resultiert aus der Zunahme der Xe-135–Aktivität von 1.52 E+18 Bq bei RESA bis auf Werte von 2.31 E+18 Bq kurz nach Freisetzungsbeginn

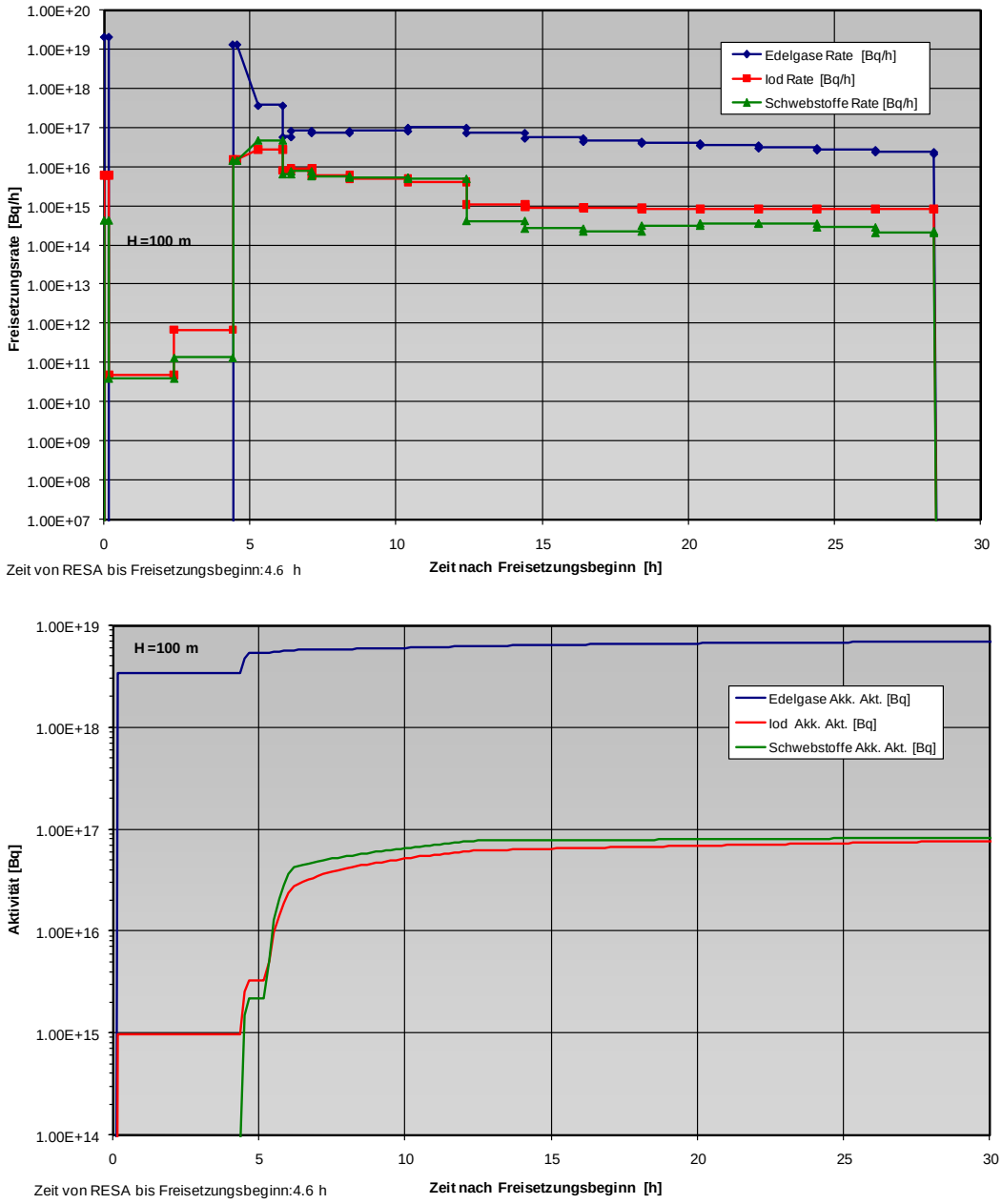


Abb. 3.40 Freisetzungsraten (oben) und akkumulierte Freisetzungen (unten) für die Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe im Szenario SWR 1.

3.4.4.1.4 Auslösung von Meldungen aus der Anlage

Für dieses Übungsszenario wird angenommen, dass etwa 15 Minuten nach Beginn des Unfalls Voralarm ausgelöst wird, da wegen des anhaltenden totalen Spannungsausfalls mit einer Gefährdung von Schutzzielen zu rechnen ist. Gleichzeitig wird ein

erster Lagebericht herausgegeben. Aufgrund des niedrigen RDB-Füllstands wird nach ca. 40 Minuten Katastrophenalarm gegeben und kurz darauf ein zweiter Lagebericht erstellt. Weitere Lageberichte erfolgen anschließend in etwa stündlich bzw. kurz nach besonderen Entwicklungen (z. B. Durchführung des Koka-Ventings, Anzeichen für Durchschmelzen des RDB oder Versagen des SB mit Folgeschäden).

3.4.4.2 Radiologische Auswirkungen und Gegenmaßnahmen

3.4.4.2.1 Grobanalyse radiologischer Auswirkungen

Die Ergebnisse des Screenings radiologischer Auswirkungen für das Szenario SWR 1 sind in Abb. 3.41 dargestellt. Die Dosen aus der Freisetzung über den Kamin (100 m Freisetzungshöhe) wurden mit den Dosen aus der kurzen bodennahen Freisetzungsphase überlagert. Für die zweite Phase (Freisetzung über Lüftungsklappen der Gebäudezuluft) wurden 20 m angesetzt. Durch die Überlagerung ergibt sich der undulierte Kurvenverlauf mit einem lokalen Maximum in Abb. 3.41.

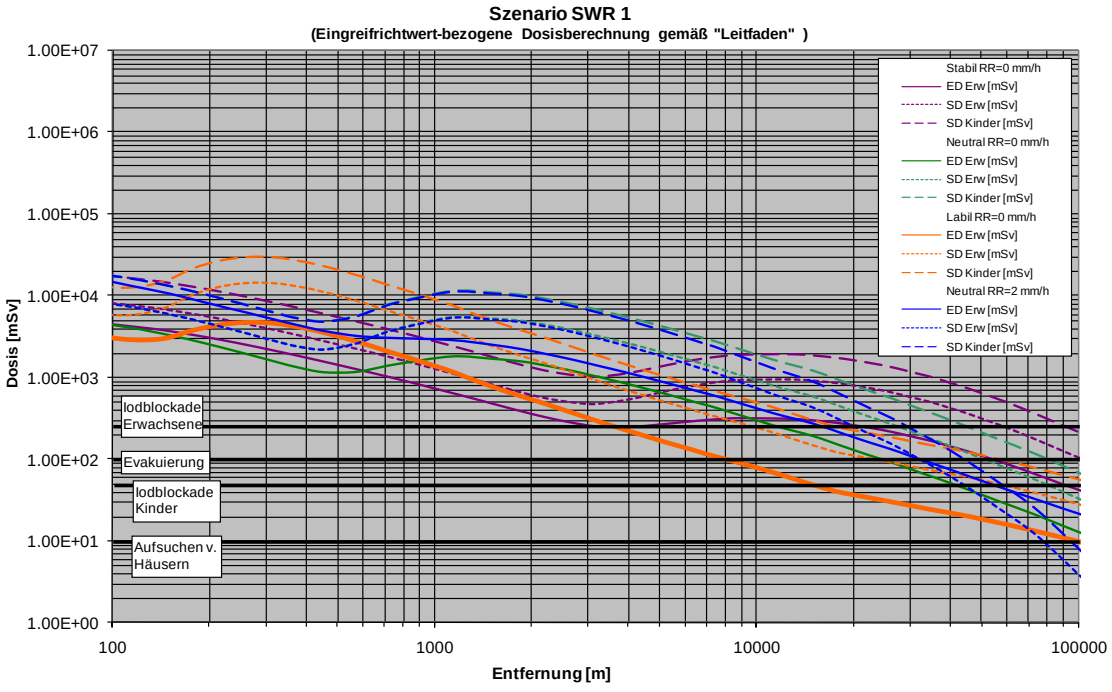


Abb. 3.41 Szenario SWR 1: Effektive Dosis (ED, Erwachsene) und Schilddrüsendosis (SD, Kinder und Erwachsene) unter der Fahnenachse für verschiedene Wetterlagen zum Vergleich mit den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes, berechnet nach /SSK 04/.

Die potenziellen radiologischen Auswirkungen für das Szenario SWR 1 zeichnen sich gegenüber den DWR-Szenarien 1 und 3 durch geringere Maximalwerte aus. Die Überlagerung von bodennahen Quellen mit Kaminfreisetzungen sorgt allerdings für eine langsamere Abnahme der Dosis mit der Entfernung. Der Eingreifrichtwert für Evakuierung (100 mSv ED) wird nach der Grobanalyse für die betrachteten Wettersituationen noch in Entfernungen von bis zu 8 km (labile Schichtung), 25 km/32 km (neutrale Schichtung ohne/mit Regen) oder 50 km (stabile Schichtung) überschritten. Der Eingreifrichtwert für „Aufenthalt in Gebäuden“ wird in allen Wettersituationen noch in 100 km Entfernung überschritten bzw. gerade noch erreicht. Eingreifrichtwerte für Iodblockade werden für Wettersituationen ohne Niederschlag für Kinder (50 mSv SD) noch in 100 km übertroffen, während sich die entsprechenden Entfernungsbereiche bei Niederschlag auf bis zu 60 km erstrecken. Eine Überschreitung des entsprechenden Richtwertes für Erwachsene (250 mSv SD) ergibt sich noch in Entfernungen bis zu 9 km (labile Schichtung) 20 km/30 km (neutrale Schichtung mit/ohne Niederschlag) oder 60 km (stabile Schichtung).

Dauer von Vorfreisetzungs- und Freisetzungsphase

Von der Alarmierung bis zum Beginn nennenswerter Freisetzungen stehen ca. 4 h nach Anstehen der Auslösung von Katastrophenalarm zur Verfügung.

Die gesamte Dauer der Hauptfreisetzungsphase erstreckt sich über etwa 28 Stunden. In diesem Zeitraum ist die Maßnahme „Aufenthalt in Gebäuden“ voraussichtlich nur schwer aufrecht zu erhalten.

3.4.4.2.2 Detailanalyse radiologischer Auswirkungen

Die Ergebnisse der RODOS-Rechnungen sind auszugsweise in Abb. 3.42 bis Abb. 3.45 wiedergegeben. Aus den Abbildungen wurde abgeschätzt, bis zu welchen Entfernungen Maßnahmen des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge erforderlich sind. Das Ergebnis ist in nachfolgender Tab. 3.17 zusammengefasst.

Tab. 3.17 Maßnahmenbewertung nach RODOS-Ergebnissen zum Szenario SWR 1

Szenario: SWR 1				
Abbildung	**Maßnahme**	**Eingreifricht-wert, Kriterium**	**Ausdehnung des Gebiets mit Überschreitung des ER**	
			Ohne Niederschlag	**Mit Niederschlag**
Abb. 3.42	Aufenthalt in Gebäuden	10 mSv ED (Inh., Ext., 7 d)	~60 km	~100 km
	Evakuierung	100 mSv ED (Inh., Ext., 7 d)	~ 5 km	~ 40 km
Abb. 3.43	Verteilung von Iodtabletten, Kinder	50 mSv SD (Inh., WP)	~ 100 km	~ 30 km
o. Abb.	Verteilung von Iodtabletten, Erwachsene	250 mSv SD (Inh., WP)	~ 10 km	~ 5 km
Abb. 3.44	Temporäre Umsiedlung	30 mSv ED (Boden, 30 d)	~ 10 km	~ 80 km
Abb. 3.45	Permanente Umsiedlung	100 mSv ED (Boden, 1 a)	< 5 km	~ 80 km
o. Abb.	Verwerfen landwirtschaft-licher Produkte	EU-Höchstwerte (vgl. Tabelle 7-12, MNK)	>> 100 km	>> 100 km

Abkürzungen:

ER: ED: Effektive Dosis; SD: Schilddrüsendosis; Inh.: Inhalation; Ext.: Externe Strahlung; Boden.: Bodenstrahlung; WP: Wolkenphase, ER: Eingreifrichtwert.

MNK: „Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen“ (Maßnahmenkatalog) Stand 2000.

Im Vergleich mit der Grobanalyse nach der Methodik des „Leitfadens für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen“ (/SSK 04/, Kapitel 3) werden durch die RODOS-Rechnungen die Auswirkungen im Nahbereich < 10 km sowie in trockenen Situationen tendenziell auch in größeren Entfernungen moderater eingeschätzt. Die Unterschiede zwischen Simulationen ohne Niederschlag und mit Niederschlag fallen in den RODOS-Rechnungen entsprechend stärker aus.

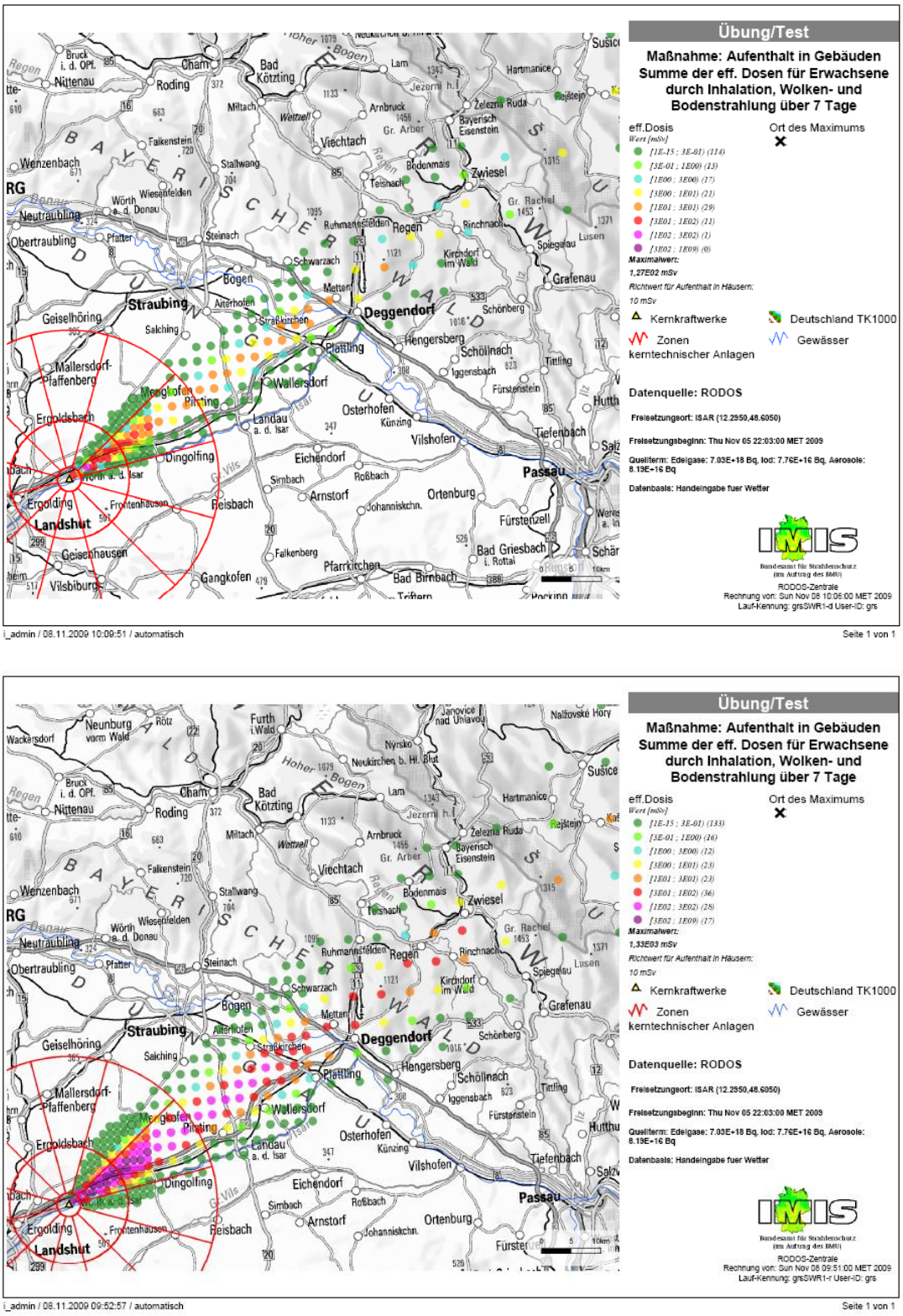


Abb. 3.42 Szenario SWR 1: RODOS-Simulation der effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

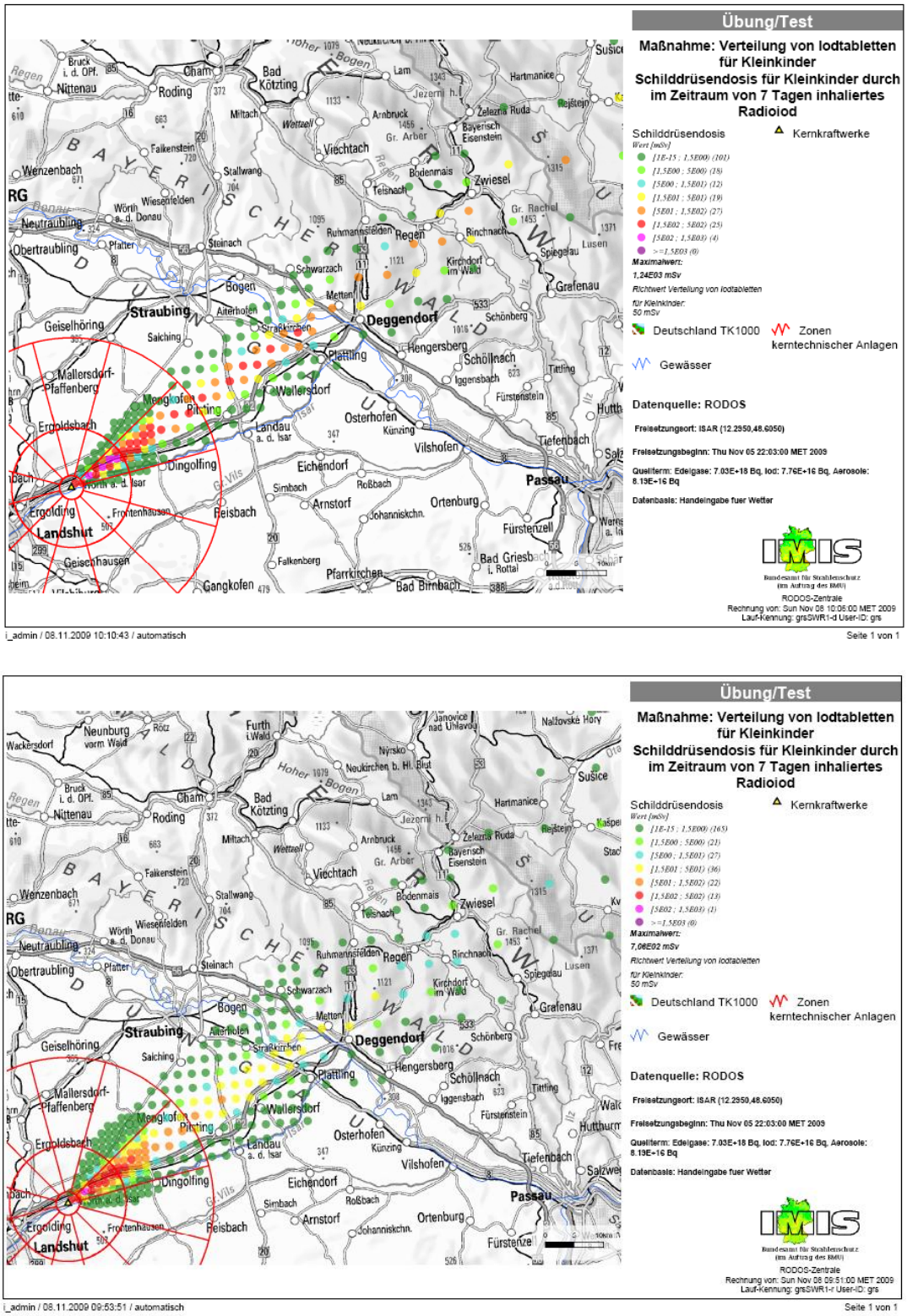


Abb. 3.43 Szenario SWR 1: RODOS-Simulation der Schilddrüsendosis (SD, Kleinkinder) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

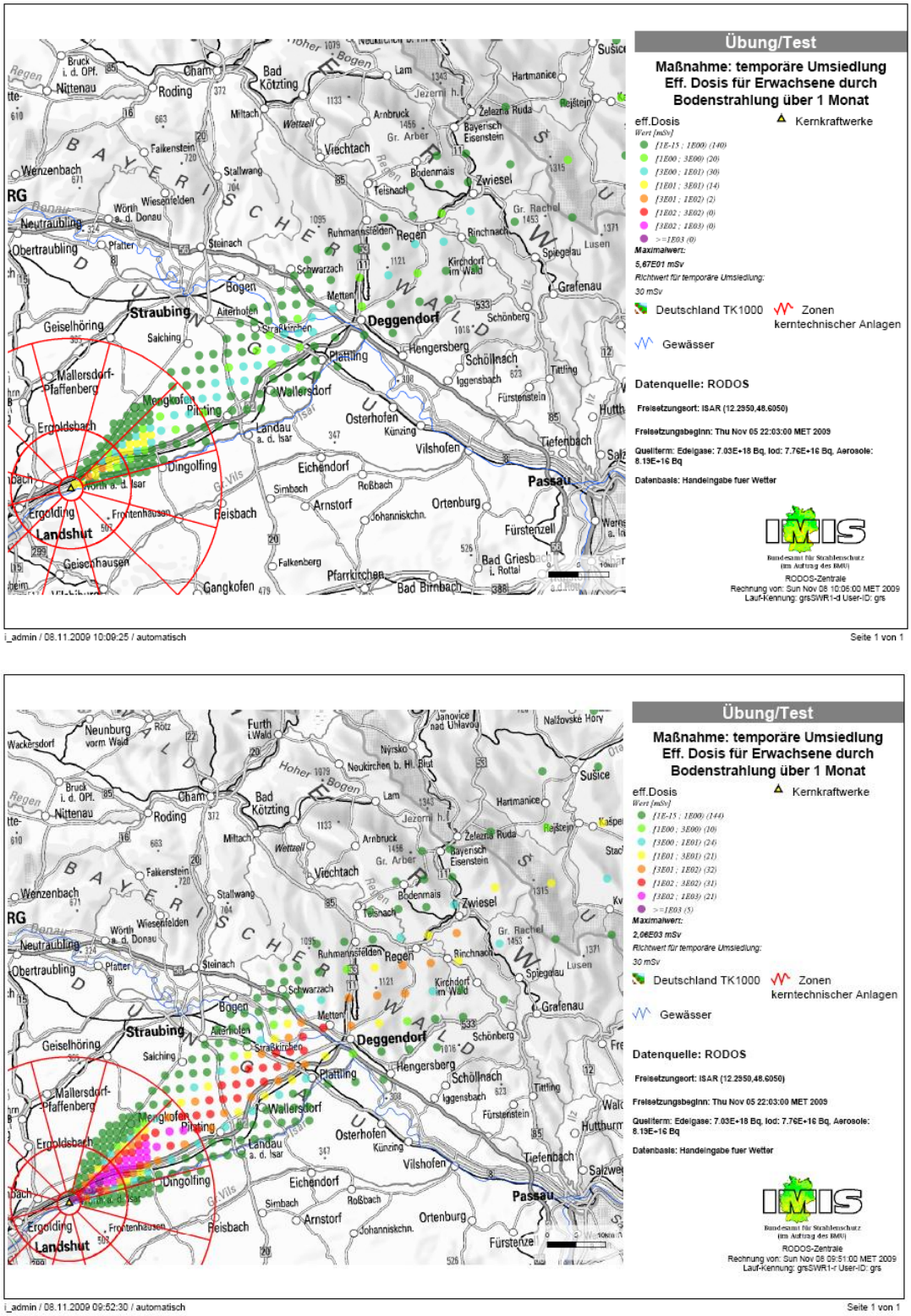
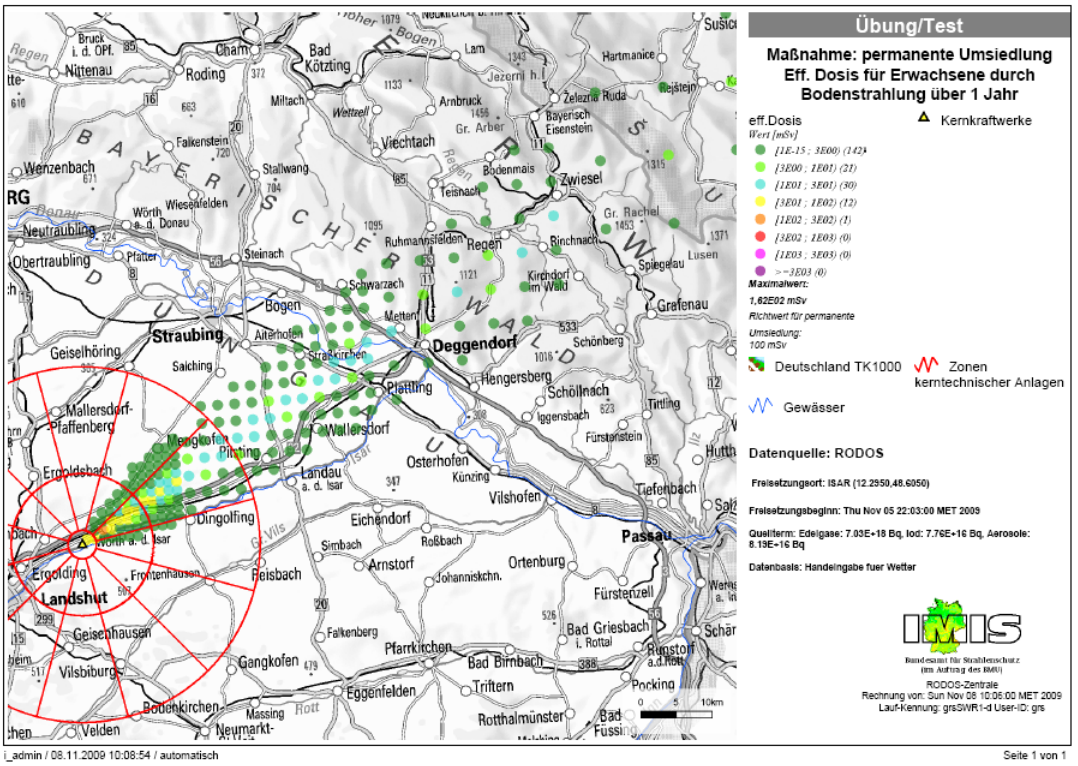


Abb. 3.44 Szenario SWR 1: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „Temporäre Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.



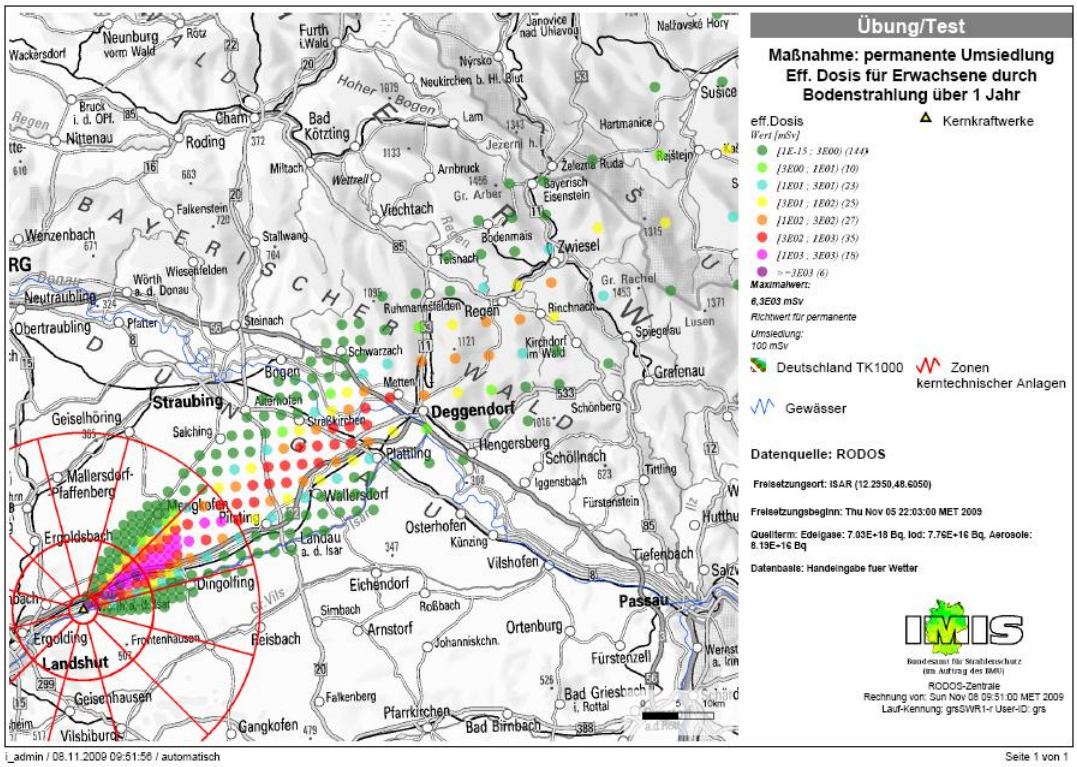


Abb. 3.45 Szenario SWR 1: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „permanente Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

3.4.5 Übungsszenario SWR 2: Leck in Speisewasserleitung mit 80 cm², Versagen aller Sicherheitseinspeisungen in den RDB; Niederdruck-Fall beim Kernschmelzen auch infolge automatischer Druckentlastung

3.4.5.1 Unfallablauf in der Anlage bis zur Freisetzung in die Umgebung

Dieses Übungsszenario basiert auf dem in /GRS 06a/ untersuchten Fall „80 cm^2-Leck in der Speisewasserleitung mit Versagen der Sicherheitseinspeisungen in den RDB (ND-Fall)“.

3.4.5.1.1 Randbedingungen und charakteristische Ereignisse

Die wesentlichen Randbedingungen für diesen Fall sind:

– Leck der Größe 80 cm² in einer Speisewasserleitung innerhalb des SB,

– kompletter Ausfall der Notkühlsysteme TH, TK und TJ einschließlich des USUS-Systems (inklusive der Funktion zur Koka-Kühlung) zum Zeitpunkt 0 s, Berücksichtigung der Systeme TC, TE und YT/RS,

– automatische Druckentlastung des RDB erfolgt, vier S+E-Ventile werden geöffnet,

– Umluftsystem im SB läuft bis zum RDB-Versagen weiter, Wärmeabfuhr aus dem System wird wegen des Gebäudeabschlusssignals unterbrochen, durch den Weiterbetrieb des Systems kommt es zu einer intensiven zusätzlichen Vermischung der in den SB freigesetzten Gase und des Dampfes,

– Rückförderung von Luft aus dem Dichtspalt in den SB zur Unterdruckhaltung wird bei SB-Versagen von Hand ausgeschaltet, da danach ein Weiterbetrieb nicht sinnvoll ist,

– Lüftungssysteme in RG (nur Unterdruckhaltung simuliert) und MH wurden mit SB-Versagen abgeschaltet (Annahme),

– passive Ausströmung aus dem MH über die Abluftleitung und den Kamin wird simuliert.

Charakteristische Ereignisse des berechneten Ablaufs sind in Tab. 3.18 aufgelistet (vgl. Tab. 6.4-1 in /GRS 06a/).

Tab. 3.18 Charakteristische Ereignisse (Szenario SWR 2)

Ereignis	**Zeitpunkt**
Beginn bei 100 % Nennleistung, 80 cm² Leck in einer Speisewasserleitung	0 s
Differenzdruck $\Delta p_{SB\text{-}RG}$ >250 mbar	4 s
RESA, TUSA, DDA ($\Delta p_{SB\text{-}RG}$ >250 mbar + 4 s), Abschalten der Speisewasserpumpen	8 s
L_{RDB} < 14,12 m, Abfahren der ZUP auf min	9 s
L_{RDB} < 14,02 m (tief 1)	10 s
L_{RDB} < 13,67 m (tief 2)	11 s
Abschalten der ZUP	12 s
ADE – Öffnen von vier S+E-Ventilen	14 s
L_{Koka} > 16,64 m (sehr hoch)	28 s
L_{RDB} < 12 m (sehr tief 1)	61 s
L_{RDB} < 11,75 m (sehr tief 2)	65 s
L_{RDB} < 10,50 m (äußerst tief 1)	91 s
L_{RDB} < 10 m (äußerst tief 2), Ende Wasserausströmung über Leck	104 s
p_{RDB} < 0,4 MPa: ZUP-Sperrwasser aus	0:11 h
p_{RDB} < 0,3 MPa, S+E-Ventile fallen zu (Eigengewicht)	0:15 h
Brennstabbersten, Beginn Spaltproduktfreisetzung, T > 1173 K	**0:19 h**
Beginn des Versagens von Steuerstäben, T > 1450 K	**0:22 h**
Beginn des Versagens von Brennstäben, T > 2500 K	**0:42 h**
Beginn des Absturzes von Kernschmelze ins untere Plenum	**0:53 h**
Versagen von RDB-Durchdringungen, Beginn Austrag von Schmelze zum SAR, Versagen SB-Umluftsystem	**0:54 h**
L_{SAR} > 0,8 m, „RDB leer“ – Wasser in SAR ausgetragen	0:55 h
Beginn der Versagens von St.Stab-Führungsrohren	1:41 h
Versagen SAR, Wasseraustrag und Schmelzeumlagerung in den Lining-Raum	**1:48 h**

Ereignis	Zeitpunkt
BF Lining-Raum - Flur 1.1 auf -6,5 m AUF BF Lining-Raum - Flur 1.2 auf -6,5 m AUF Tor RG - MH auf 0 m AUF Tür Flur 1.2 - Vorraum 2 auf -6,5 m AUF Klappe Flur 2 - Montageschacht auf 5,5 m AUF BF Flur 1.1 - MH auf -6,5 m AUF DAK Lining-Raum - Flur 1.1 auf -4,5 m AUF Klappe gr. Montageschacht - RG B.-Bühne auf 39,4 m AUF Klappe Flur 9.1 – RG B.-Bühne auf 39,4 m AUF Tür Flur 1.2 - Treppenhaus 1 auf -6,5 m AUF DAK Lining-Raum - Flur 1.2 auf -4,5 m AUF Tür Rohrltgs.-Bühne - Flur 3.1 auf 5,5 m AUF BF Flur 1.1 - Pumpen-R. 1,4 auf -3 m AUF Tür Vorraum 2 - Treppenhaus 2 auf -6,5 m AUF Klappe Flur 3.1 - Flur 4.1 auf 11 m AUF **Tür Treppenhaus 1 - Eingangsb. RG auf 0 m AUF** Klappe Flur 4.1 - Flur 5.1 auf 16 m AUF **Tür Eingangsb. RG - BWS-G. - Umgebung auf 0 m AUF**	1:48 h
Tür Pumpen-R. 1,4 - Flur 2 auf 0 m AUF BF Rohrltgs.-Bühne - MH auf 16 m AUF Klappe Flur 5.1 - Flur 6 auf 21 m AUF Tür Pumpen-R. 2,3 - Flur 2 auf 0 m AUF Klappe Flur 6 - Flur 7 auf 25,9 m AUF Tür Montageschacht - Flur 3.2 auf 5,5 m AUF Tür Montageschacht - Flur 5.2 auf 16 m AUF Tür Montageschacht - Flur 4.2 auf 11 m AUF Tür Flur 1.2 - Treppenhaus 1 auf -6,5 m AUF **Dachluken MH AUF >66 mbar**	1:48 h
Beginn H_2-Verbrennung in MH 0m und RG Flur 0 m	1:48 h
Dachluken MH ZU <46 mbar	1:49 h
Beginn H_2-Verbrennung in Rohrltgs.schacht und RG Flur -6,5 m	1:49 h
Beginn H_2-Verbrennung in Eingangsbereich RG und TH 1	1:49 h
Ausweitung der H_2-Verbrennungen im RG	>1:50 h
Beginn der Beton-Schmelze-Wechselwirkung	~2:00 h
Beginn wiederholter H_2-Verbrennungen im Lining-Raum	~8:25 h
Ende	41:40 h

3.4.5.1.2 Verlauf relevanter Anlagenparameter

Im Hinblick auf die Alarmierungskriterien ist insbesondere der RDB-Füllstand von Interesse (Abb. 3.46). Außerdem wird der Überdruck im Sicherheitsbehälter dargestellt (Abb. 3.47).

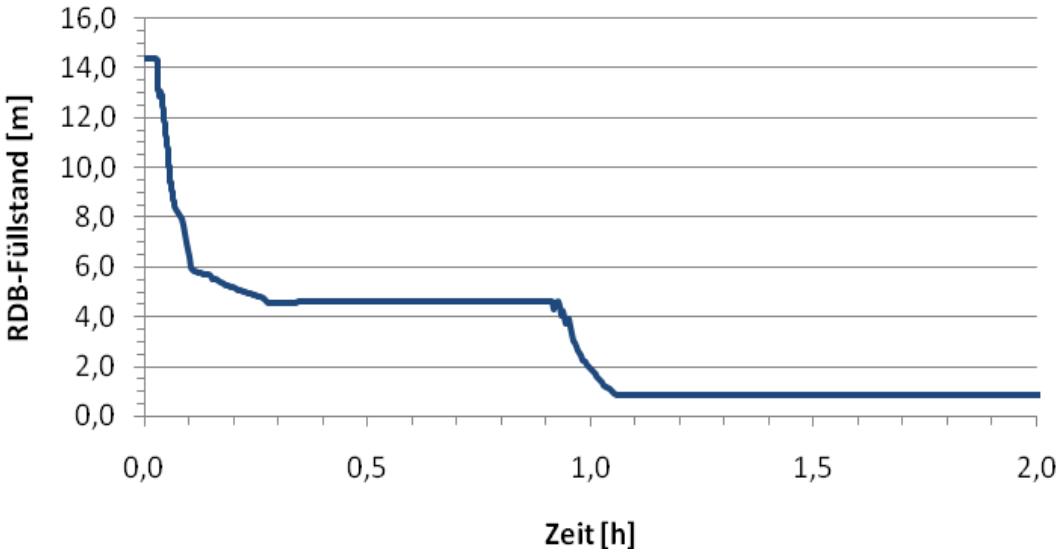


Abb. 3.46 RDB-Füllstand (Szenario SWR 2)

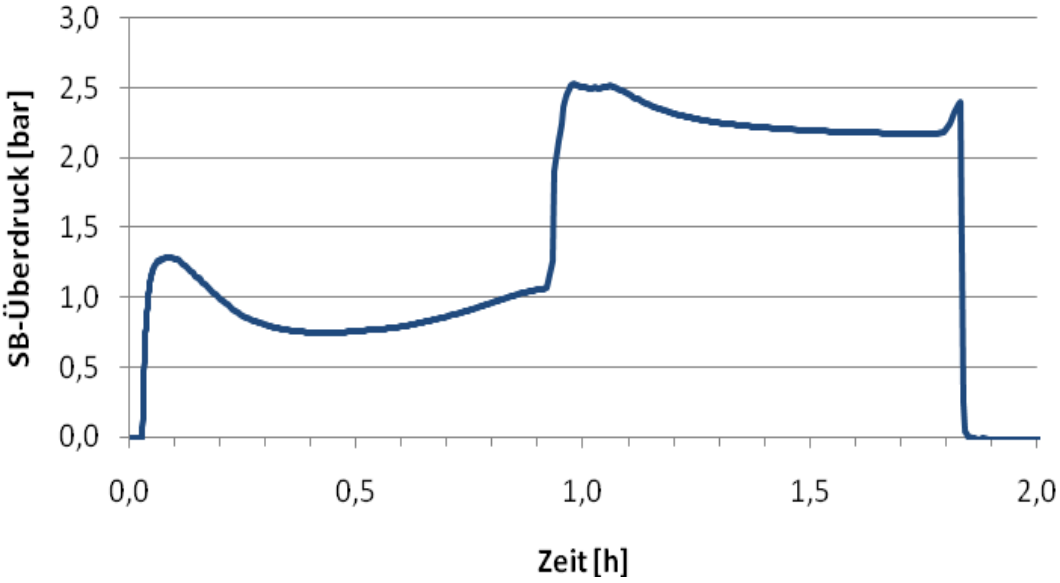


Abb. 3.47 SB-Überdruck (Szenario SWR 2)

Vergleich mit Alarmierungskriterien

Voralarm:

Nach ca. 29 Minuten liegt der Füllstand des Reaktordruckbehälters für mehr als 25 Minuten unterhalb von 10 m. Damit liegt erstmals ein Kriterium für Voralarm (Gefährdung

des Schutzziels Kernkühlung) vor. Allerdings wird bereits ca. 21 Minuten früher ein Kriterium für Katastrophenalarm erreicht.

Katastrophenalarm:

Nach ca. 8 Minuten liegt der Füllstand des Reaktordruckbehälters bei fallender Tendenz für mehr als 5 Minuten unterhalb von 8,8 m. Damit wird, bevor überhaupt ein Voralarmkriterium vorliegt, bereits erstmals ein Kriterium für Katastrophenalarm (Gefährdung des Schutzziels Kernkühlung) erreicht.

3.4.5.1.3 Quellterm, Freisetzungsverlauf in die Umgebung

Der Freisetzungsverlauf in die Umgebung wurde in Form eines RODOS-Eingabedatensatzes im XML-Format definiert. Die grundsätzlichen Bemerkungen in den Abschnitt 3.3.4.1.3 und 3.4.4.1.3 gelten weiterhin.

Der so dokumentierte Freisetzungsverlauf für das Übungsszenario SWR 2 lässt sich wie folgt charakterisieren:

Die Freisetzung beginnt in Folge des SB-Versagens ca. 1,8 Stunden nach dem auslösenden Ereignis und erstreckt sich anschließend kontinuierlich über 39,2 Stunden (Ende der Rechnung). Zu Beginn der Freisetzung erfolgt diese für ca. 20 Minuten auf 1 m Höhe (über das BWS-Gebäude) mit einer thermischen Leistung von 3 MW, anschließend beträgt die Freisetzungshöhe stets 100 m bei einer thermischen Leistung von 10 MW und einem Volumenstrom von 3 m^3/s durch eine Fläche von 20 m^2 (Abströmung aus dem MH über den Abluftkanal und den Kamin). Der Iodquellterm setzt sich hauptsächlich aus Aerosolen und elementarem I_2 zusammen.

Wie in Abschnitt 3.3.4.1.3 werden beispielhaft Ergebnisse für drei Nuklidgruppen in Abb. 3.48 dargestellt. Tab. 3.19 fasst die akkumulierten Aktivitätsfreisetzungen am Ende der Freisetzungsphase zusammen. Dabei wird zusätzlich der prozentuale Anteil der bodennahen Freisetzungen ausgewiesen.

Tab. 3.19 Freisetzungen (Szenario SWR 2)

Nuklid	Akkumulierte Aktivität		Freisetzungsanteil[1]	Akk. Aktivität Gruppen
	Gesamt [Bq]	Davon bodennah		
Kr-87	6.9961E+16	67.69 %	5.3626 %	Edelgase
Kr-88	2.4381E+17	47.88 %	13.7228 %	
Xe-133	4.2069E+18	12.78 %	83.6876 %	5.9666E+18 Bq, 15 % davon bodennah
Xe-135	1.4459E+18	14.44 %	94.8906 %	
I-131	2.9062E+16	40.47 %	1.1495 %	Iod
I-132	3.9642E+16	43.03 %	1.0673 %	
I-133	4.4544E+16	52.67 %	0.8486 %	1.5283E+17 Bq, 54 % davon bodennah
I-134	1.2613E+16	90.42 %	0.2172 %	
I-135	2.6974E+16	69.94 %	0.5411 %	
Sr-90	1.0560E+14	5.81 %	0.0366 %	Schwebstoffe
Zr-95	5.3189E+13	0.00 %	0.0012 %	
Mo-99	7.1853E+14	78.98 %	0.0150 %	
Ru-103	5.5401E+09	78.72 %	< 0.0001 %	
Ru-106	2.1150E+09	78.63 %	< 0.0001 %	
Sb-127	8.3218E+13	31.67 %	0.0376 %	2.8685E+16 Bq, 49 % davon bodennah
Te-132	1.9100E+16	49.75 %	0.5275 %	
Cs-134	4.0818E+15	54.61 %	0.7470 %	
Cs-137	2.8482E+15	54.60 %	0.7473 %	
Ba-140	1.6456E+15	5.90 %	0.0359 %	
La-140	4.3530E+12	8.07 %	0.0001 %	
Ce-144	4.4372E+13	< 0.01 %	0.0012 %	
Pu-238	1.0579E+11	< 0.01 %	0.0013 %	Transurane
Pu-241	5.2369E+12	< 0.01 %	0.0012 %	
Cm-242	1.2146E+11	7.93 %	0.0001 %	5.4688E+12 Bq, 0.2 % davon bodennah
Cm-244	4.5990E+09	7.93 %	0.0001 %	

[1] Bezogen auf Anfangsaktivität zu Ereignisbeginn

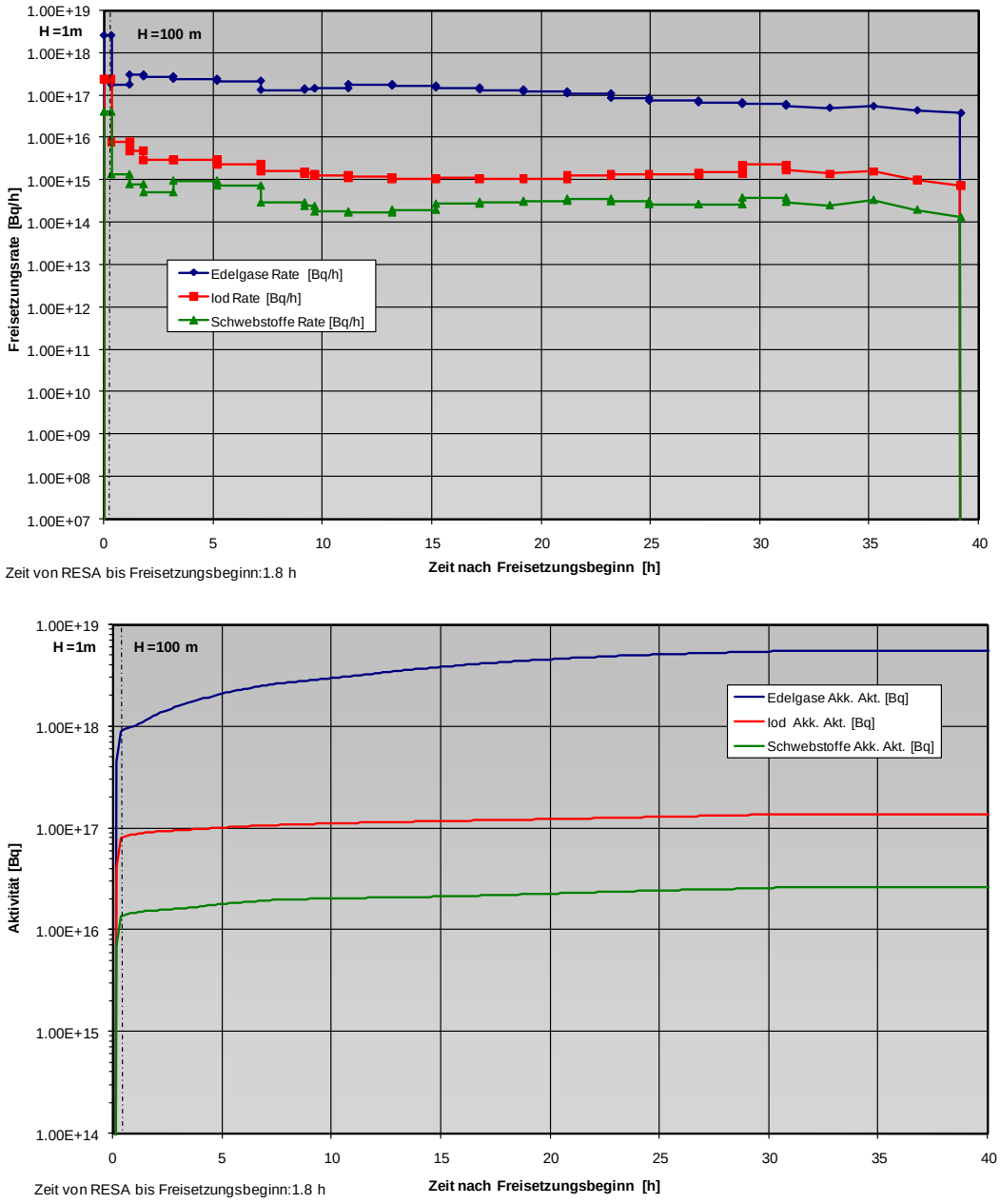


Abb. 3.48 Freisetzungsraten (oben) und akkumulierte Freisetzungen (unten) für die Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe im Szenario SWR 2.

3.4.5.1.4 Auslösung von Meldungen aus der Anlage

Für dieses Übungsszenario wird angenommen, dass etwa 10 Minuten nach Beginn des Unfalls aufgrund der Anlagenkriterien Katastrophenalarm ausgelöst wird. Im weiteren Verlauf sind zunächst etwa halbstündlich Lageberichte zu erwarten, bis sich ca. zwei Stunden nach Beginn des Unfalls keine größeren Änderungen der Situationen mehr ergeben und man zu stündlichen Lageberichten übergeht.

3.4.5.2 Radiologische Auswirkungen und Gegenmaßnahmen

3.4.5.2.1 Grobanalyse radiologischer Auswirkungen

Die Ergebnisse des Screenings radiologischer Auswirkungen für das Szenario SWR 2 sind in Abb. 3.49 dargestellt. Die Dosen aus der Freisetzung über den Kamin (100 m Freisetzungshöhe) wurden mit den Dosen aus der kurzen bodennahen Freisetzungsphase überlagert. Für die zweite Phase (Freisetzung über Lüftungsklappen der Gebäudezuluft) wurden 20 m angesetzt. Da gegenüber dem Szenario SWR 1 die bodennahen Freisetzungen stärker dominieren, ergibt die Überlagerung nur einen leicht undulierten Kurvenverlauf ohne die Ausprägung lokaler Maxima.

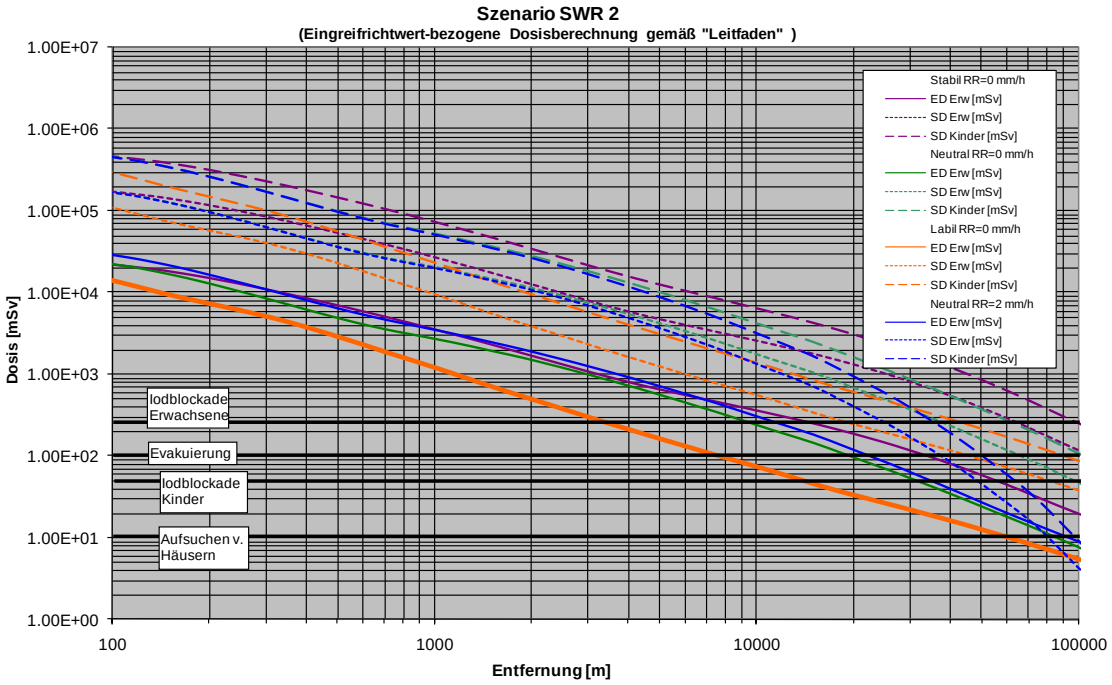


Abb. 3.49 Szenario SWR 2: Effektive Dosis (ED, Erwachsene) und Schilddrüsendosis (SD, Kinder und Erwachsene) unter der Fahnenachse für verschiedene Wetterlagen zum Vergleich mit den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes, berechnet nach /SSK 04/

Die potenziellen radiologischen Auswirkungen für das Szenario SWR 2 zeichnen sich im Vergleich mit SWR 1 durch höhere effektive Dosen in der näheren Umgebung der Anlage und etwas geringere Werte in größerer Entfernung aus. Der Eingreifrichtwert für Evakuierung (100 mSv ED) wird nach der Grobanalyse für die betrachteten Wetter-

situationen noch in Entfernungen von bis zu 3 km (labile Schichtung), 9 km/11 km (neutrale Schichtung ohne/mit Regen) oder 33 km (stabile Schichtung) überschritten. Der Eingreifrichtwert für „Aufenthalt in Gebäuden“ wird in der betrachteten stabilen Wettersituation noch in 100 km Entfernung überschritten, während er in den anderen Situationen noch in Entfernungen von 60 km bis 90 km erreicht wird. Eingreifrichtwerte für Iodblockade werden für Wettersituationen ohne Niederschlag für Kinder (50 mSv SD) noch in 100 km übertroffen, während sich die entsprechenden Entfernungsbereiche bei Niederschlag auf bis zu 60 km erstrecken. Eine Überschreitung des entsprechenden Richtwertes für Erwachsene (250 mSv SD) ergibt sich noch in Entfernungen bis zu 18 km (labile Schichtung) 25 km/35 km (neutrale Schichtung mit/ohne Niederschlag) oder 60 km (stabile Schichtung).

Dauer von Vorfreisetzungs- und Freisetzungsphase

Von der Alarmierung bis zum Beginn nennenswerter Freisetzungen stehen nur ca. 1,6 h nach Anstehen der Auslösung von Katastrophenalarm zur Verfügung.

Die gesamte Dauer der Hauptfreisetzungsphase erstreckt sich über etwa 40 Stunden. In diesem Zeitraum ist die Maßnahme „Aufenthalt in Gebäuden“ voraussichtlich nicht aufrecht zu erhalten.

3.4.5.2.2 Detailanalyse radiologischer Auswirkungen

Die Ergebnisse der RODOS-Rechnungen sind auszugsweise in Abb. 3.50 bis Abb. 3.53 wiedergegeben. Aus den Abbildungen wurde abgeschätzt, bis zu welchen Entfernungen Maßnahmen des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge erforderlich sind. Das Ergebnis ist in nachfolgender Tab. 3.20 zusammengefasst.

Tab. 3.20 Maßnahmenbewertung nach RODOS-Ergebnissen zum Szenario SWR 2

Szenario: SWR 2				
Abbildung	**Maßnahme**	**Eingreifricht-wert, Kriterium**	**Ausdehnung des Gebiets mit Überschreitung des ER**	
			Ohne Niederschlag	**Mit Niederschlag**
Abb. 3.50	Aufenthalt in Gebäuden	10 mSv ED (Inh., Ext., 7 d)	~ 60 km	~ 80 km
	Evakuierung	100 mSv ED (Inh., Ext., 7 d)	Keine Überschreitung	~ 25 km
Abb. 3.51	Verteilung von Iodtabletten, Kinder	50 mSv SD (Inh., WP)	> 100 km	~ 50 km
o. Abb.	Verteilung von Iodtabletten, Erwachsene	250 mSv SD (Inh., WP)	~ 15 km	~ 8 km
Abb. 3.52	Temporäre Umsiedlung	30 mSv ED (Boden, 30 d)	Deutliche Unterschreitung	~ 65 km
Abb. 3.53	Permanente Umsiedlung	100 mSv ED (Boden, 1 a)	Deutliche Unterschreitung	~ 65 km
o. Abb.	Verwerfen landwirtschaft-licher Produkte	EU-Höchstwerte (vgl. Tabelle 7-12, MNK)	>> 100 km	>> 100 km
Abkürzungen: ER: ED: Effektive Dosis; SD: Schilddrüsendosis; Inh.: Inhalation; Ext.: Externe Strahlung; Boden.: Bodenstrahlung; WP: Wolkenphase, ER: Eingreifrichtwert. MNK: „Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen“ (Maßnahmenkatalog) Stand 2000.				

Im Vergleich mit der Grobanalyse nach der Methodik des „Leitfadens für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen“ (/SSK 04/, Kapitel 3) werden durch die RODOS-Rechnungen die Auswirkungen im Nahbereich < 10 km sowie in trockenen Situationen tendenziell auch in größeren Entfernungen moderater eingeschätzt. Die Unterschiede zwischen Simulationen ohne Niederschlag und mit Niederschlag fallen in den RODOS-Rechnungen entsprechend stärker aus.

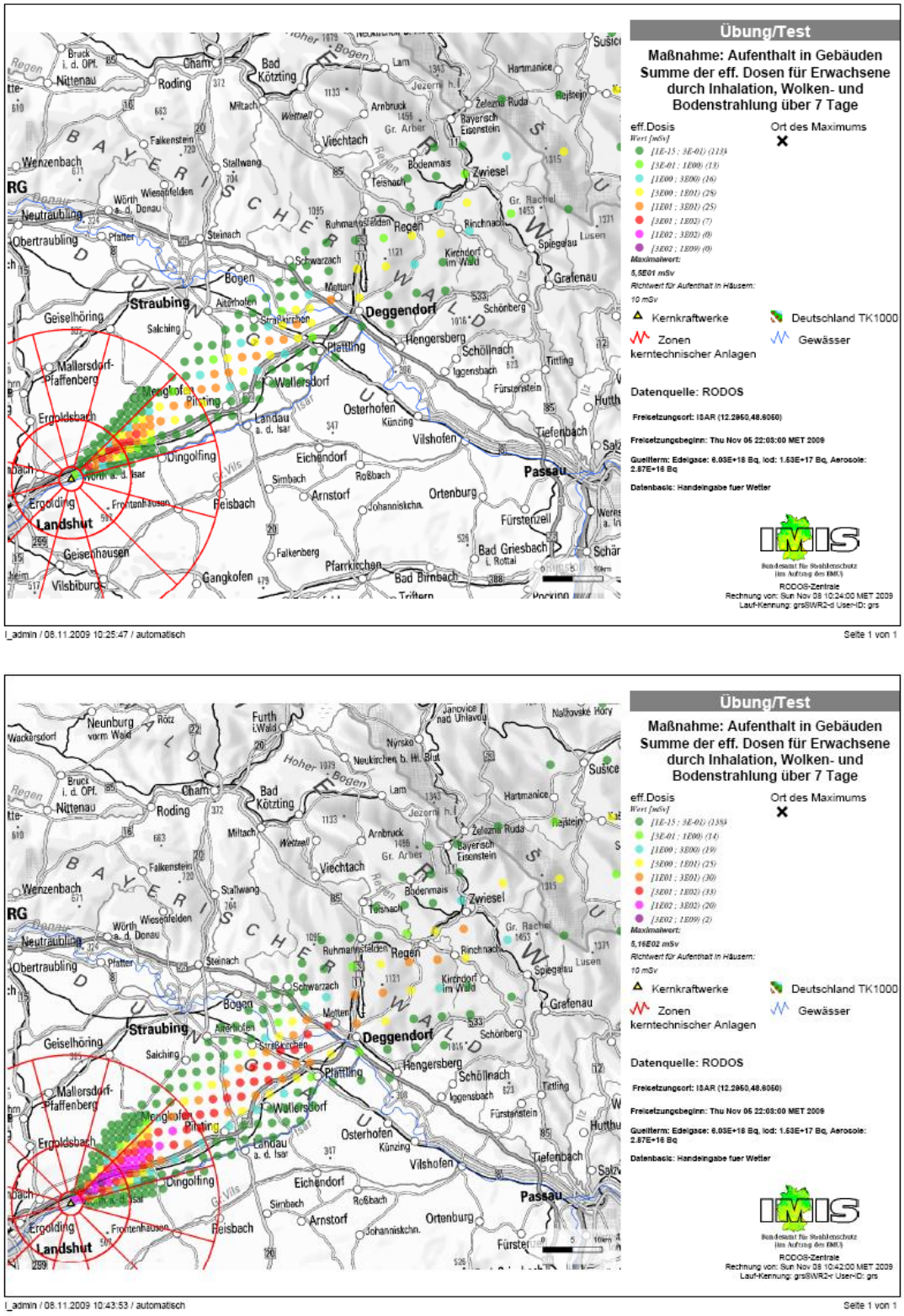


Abb. 3.50 Szenario SWR 2: RODOS-Simulation der effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

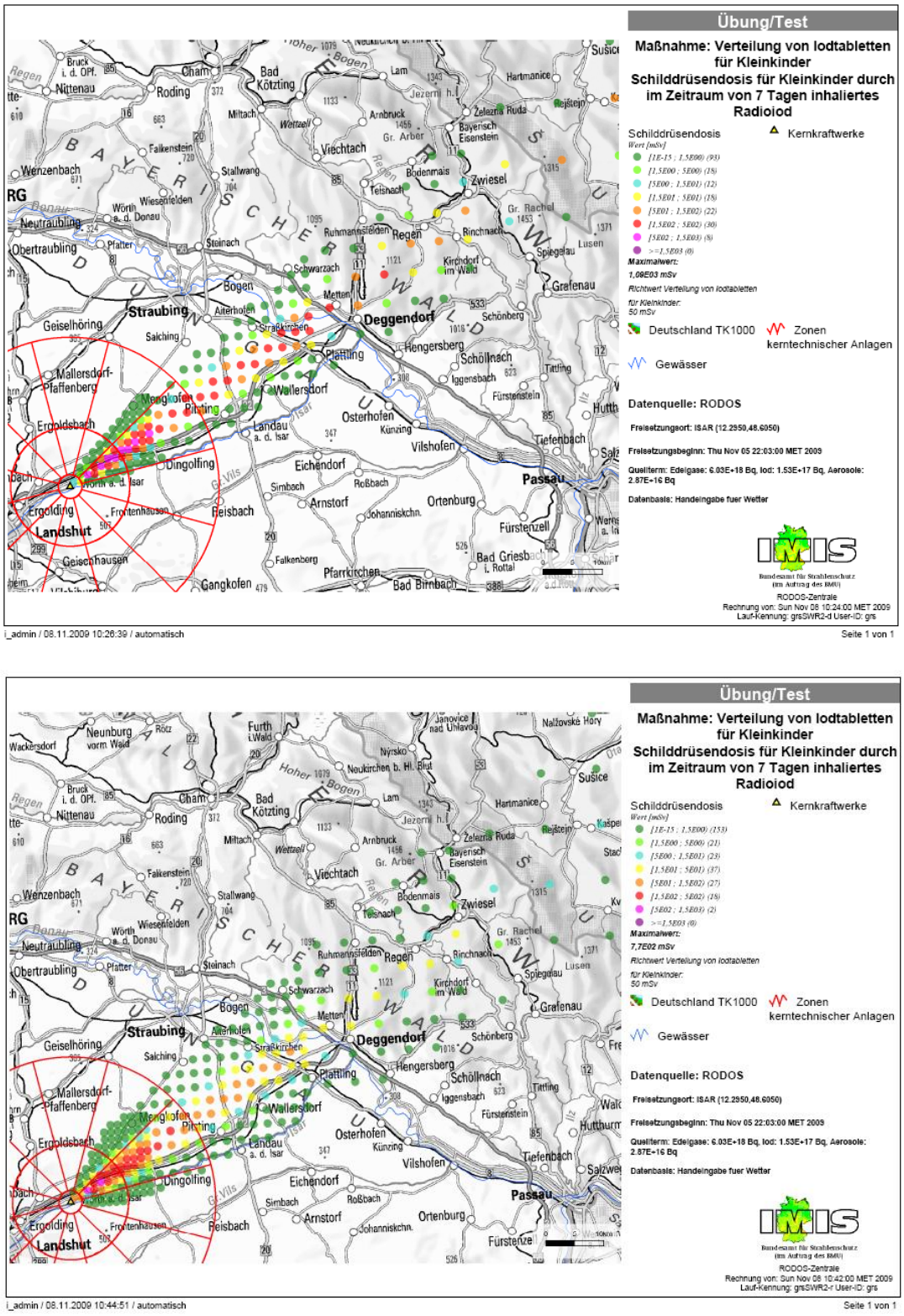


Abb. 3.51 Szenario SWR 2: RODOS-Simulation der Schilddrüsendosis (SD, Kleinkinder) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

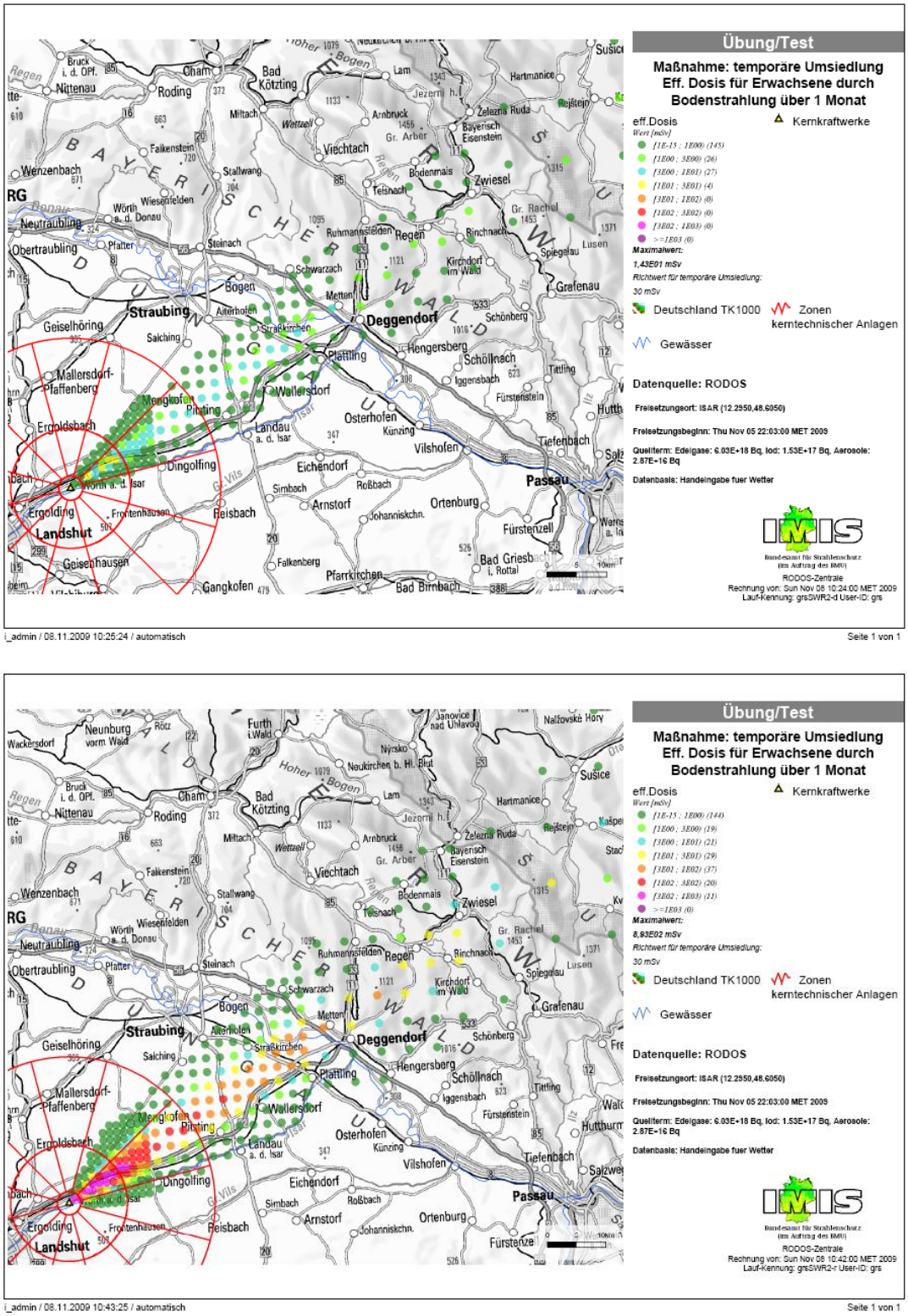


Abb. 3.52 Szenario SWR 2: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „Temporäre Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

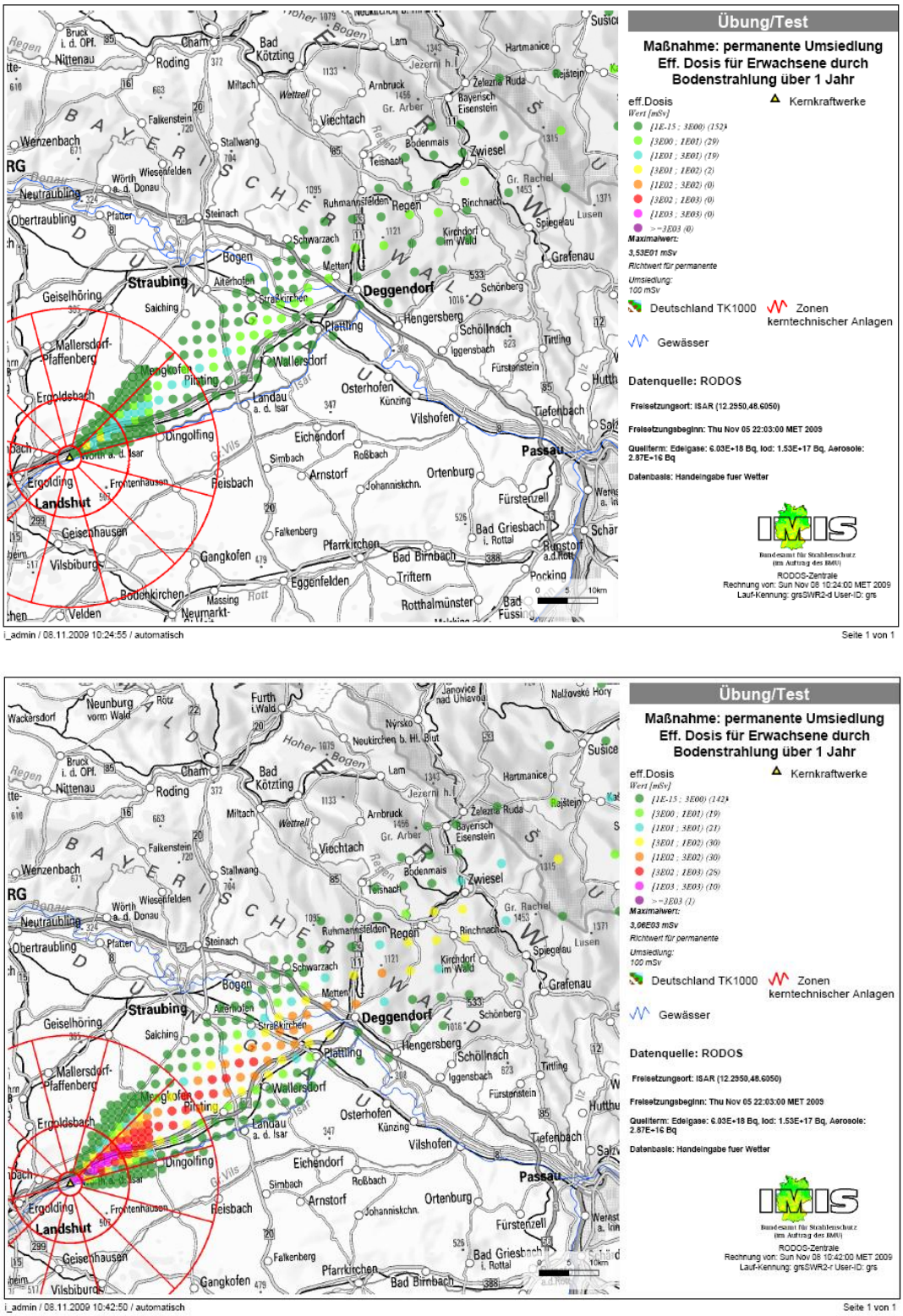


Abb. 3.53 Szenario SWR 2: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „permanente Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

3.4.6 Übungsszenario SWR 3: Leck am RDB-Boden mit 44 cm², Funktion der Sicherheitseinspeisung führt zur Überspeisung des RDB mit Versagen einer Frischdampf-Leitung wegen des fehlerhaften Durchdringungsabschlusses → SB-Bypass; Niederdruck-Fall beim Kernschmelzen auch infolge automatischer Druckentlastung

3.4.6.1 Unfallablauf in der Anlage bis zur Freisetzung in die Umgebung

Dieses Übungsszenario basiert auf dem in /GRS 06a/ untersuchten Fall „44 cm^2-Leck am RDB-Boden und SB-Bypass durch Versagen einer FD-Leitung infolge fehlerhaftem Durchdringungsabschluss und Überspeisen des RDB mit der Sicherheitseinspeisung (ND-Fall)“.

3.4.6.1.1 Randbedingungen und charakteristische Ereignisse

Die wesentlichen Randbedingungen für diesen Fall sind:

– Abriss eines Steuerstabantriebsstutzens am RDB-Boden ausgehend von einem stationären Zustand bei 100 % Nennleistung, wodurch sich ein Leck der Größe 44 cm^2 am RDB-Boden ergibt,

– automatische Druckentlastung des RDB, Offenhaltesystem der S+E-Ventile versagt (Annahme),

– Ausfalls des DDA einer Frischdampfleitung führt zu Überflutung der FD-Leitung außerhalb des SB und als Folge zum Bruch einer Dampfleitung des Frischdampfsystems im RG im oberen Bereich der Rohrleitungsbühne (Annahme einer Ausflussbegrenzung und einer effektiven Leckfläche von 0,0682 m²),

– Notspeisesysteme TH und TK sind verfügbar, bis sie wegen Überflutung des RG (ca. 1 m Wasserstand) ausfallen,

– Ausfall der Pumpe des USUS-Strangs TF10 während des gesamten Störfalls (Annahme), Berücksichtigung der Systeme TC, TE und YT/RS,

– kein Ausfall des YT/RS-Systems in Folge des Schadens am RDB-Boden,

– Ausfall des Umluftsystems im SB,

– Rückförderung von Luft aus dem Dichtspalt in den SB zur Unterdruckhaltung wird bei SB-Versagen von Hand ausgeschaltet, da danach ein Weiterbetrieb nicht sinnvoll ist,

– Lüftungssysteme in RG (nur Unterdruckhaltung simuliert) und MH wurden mit Auftreten des SB-Bypasses abgeschaltet (Annahme),

– passive Ausströmung aus dem MH über die Abluftleitung und den Kamin ist möglich.

Charakteristische Ereignisse des berechneten Ablaufs sind in Tab. 3.21 aufgelistet (vgl. Tab. 7.2-1 in /GRS 06a/).

Tab. 3.21 Charakteristische Ereignisse (Szenario SWR 3)

Ereignis	**Zeitpunkt**
Beginn bei 100 % Nennleistung, 44 cm² Leck im RDB-Boden	0 s
RESA, TUSA, DDA einschl. Hilfssysteme ($\Delta p_{SB\text{-}RG}$ >250 mbar)	10 s
L_{RDB} < 14,12 m, Abfahren der ZUP auf min	11 s
L_{RDB} < 14,02 m (tief 1)	12 s
L_{RDB} < 13,67 m (tief 2)	13 s
ADE, Abschalten der ZUP ($\Delta p_{SB\text{-}RG}$ >250 mbar + 8 s)	18 s
SB-Umluft aus	30 s
L_{Koka} > 16,64 m (sehr hoch)	30 s
L_{RDB} < 12 m (sehr tief 1)	83 s
L_{RDB} < 11,75 m (sehr tief 2)	88 s
L_{RDB} < 10,50 m (äußerst tief 1)	122 s
L_{RDB} < 10 m (äußerst tief 2)	132 s
TK-System - „RDB Fluten“ EIN	172 s
TH-System - „RDB Fluten“ EIN	211 s
L_{RDB} > 10 m	245 s
L_{RDB} > 10,50 m	255 s
L_{RDB} > 11.75 m	275 s
L_{Koka} > 16,59 m (hoch)	279 s
L_{RDB} > 12 m	280 s
p_{RDB} < 0,4 MPa: ZUP-Sperrwasser aus	285 s
L_{RDB} > 13.67 m	305 s
p_{RDB} < 0,3 MPa, S+E-Ventile fallen zu (Eigengewicht)	311 s
L_{RDB} > 14,02 m	315 s

Ereignis	Zeitpunkt
L_{Koka} < 16,44 m (tief 1)	320 s
L_{RDB} > 14,12 m	328 s
L_{RDB} > 14,42 m (hoch)	332 s
L_{SAR} > 0,8 m	340 s
L_{RDB} > 14,82 m (sehr hoch)	342 s
L_{RDB} > 14,92 m (äußerst hoch)	350 s
L_{Koka} < 16,34m (tief 2)	351 s
L_{RDB} > 16,15 m – Bruch FD-Leitung	**375 s**
Lüftung RG und MH aus	380 s
Tor RG - MH auf 0 m AUF	382 s
L_{Koka} < 16,14m (sehr tief)	401 s
L_{Koka} < 16,04 m (äußerst tief 1)	426 s
Umschalten TH-System auf Koka-Kühlen	537 s
L_{Koka} < 14,89 m (äußerst tief 2)	0:27 h
mehrmals Koka-Rückfördern aus SAR mit TH-System	0:27 h bis 0:53 h
L_{Koka} < Eintauchtiefe der Kondensationsrohre in Koka	0:41 h
L_{RG} > 1 m, Überflutung Flur RG auf -6,5 m, TH- + TK-System versagen	**0:59 h**
Absinken RDB-Füllstand, L_{RDB} < 10,0 m	2:15 h
Beginn der Kernaufheizung	2:30 h
Brennstabbersten, Beginn Spaltproduktfreisetzung, T > 1173 K	**2:48 h**
Beginn des Versagens von Steuerstäben, T > 1450 K	**2:57 h**
Beginn des Versagens von Brennstäben, T > 2500 K	**3:20 h**
Beginn von H_2-Verbrennungen in Dreiecksschacht und Rohrschacht im RG Tor RG - MH auf 0m AUF	3:26 h
Beginn H_2-Verbrennung im Pumpenraum 1,4 des RG	**3:31 h**
Beginn H_2-Verbrennung auf Flur 7 des RG auf 25,9 m	**3:35 h**
Klappe gr. Mont.schacht – RG B.-Bühne auf 39.4m AUF Klappe Flur 7 - Flur 8.1 auf 31,15 m AUF Tür Montageschacht - Flur 3.2 auf 5,5 m AUF Tür Montageschacht - Flur 4.2 auf 11 m AUF Tür Montageschacht - Flur 5.2 auf 16 m AUF Klappe gr. Mont.schacht – RG B.-Bühne auf 39,4 m AUF	3:35 h

Ereignis	Zeitpunkt
Tür Flur 4.2 - Flur 4.1 auf 11 m AUF Tür Flur 5.2 - Vorr. 5 auf 16 m AUF Tür Flur 3.2 - Flur 3.1 auf 5,5 m AUF Klappe Flur 4.1 - Flur 5.1 auf 16 m AUF **Klappe Flur 9.1 – RG B.-Bühne auf 39,4 m AUF** Klappe Flur 8.1 - Flur 9.1 auf 35,5 m AUF Tür Flur 8.2 - Treppenhaus 1 auf 31,15 m AUF **Tür Treppenhaus 1 - Eingangsb. RG auf 0 m AUF** **Tür Eingangsb. RG - BWS-G. - Umgebung auf 0 m AUF**	3:35 h
Beginn H_2-Verbrennung im Rohrschacht des RG	3:35 h
Beginn Absturz von Kernschmelze ins untere Plenum	**3:37 h**
Beginn weiterer H_2-Verbrennungen in Räumen des RG	3:38 h
Beginn Austrag von Schmelze zum SAR	**4:03 h**
Beginn H_2-Verbrennung im Flur 1.2 des RG auf -6,5 m Tür Flur 1.2 - Vorraum 2 auf -6,5 m AUF Tür Flur 1.2 - Treppenhaus 1 auf -6,5 m AUF Tür Vorraum 2 - Treppenhaus 2 auf -6,5 m AUF Klappe Flur 2 - Flur 3.1 auf 5,5 m AUF Klappe Flur 2 - Montageschacht auf 5,5 m AUF Tür RG-Sumpf - Flur 1.2 auf -6,5 m AUF	4:10 h
„RDB leer“ – Wasser in SAR ausgetragen	**4:10 h**
Beginn der Versagens von St.Stab-Führungsrohren	4:14 h
Beginn H_2-Verbrennung im RG Pumpen-R. 2,3 auf 2m und weiteren Räumen des RG BF Flur 2 - Pumpen-R. 2,3 auf 2 m AUF	4:28 h
Beginn Austrag von Schmelze zum SAR	**4:51 h**
Versagen SAR, Schmelzeumlagerung in den Lining-Raum, Beginn Beton-Schmelze-Wechselwirkung im Pumpensumpf im Lining-Raum	**4:52 h**
BF Lining-Raum - Flur 1.1 auf -6,5 m AUF BF Lining-Raum - Flur 1.2 auf -6 5 m AUF	4:52 h
Beginn H_2-Verbrennung auf Flur 3.1 des RG auf 5,5 m	**4:52 h**
Beginn H_2-Verbrennung in weiteren Räumen des RG	**4:53 h**
Beginn H_2-Verbrennung im Rohrschacht des RG Klappe Flur 2 - Montageschacht auf 5,5 m AUF Tür Rohrltgs.-Bühne - Flur 3.1 auf 5,5 m AUF BF Rohrltgs.-Bühne - MH auf 16 m AUF Klappe Flur 3.1 - Flur 4.1 auf 11 m AUF Klappe Flur 4.1 - Flur 5.1 auf 16 m AUF BF Flur 1.1 - Pumpen-R. 1,4 auf -3 m AUF Tür Pumpen-R. 1,4 - Flur 2 auf 0 m AUF Tür Pumpen-R. 2,3 - Flur 2 auf 0 m AUF	5:07 h
Ende	**33:20 h**

3.4.6.1.2 Verlauf relevanter Anlagenparameter

Im Hinblick auf die Alarmierungskriterien ist insbesondere der RDB-Füllstand von Interesse (Abb. 3.54). Außerdem wird der Überdruck im Sicherheitsbehälter dargestellt (Abb. 3.55).

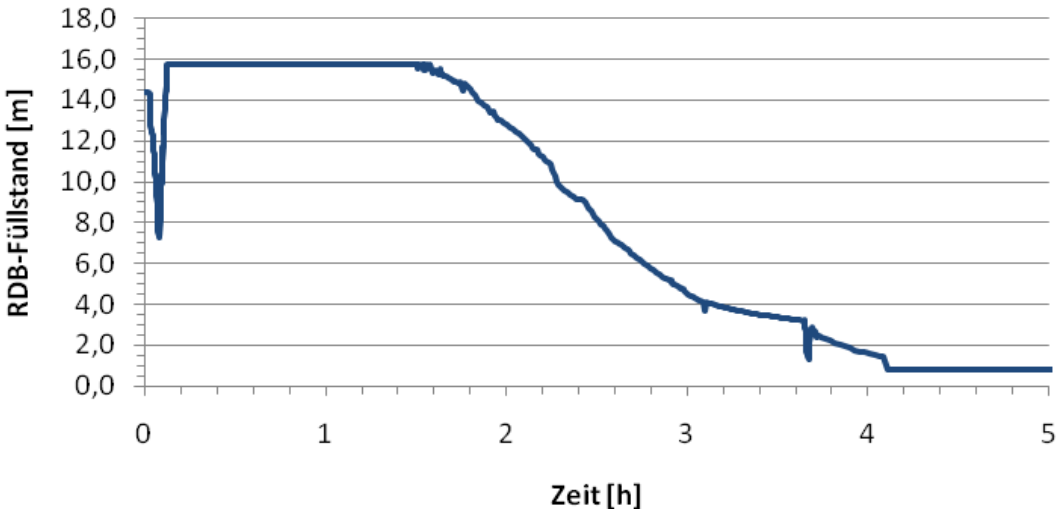


Abb. 3.54 RDB-Füllstand (Szenario SWR 3)

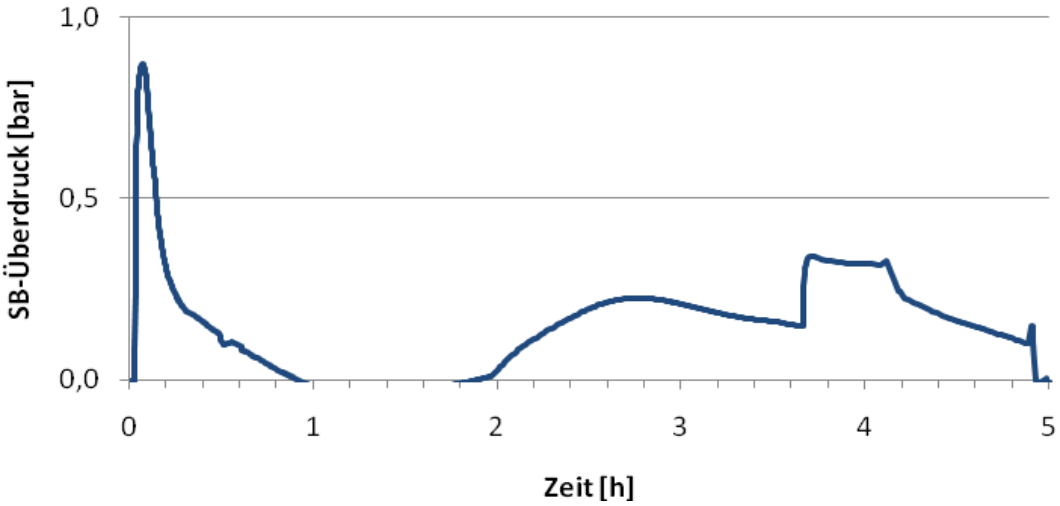


Abb. 3.55 SB-Überdruck (Szenario SWR 3)

Vergleich mit Alarmierungskriterien

Voralarm:

Nach ca. 8 Minuten liegt der Füllstand des Reaktordruckbehälters oberhalb von 16 m. In Verbindung mit dem hier vorliegenden Ausfall eines Durchdringungsabschlusses im Frischdampfsystem liegt zu diesem Zeitpunkt erstmals ein Kriterium für Voralarm vor (Gefährdung des Schutzziels Kernkühlung).

Katastrophenalarm:

Nach ca. 2,5 Stunden liegt der Füllstand des Reaktordruckbehälters bei fallender Tendenz für mehr als 5 Minuten unterhalb von 8,8 m. Damit wird erstmals ein Kriterium für Katastrophenalarm (Gefährdung des Schutzziels Kernkühlung) erreicht.

3.4.6.1.3 Quellterm, Freisetzungsverlauf in die Umgebung

Der Freisetzungsverlauf in die Umgebung wurde in Form eines RODOS-Eingabedatensatzes im XML-Format definiert. Die grundsätzlichen Bemerkungen in den Abschnitten 3.3.4.1.3 und 3.4.4.1.3 gelten weiterhin.

Der so dokumentierte Freisetzungsverlauf für das Übungsszenario SWR 3 lässt sich wie folgt charakterisieren:

Die Freisetzung beginnt ca. 3,6 Stunden nach dem auslösenden Ereignis und erstreckt sich anschließend kontinuierlich über 29,7 Stunden (Ende der Rechnung). Zu Beginn der Freisetzung erfolgt diese für knapp 30 Minuten auf 1 m Höhe mit einer thermischen Leistung von 3 MW, anschließend beträgt die Freisetzungshöhe stets 100 m bei einer thermischen Leistung in der Größenordnung von 10 MW und einem Volumenstrom von 3 m^3/s durch eine Fläche von 20 m^2. Der Iodquellterm setzt sich hauptsächlich aus Aerosolen und elementarem I_2 zusammen, wobei Letzteres ab ca. 4 Stunden nach Freisetzungsbeginn dominiert.

Wie in Abschnitt 3.3.4.1.3 werden beispielhaft Ergebnisse für drei Nuklidgruppen in Abb. 3.56 dargestellt. Tab. 3.22 fasst die akkumulierten Aktivitätsfreisetzungen am Ende der Freisetzungsphase zusammen. Dabei wird zusätzlich der prozentuale Anteil der bodennahen Freisetzungen ausgewiesen.

Tab. 3.22 Freisetzungen (Szenario SWR 3)

Nuklid	Akkumulierte Aktivität		Freisetzungsanteil[1]	Akk. Aktivität Gruppen
	Gesamt [Bq]	Davon bodennah		
Kr-87	1.3489E+16	7.88 %	1.0340 %	Edelgase
Kr-88	1.2639E+17	3.56 %	7.1137 %	
Xe-133	4.1507E+18	0.78 %	82.5700 %	5.8906E+18 Bq, 1 % davon bodennah
Xe-135	1.6001E+18	0.88 %	105.0082 % [2]	
I-131	3.8413E+16	14.93 %	1.5193 %	Iod
I-132	5.4066E+16	15.23 %	1.4557 %	
I-133	6.6324E+16	16.37 %	1.2635 %	2.0469E+17 Bq, 17 % davon bodennah
I-134	5.4755E+15	31.99 %	0.0943 %	
I-135	4.0412E+16	18.85 %	0.8107 %	
Sr-90	2.7442E+13	7.54 %	0.0095 %	Schwebstoffe
Zr-95	7.0673E+11	0.12 %	< 0.0001 %	
Mo-99	2.8330E+15	9.80 %	0.0590 %	
Ru-103	4.2050E+10	10.42 %	< 0.0001 %	
Ru-106	1.6065E+10	10.41 %	< 0.0001 %	
Sb-127	1.5055E+14	7.52 %	0.0679 %	3.8160E+16 Bq, 12 % davon bodennah
Te-132	2.3270E+16	9.52 %	0.6427 %	
Cs-134	6.7405E+15	18.87 %	1.2336 %	
Cs-137	4.7027E+15	18.87 %	1.2338 %	
Ba-140	4.3056E+14	7.57 %	0.0094 %	
La-140	3.1894E+12	10.03 %	0.0001 %	
Ce-144	5.8971E+11	0.12 %	< 0.0001 %	
Pu-238	1.4060E+09	0.12 %	< 0.0001 %	Transurane
Pu-241	6.9599E+10	0.12 %	< 0.0001 %	
Cm-242	8.7851E+10	10.00 %	0.0001 %	1.6218E+11 Bq, 6 % davon bodennah
Cm-244	3.3252E+09	10.01 %	0.0001 %	

[1] Bezogen auf Anfangsaktivität zu Ereignisbeginn
[2] Der Freisetzungsanteil von über 100% der Anfangsaktivität resultiert aus der Zunahme der Xe-135–Aktivität von 1.52 E+18 Bq bei RESA bis auf Werte von 2.31 E+18 Bq kurz nach Freisetzungsbeginn

3.4.6.1.4 Auslösung von Meldungen aus der Anlage

Für dieses Übungsszenario wird angenommen, dass etwa 10 Minuten nach Beginn des Unfalls aufgrund der Anlagenkriterien Voralarm ausgelöst wird. Kurz darauf wird ein erster Lagebericht herausgegeben. Etwa eine Stunde später folgt ein zweiter Lagebericht, da sich durch den zwischenzeitlichen Ausfall der TH- und TK-Systeme eine bedeutsame Lageveränderung ergeben hat. Die Auslösung von Katastrophenalarm sowie ein weiterer Lagebericht erfolgen etwa zwei Stunden und 15 Minuten nach Unfallbeginn, da der fallende RDB-Füllstand einen Kernschaden besorgen lässt und in der Folge aufgrund des bestehenden SB-Bypasses eine große Freisetzung zu erwarten ist. Im weiteren Verlauf sind zunächst etwa halbstündlich Lageberichte zu erwarten, bis sich ca. fünf Stunden nach Beginn des Unfalls keine größeren Änderungen der Situationen mehr ergeben und man zu stündlichen Lageberichten übergeht.

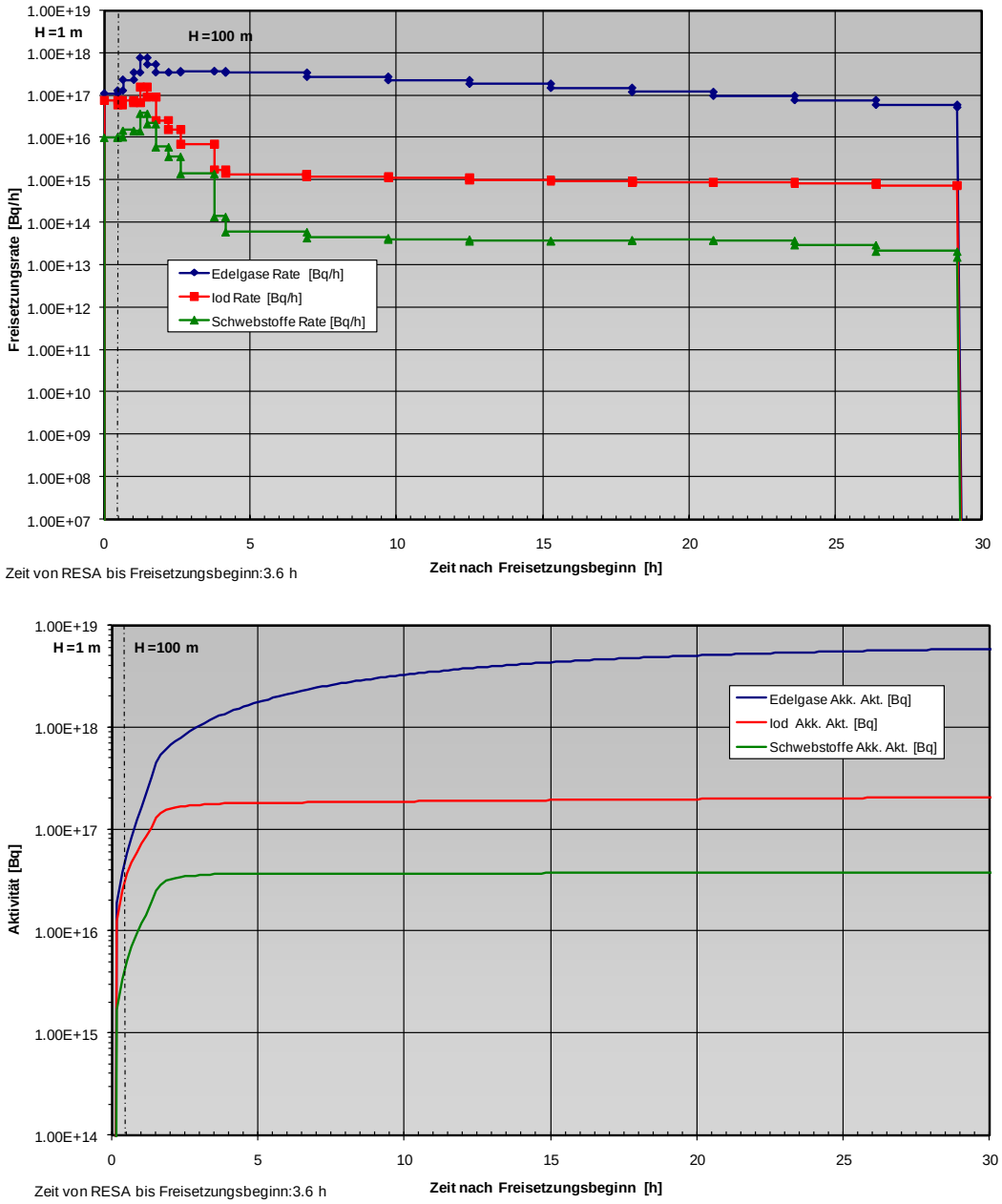


Abb. 3.56 Freisetzungsraten (oben) und akkumulierte Freisetzungen (unten) für die Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe im Szenario SWR 3.

3.4.6.2 Radiologische Auswirkungen und Gegenmaßnahmen

3.4.6.2.1 Grobanalyse radiologischer Auswirkungen

Die Ergebnisse des Screenings radiologischer Auswirkungen für das Szenario SWR 3 sind in Abb. 3.57 dargestellt. Die Dosen aus der Freisetzung über den Kamin (100 m

Freisetzungshöhe) wurden mit den Dosen aus der kurzen bodennahen Freisetzungsphase überlagert. Für die zweite Phase (Freisetzung über Lüftungsklappen der Gebäudezuluft) wurden 20 m angesetzt. Da gegenüber dem Szenario SWR 1 die bodennahen Freisetzungen stärker dominieren, ergibt die Überlagerung nur einen leicht undulierten Kurvenverlauf. Lokale Maxima sind nur schwach ausgebprägt Ausprägung lokaler Maxima.

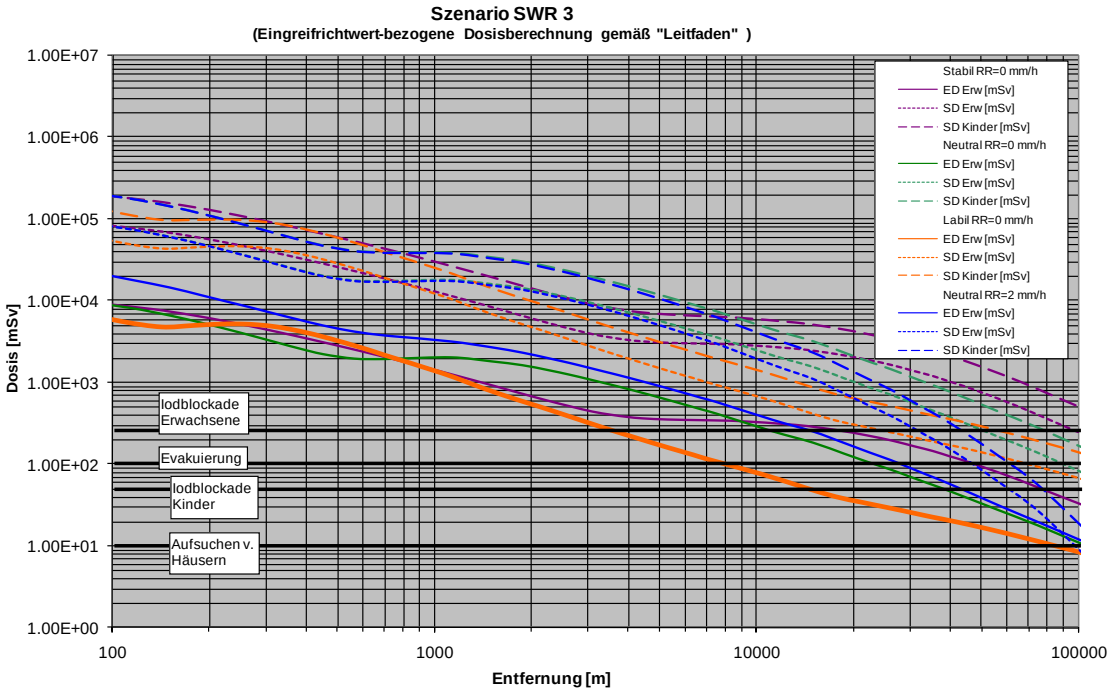


Abb. 3.57 Szenario SWR 3: Effektive Dosis (ED, Erwachsene) und Schilddrüsendosis (SD, Kinder und Erwachsene) unter der Fahnenachse für verschiedene Wetterlagen zum Vergleich mit den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes, berechnet nach /SSK 04/

Die potenziellen radiologischen Auswirkungen für das Szenario SWR 3 zeichnen sich im Vergleich mit SWR 1 durch höhere effektive Dosen in der näheren Umgebung der Anlage und etwas ähnliche Werte in größerer Entfernung aus. Der Eingreifrichtwert für Evakuierung (100 mSv ED) wird nach der Grobanalyse für die betrachteten Wettersituationen noch in Entfernungen von bis zu 8 km (labile Schichtung), 22 km/27 km (neutrale Schichtung ohne/mit Regen) oder 45 km (stabile Schichtung) überschritten. Der Eingreifrichtwert für „Aufenthalt in Gebäuden“ wird nur für die der betrachtete labile Wettersituation in Entfernungen über 90 km unterschritten, während er in den anderen Situationen noch in Entfernungen über 100 km erreicht wird. Eingreifrichtwerte für Iod-

blockade werden für Wettersituationen ohne Niederschlag für Kinder (50 mSv SD) noch in 100 km übertroffen, während sich die entsprechenden Entfernungsbereiche bei Niederschlag auf bis zu 60 km erstrecken. Eine Überschreitung des entsprechenden Richtwertes für Erwachsene (250 mSv SD) ergibt sich noch in Entfernungen bis zu 25 km (labile Schichtung) 30 km/50 km (neutrale Schichtung mit/ohne Niederschlag) oder knapp 100 km (stabile Schichtung).

Dauer von Vorfreisetzungs- und Freisetzungsphase

Von der Alarmierung (Voralarm) bis zum Beginn nennenswerter Freisetzungen stehen ca. 3,5 h zur Verfügung. Vom Anstehen der Auslösung von Katastrophenalarm verkürzt sich diese Zeitspanne auf 1,1 h.

Die gesamte Dauer der Hauptfreisetzungsphase erstreckt sich über etwa 29 Stunden. In diesem Zeitraum ist die Maßnahme „Aufenthalt in Gebäuden“ voraussichtlich nur schwer aufrecht zu erhalten.

3.4.6.2.2 Detailanalyse radiologischer Auswirkungen

Die Ergebnisse der RODOS-Rechnungen sind auszugsweise in Abb. 3.58 bis Abb. 3.61 wiedergegeben. Aus den Abbildungen wurde abgeschätzt, bis zu welchen Entfernungen Maßnahmen des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge erforderlich sind. Das Ergebnis ist in nachfolgender Tab. 3.23 zusammengefasst.

Im Vergleich mit der Grobanalyse nach der Methodik des „Leitfadens für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen“ (/SSK 04/, Kapitel 3) werden durch die RODOS-Rechnungen die Auswirkungen im Nahbereich < 10 km sowie in trockenen Situationen tendenziell auch in größeren Entfernungen moderater eingeschätzt. Die Unterschiede zwischen Simulationen ohne Niederschlag und mit Niederschlag fallen in den RODOS-Rechnungen entsprechend stärker aus.

Tab. 3.23 Maßnahmenbewertung nach RODOS-Ergebnissen zum Szenario SWR 3

Szenario: SWR 3				
Abbildung	**Maßnahme**	**Eingreifricht-wert, Kriterium**	**Ausdehnung des Gebiets mit Überschreitung des ER**	
			Ohne Niederschlag	**Mit Niederschlag**
Abb. 3.58	Aufenthalt in Gebäuden	10 mSv ED (Inh., Ext., 7 d)	~ 70 km	~ 80 km
	Evakuierung	100 mSv ED (Inh., Ext., 7 d)	Keine Überschreitung	~ 30 km
Abb. 3.59	Verteilung von Iodtabletten, Kinder	50 mSv SD (Inh., WP)	> 100 km	~ 60 km
o. Abb.	Verteilung von Iodtabletten, Erwachsene	250 mSv SD (Inh., WP)	~ 15 km	~ 15 km
Abb. 3.60	Temporäre Umsiedlung	30 mSv ED (Boden, 30 d)	Deutliche Unterschreitung	~ 70 km
Abb. 3.61	Permanente Umsiedlung	100 mSv ED (Boden, 1 a)	Deutliche Unterschreitung	~ 80 km
o. Abb.	Verwerfen landwirtschaft-licher Produkte	EU-Höchstwerte (vgl. Tabelle 7-12, MNK)	>> 100 km	>> 100 km

Abkürzungen:

ER: ED: Effektive Dosis; SD: Schilddrüsendosis; Inh.: Inhalation; Ext.: Externe Strahlung; Boden.: Bodenstrahlung; WP: Wolkenphase, ER: Eingreifrichtwert.

MNK: „Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen“ (Maßnahmenkatalog) Stand 2000.

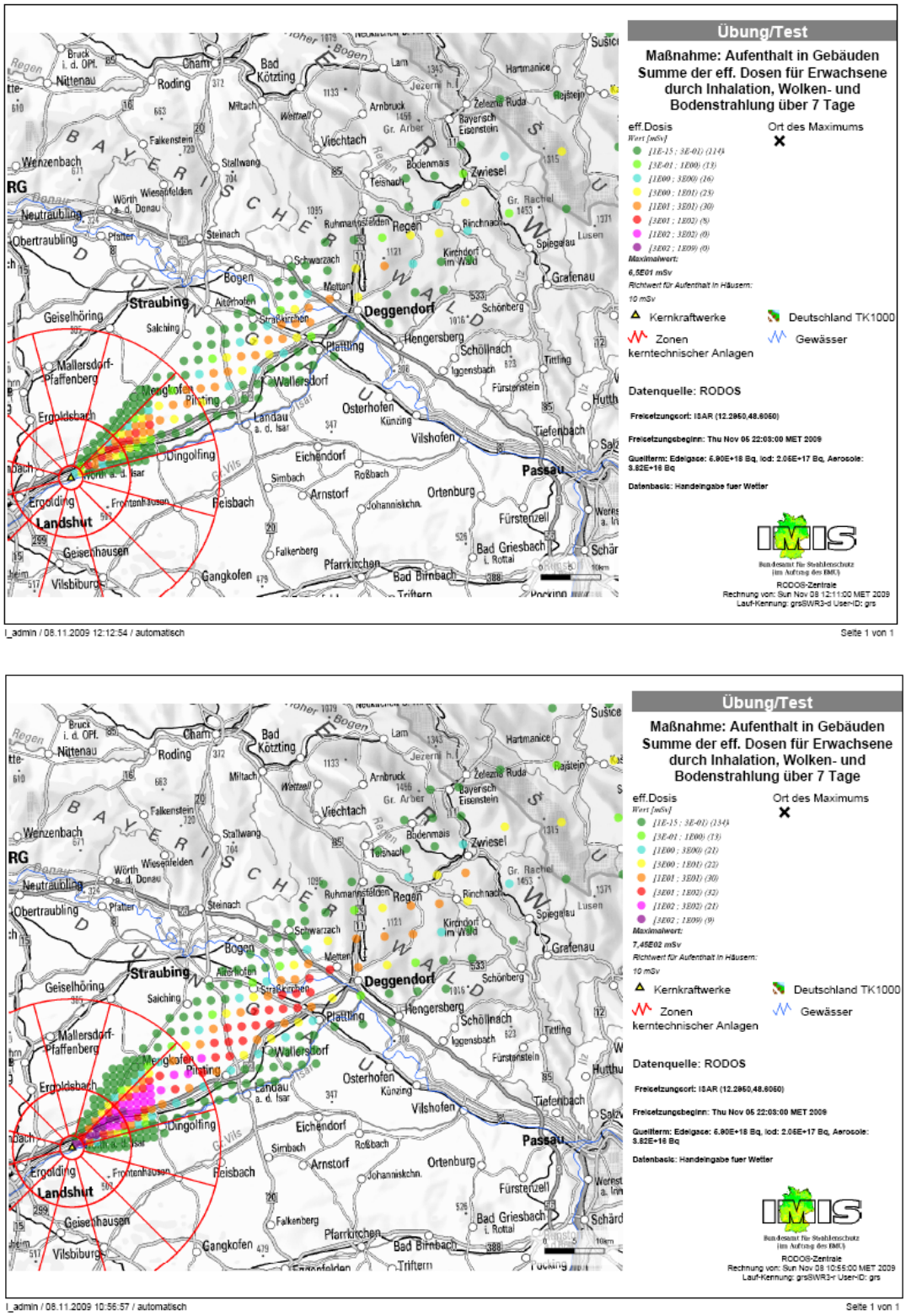
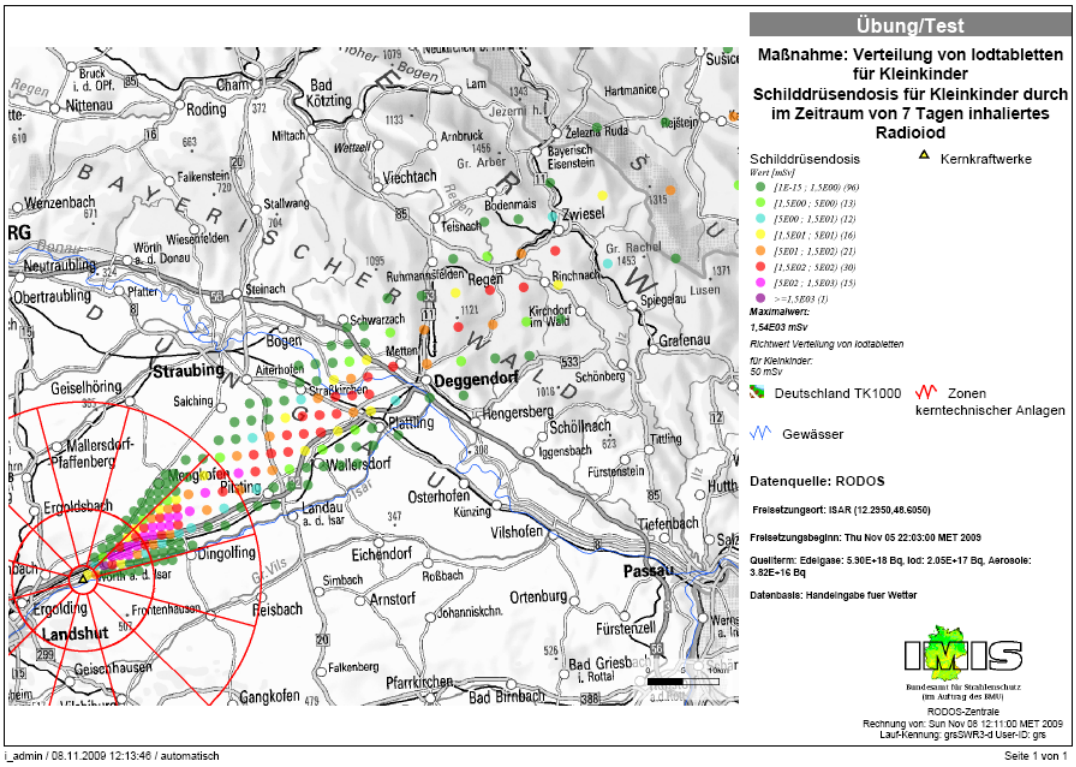


Abb. 3.58 Szenario SWR 3: RODOS-Simulation der effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.



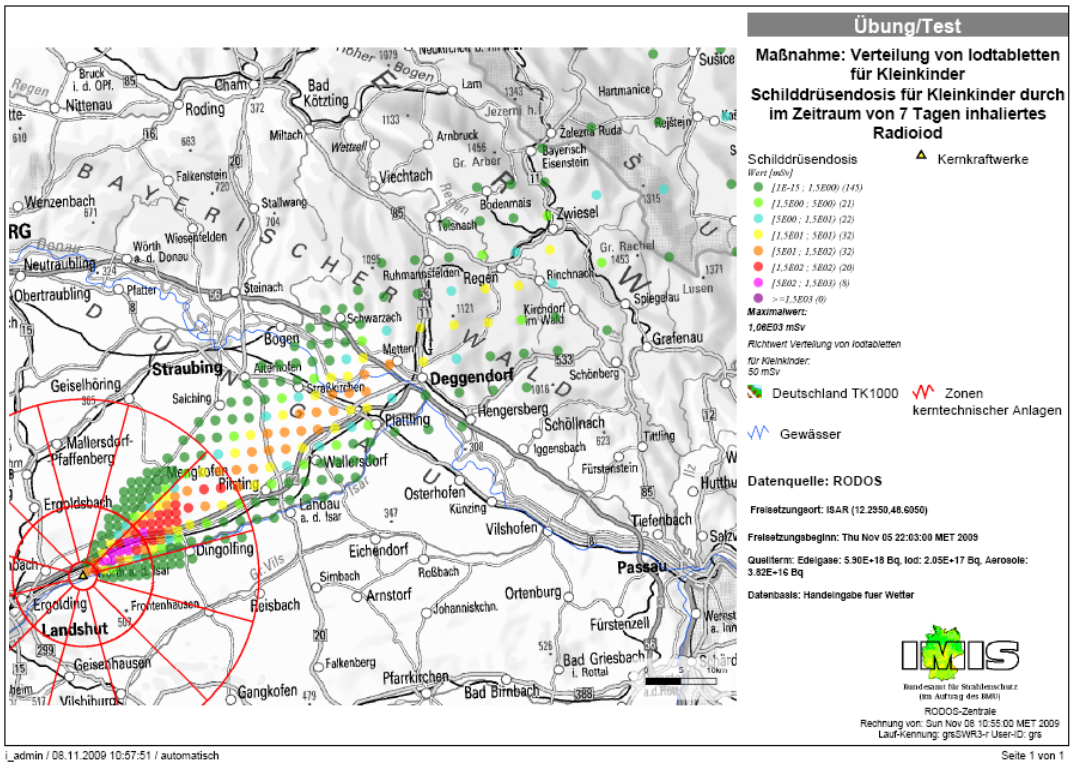
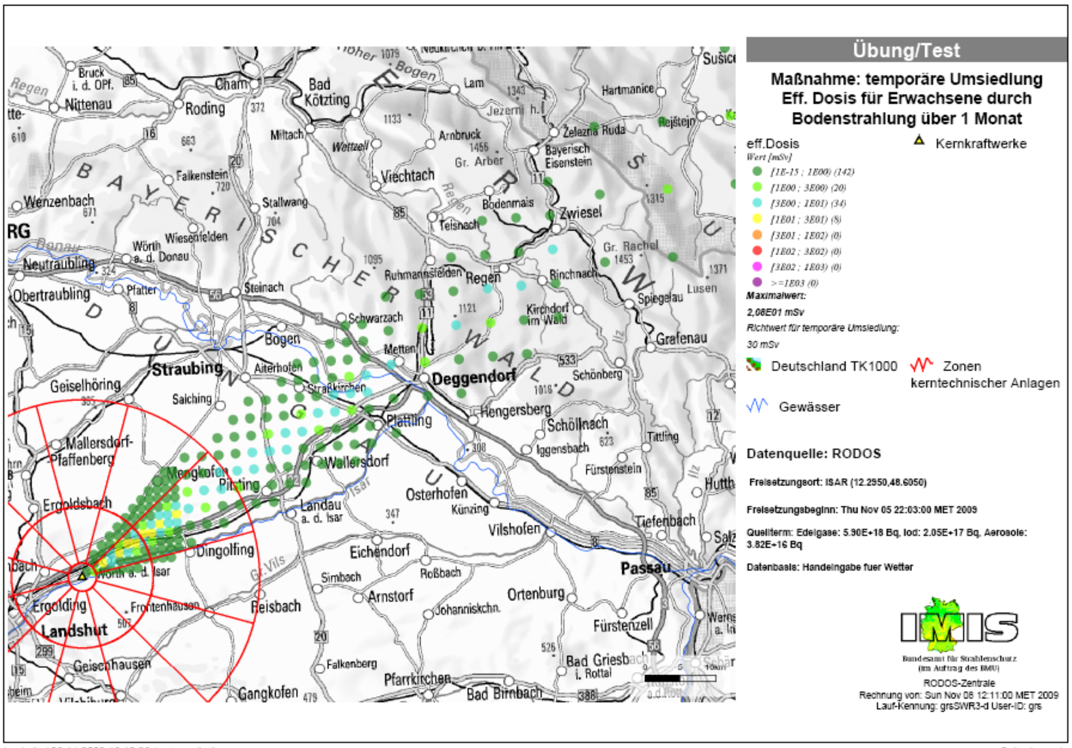
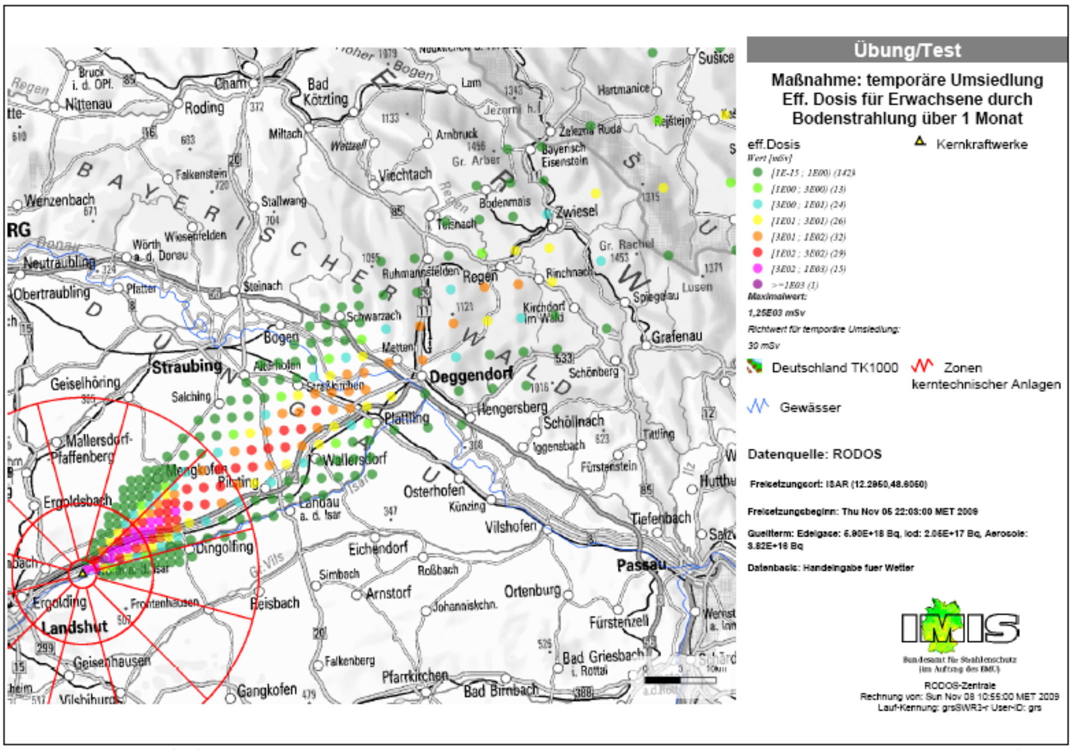


Abb. 3.59 Szenario SWR 3: RODOS-Simulation der Schilddrüsendosis (SD, Kleinkinder) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.



i_admin / 08.11.2009 12:12:28 / automatisch Seite 1 von 1



i_admin / 08.11.2009 10:56:31 / automatisch Seite 1 von 1

Abb. 3.60 Szenario SWR 3: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „Temporäre Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

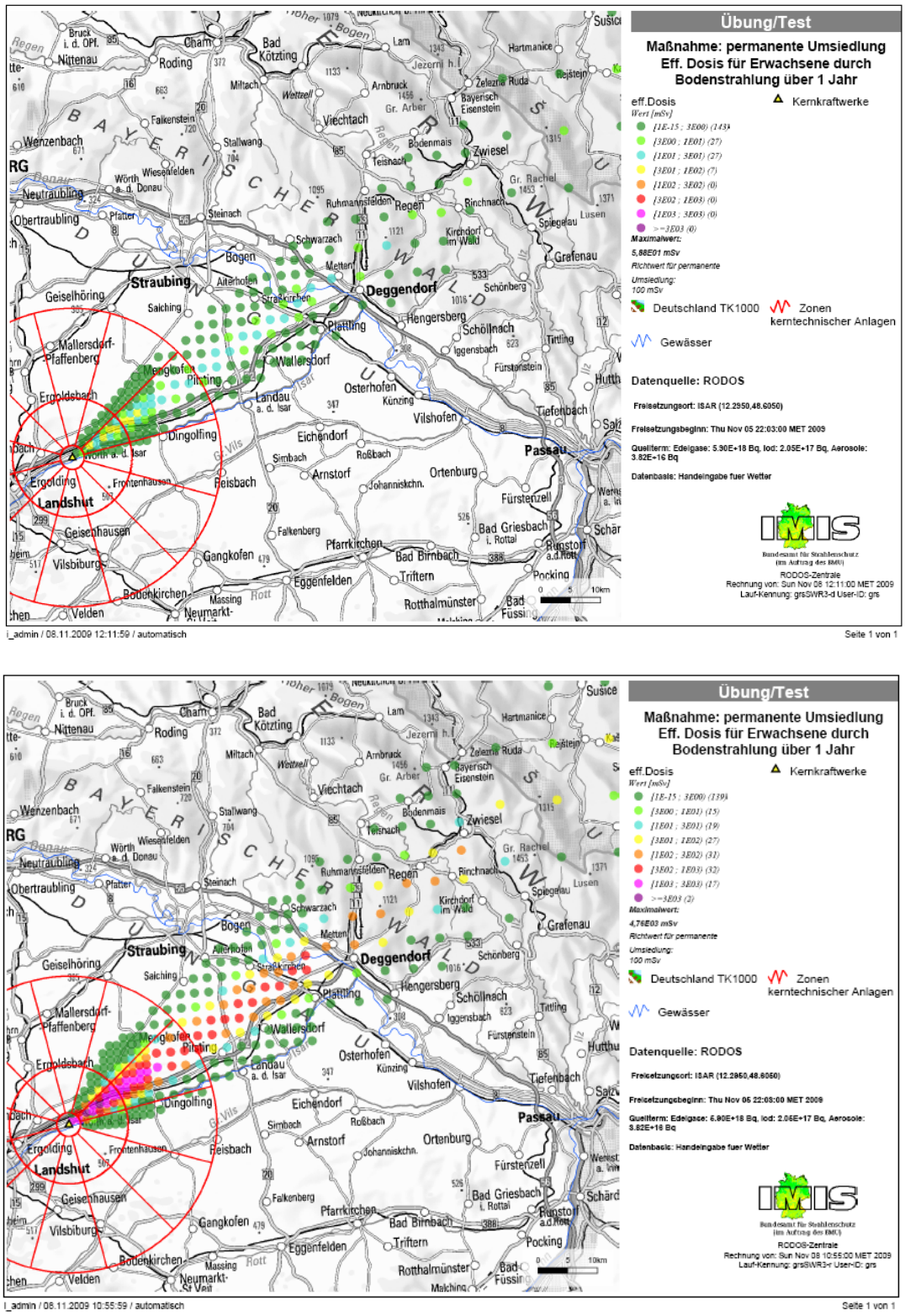


Abb. 3.61 Szenario SWR 3: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „permanente Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag.

3.5 Übungsvorgaben für die behördlichen Notfallorganisationen des Bundes (BMU/ BfS)

Im folgenden Abschnitt werden die für eine Übung erforderlichen Vorgaben für die Notfallorganisationen des Bundes (BMU/BfS) erläutert. Als Grundlage für die konkrete Ausgestaltung von Übungen wird eine modulare Aufgabeneinteilung für die Notfallorganisation vorgenommen. Die entweder interaktiv zu gestaltenden oder zu simulierenden Informationsflüsse richten sich nach den je nach Übungsziel und Übungsumfang zu bedienenden Aufgabenmodulen.

3.5.1 Aufgabenmodule für die Notfallorganisationen von BMU und BfS

Für die konkrete Ausgestaltung von Übungen sind Übungsziele für die Notfallorganisationen von BMU und BfS und die Beteiligung der Untereinheiten zu spezifizieren. Als Grundlage für diese Einteilung sind nachfolgend die Aufgabenfelder der Notfallorganisationen von BMU und BfS in einer modularen Einteilung zusammengefasst. Diese Einteilung basiert auf einer Analyse der aktuell verfügbaren Handlungsanweisungen für die Notfallorganisationen.

Die Module und zugehörigen Übungsaufgaben sind in nachfolgender Tab. 3.24 zusammengefasst.

Tab. 3.24 Übungsmodule und Übungsaufgaben

Modul	Übungsaufgaben
1. Alarmierung und Zusammentreten der Notfallorganisationen des Bundes (BMU/BfS)	- Entgegennahme der Alarmierung durch Rufbereitschaft BMU - Interne und externe Weiterleitung an die zu benachrichtigenden Stellen - Herstellung und Aufrechterhaltung der Einsatzbereitschaft aller übenden Stäbe (BMU, BfS)
2. Entgegennahme und Weiterleitung externer Informationen	Entgegennahme, Dokumentation und Weiterleitung von - Informationen der Landesaufsichtsbehörde und Katastrophenschutzbehörde des Übungslandes - Anfragen aus anderen Länder– und Bundesressorts - Informationen aus Medien - Anfragen aus der Bevölkerung und Öffentlichkeit - Kommunikation mit Beraterorganisationen (SSK AG 25, GRS)

Modul	Übungsaufgaben
3. Kommunikation und Informationsfluss in der Notfallorganisation	- Stabsinterne Kommunikation und Sicherstellung des Informationsflusses - Kommunikation und Sicherstellung des Informationsflusses zwischen den Stäben - Kommunikation und Sicherstellung des Informationsflusses zwischen BMU und BfS - Koordination der Stäbe und der Notfallorganisationen (BMU/BfS) - Dokumentation der Informationsflüsse
4. Lagedarstellung und Lagebewertung	- Prüfung und Bewertung von Informationen über den Anlagenzustand und die zu erwartende Entwicklung - Erfassen der radiologischen Lage und Bewertung, insbesondere zur Information der Öffentlichkeit und im Hinblick auf länderübergreifende kurzfristige Strahlenschutzvorsorgemaßnahmen
5. Empfehlungen von kurzfristigen Maßnahmen der Strahlenschutzvorsorge in der Frühphase	- Erarbeitung von Maßnahmenempfehlungen für betroffene Regionen - Abstimmung der Maßnahmenempfehlungen mit den radiologischen Lagezentren der betroffenen Länder - ggf. grenzüberschreitende Maßnahmenabstimmung mit Nachbarländern
6. Medien- und Öffentlichkeitsarbeit	- Ständige Beobachtung von Medienmeldungen - Erarbeitung von Stellungnahmen und Informationen des BMU - Vorbereitung von Presseerklärungen (z. B. Sprechzettel für Bundeskanzleramt, andere Ressorts) - Beantwortung von Anfragen aus Institutionen und Bürgeranfragen
7. Beantwortung von Anfragen aus anderen Bundes- und Landesressorts	- Anfragen des AA, BMELV, Bundeskanzleramt - Anfragen aus Länderbehörden
8. Erfüllung internationaler Informationspflichten	- Betrieb von ECURIE und EMERCON
9. Koordination von Maßnahmen der Strahlenschutzvorsorge in der Spätphase (Nachfreisetzundphase)	- Analyse der radiologischen Situation in der Nachfreisetzungsphase unter verstärkter Nutzung von IMIS - Bestimmung von Dosiswerten und Kontaminationswerten nach § 6 StrVG und Beschränkungen nach § 7 StrVG, - Koordination ressort- und länderübergreifender Maßnahmen - Länderübergreifende Empfehlungen nach § 9 StrVG
10. Abstimmung Mittel- bis langfristiger Maßnahmen auf internationaler Ebene	- Grenzüberschreitende Maßnahmen bei Unfällen grenznaher KKW im In- oder Ausland - EU-weite Abstimmung zu Vermarktungsbeschränkungen und anderen mittel-bis langfristigen Maßnahmen

3.5.2 Schnittstellen der Notfallorganisationen von BMU und BfS zu externen Bereichen

Für die konkrete Gestaltung von Übungsinhalten sind die Schnittstellen der behördlichen Notfallorganisationen zu externen Organisationen und Akteuren wie Medien, Bevölkerung und Interessensgruppen zu identifizieren, die in die Übung entweder durch direkte Teilnahme oder durch Simulation von Informationsflüssen von und zur Notfallorganisation einzubinden sind.

Die in Betracht kommenden Schnittstellen sind in den Tabellen Tab. 3.25 (Bundesebene), Tab. 3.26 (Landesebene) und Tab. 3.27 (sonstige Bereiche) aufgeführt. Für jede Schnittstelle sind zur konkreten Übungsplanung zu klären,

– ob die aufgeführte Institution oder Gruppe aktiv an der Übung beteiligt werden soll;

– ob sie simuliert werden soll, falls sie nicht aktiv beteiligt wird und

– in welcher Form die Simulation ggf. erfolgen soll.

Falls die betreffende Institution simuliert werden soll, sind kommen grundsätzlich zwei Simulationsformen in Betracht:

– Es werden nur Informationen *von* der simulierten Stelle an die Übungsteilnehmer eingespielt. Informationsflüsse *zur* simulierten Stelle werden unter Kennzeichnung des Adressaten zur Dokumentation ausgehender Informationen festgehalten, ohne den weiteren Übungsverlauf zu beeinflussen („Input-Simulation“).

– Es werden Informationsflüsse von und zur simulierten Stelle simuliert. Die simulierte Stelle reagiert in Echtzeit auf ausgehende Informationsflüsse, so dass eine interaktive Simulation der Kommunikation möglich ist („Interaktive Simulation“).

Die interaktive Simulation ermöglicht die realitätsnahe Simulation der Kommunikation mit der externen Stelle, ist aber aufwändiger und setzt entsprechende Erfahrungen und Training des Personals, durch welches die jeweilige Stelle simuliert wird, voraus. Zur Aufwandbegrenzung bieten sich häufig die geeignete Zusammenfassung mehrerer Stellen und ihre Simulation durch gemeinsame Simulationszellen an.

Tab. 3.25 Schnittstellen der Notfallorganisationen des Bundes (BMU/BfS) zu Institutionen auf Bundesebene

Institution/ Behörde/ Gremium: Bundesebene	Funktion Katastrophenschutz	Funktion Strahlenschutzvorsorge	Thematische Schnittstellen mit Notfallorganisation (BMU/BfS)
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	Beratung/ Unterstützung	Entscheidung/ Beratung	Intern (Übungsgegenstand) nach jeweils gültigen Handlungsanweisungen
Bundesamt für Strahlenschutz	Beratung/ Unterstützung	Beratung/ Unterstützung	Intern (Übungsgegenstand) nach jeweils gültigen Handlungsanweisungen
Auswärtiges Amt		Unterstützung	Information/Abstimmung mit Nachbarländern, Sicherheitshinweise Bundesbürgern im Ausland
Bundesministerium des Innern	Unterstützung	Unterstützung	Kommunikation über GMLZ (bei BBK), Einsatzkräfte des Bundes (BPol, THW)
Bundesministerium der Finanzen		Unterstützung	Einsatz Zoll, Bereitstellung von Mitteln für mittel- bis langfristmaßnahmen
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie		Unterstützung	Mitwirkung nach § 7 StrVG
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft u. Verbraucherschutz		Beratung	Beschränkungen und Verbote sowie Mitwirkung nach § 7 StrVG
Bundesministerium der Verteidigung		Entscheidung für Bereich BW, Unterstützung	Bereitstellung von Einsatzkräften und Hilfsmitteln zur Lagebewältigung
Bundesministerium für Gesundheit		Beratung	Beschränkungen und Verbote sowie Mitwirkung § 7 StrVG
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung		Unterstützung	Messungen und Prognosen durch DWD
Bundeskanzleramt	Unterstützung		ressortübergreifende Entscheidungen, Öffentlichkeitsarbeit

Institution/ Behörde/ Gremium: Bundesebene	Funktion Katastrophenschutz	Funktion Strahlenschutzvorsorge	Thematische Schnittstellen mit Notfallorganisation (BMU/BfS)
Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe	Unterstützung	Unterstützung	Gemeinsames Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern (GMLZ) mit Betrieb deNIS II, Logistik (Vorhaltung Iodtabletten, Information der Bevölkerung bei großflächigen Schadenslagen (deNIS I),
Bundespolizei		Unterstützung	über BMI
Zoll		Unterstützung	über BMF
RSK	Beratung	Beratung	ggf. Erfahrungsrückfluss, langfristig sicherer Zustand
SSK	Beratung	Beratung	Notfall-SSK, Beratung BMU Stab S
GRS-Notfallorganisation	Beratung	Beratung	Beratung BMU Stab A
Kerntechnische Hilfsdienst GmbH	Unterstützung	Unterstützung	Unterstützung von Aufgaben der Betreiber

Tab. 3.26 Schnittstellen der Notfallorganisationen des Bundes (BMU/BfS) zu Institutionen auf Landesebene

Institution/ Behörde/ Gremium: Landesebene	Funktion Katastrophenschutz	Funktion Strahlenschutzvorsorge	Thematische Schnittstellen mit Notfallorganisation (BMU/BfS)
Landesregierungen	Unterstützung	Unterstützung	Ressortübergreifende Entscheidungen, Information der Öffentlichkeit in Abstimmung mit BMU
Katastrophenschutzbehörden, Innenbehörden	Entscheidung	ggf. Unterstützung	Land des Standorts: - Entscheidung über KatS-Maßnahmen, Benachrichtigung und Information der Bevölkerung über zu treffende Maßnahmen gemäß Rahmenempfehlungen andere: Entscheidung über Maßnahme Einnahme Iodtabletten

Institution/ Behörde/ Gremium: Landesebene	Funktion Katastrophenschutz	Funktion Strahlenschutzvorsorge	Thematische Schnittstellen mit Notfallorganisation (BMU/BfS)
Atomrechtliche Aufsichtsbehörden	Beratung	Beratung	Weiterleitung Betreibermeldungen und -Berichte, Informationen aus dem KFÜ, Lagebewertungen und Maßnahmenempfehlungen, ggf. Abstimmung anlageninterner Notfallmaßnahmen mit Betreiber
Für die Strahlenschutzvorsorge zuständige Behörden	Beratung	Entscheidung bei Beschränkung der Auswirkungen auf Land/Beratung	Messungen nach StrVG, Umsetzung von Strahlenschutzvorsorge-Maßnahmen
Landesämter für Umweltschutz	Beratung/ Unterstützung	Beratung /Unterstützung	Unterstützung Meßdienste, Maßnahmen im Bereich der Strahlenschutzvorsorge
Polizei	Unterstützung		Über KatS-Behörden
Feuerwehr	Unterstützung		Über KatS-Behörden
Technisches Hilfswerk	Unterstützung	Unterstützung	Über KatS und- Strahlenschutzvorsorgebehörden, ggf. Anfragen bzgl. Schutz der Einsatzkräfte über Bundeszentrale
Soziale Organisationen	Unterstützung		Über KatS und- Strahlenschutzvorsorgebehörden, ggf. Anfragen bzgl. Schutz der Einsatzkräfte über Bundeszentrale
Gutachterorganisationen (z. B. TÜV)	Beratung (Unterstützung)	Beratung (Unterstützung)	Über Aufsichtsbehörde

Tab. 3.27 Schnittstellen der Notfallorganisationen des Bundes (BMU/BfS) zu sonstigen Institutionen/Akteuren

Weitere Bereiche mit Schnittstellen zur Notfallorganisation (BMU/BfS)	Funktion Katastrophenschutz	Funktion Strahlenschutzvorsorge	Thematische Schnittstellen mit Notfallorganisation (BMU/BfS)
Betreiber	Beratung/ Unterstützung	Beratung/ Unterstützung	Über Landesaufsichtsbehörde
Betroffene Bevölkerung und Institutionen	--	--	Anfragen, Reaktionen mit potenzieller Rückwirkung auf Lage im betroffenen Gebiet
Medien	Verbreitung amtlicher Meldungen und Verlautbarungen	Verbreitung amtlicher Meldungen und Verlautbarungen	Berichterstattung, Anfragen
Öffentlichkeit	--	--	Reaktionen, Anfragen
Nachbarstaaten, weitere Länder	ggf. Unterstützung	ggf. Unterstützung	Informationsaustausch und gegenseitige Hilfe im Rahmen internationaler und bilateraler Abkommen
Internationale Organisationen (z.B. EU, OECD, IAEO)	ggf. Beratung	ggf. Beratung	Anfragen, Koordination internationaler Informationsaustausch, Abstimmung länderübergreifender Maßnahmen

3.5.3 Vorgaben für externe Informationsflüsse

3.5.3.1 Alarmmeldungen und Lageberichte des Betreibers

Alarmmeldungen des Betreibers werden über die alarmierten Innenbehörden an das BMI-Lagezentrum geleitet. Das BMI-Lagezentrum übernimmt die Weiterleitung an BMU.

Lageberichte des Betreibers ergehen an die zuständige Landesaufsichtsbehörde. Zur Ausgestaltung konkreter Übungen wurde im Projekt je ein Satz Blankoformulare für Alarmmeldungen und Lageberichte der DWR- und SWR-Referenzanlage erstellt. Die Formulare sind für beide Anlagen gleich strukturiert und enthalten die folgenden Meldungen und Berichtsteile:

– Sofortmeldung „Kerntechnischer Unfall“

– Blatt 0: Lagebericht – Verteilung

– Blatt 1: Lagebericht – Erstbericht

– Blatt 2: Lagebericht – Übersicht Anlagenzustand

– Blatt 3: Lagebericht, Anlagenzustand – Ergänzende Informationen

– Blatt 4: Lagebericht, zu Notfallmaßnahmen – Ergänzende Informationen

– Blatt 5: Lagebericht, Radiologie – Allgemeine Angaben

– Blatt 6: Lagebericht, Radiologie – Emissionen

– Blatt 7: Lagebericht, Radiologie – Prognose

– Blatt 8: Lagebericht, Radiologie – Immissionen

Die Berichte können für konkrete Übungen auf Basis der in jeder Szenarienbeschreibung enthaltenen Abschnitte zu „Randbedingungen und charakteristischen Ereignissen“, zum „Verlauf relevanter Anlagenparameter“ und zur „Auslösung von Meldungen aus der Anlage“ ausgestaltet werden. Für die konkrete Ausgestaltung sind darüber hinaus übungsspezifische Angaben zu den unterstellten Wetterrandbedingungen, zu ggf. vorgenommenen Modifikationen des zeitlichen Ablaufs sowie zu Annahmen des subjektiven Prognoseverhaltens des mit der Abschätzung des weiteren Verlaufs betrauten Personals erforderlich. Exemplarisch wurde ein kompletter Satz von Betreiber-Lageberichten für das Szenario DWR 1ak im Rahmen der Übung CORE 2009 ausgestaltet.

3.5.3.2 ELDA-Meldungen der Landesaufsichtsbehörde

Inhalte der Meldungen und Lageberichte der Betreiber gehen bei einem kerntechnischen Unfall in komprimierter Form in die elektronische Lagedarstellung (ELDA) der Länder ein. Diese Meldungen sind der in der „Elektronischen Lagedarstellung für den Notfallschutz in der Bundesrepublik Deutschland“ (ELAN) verfügbar und stellen die zentrale Informationsquelle über den anlagentechnischen Ereignisablauf und den Quellterm für die Notfallorganisationen des Bundes dar. Die Meldungen sind nach dem einheitlichen Formaten für die elektronische Lagedarstellung (ELDA) der Länder ent-

sprechend /BEN 06/ strukturiert. Nach /BEN 06/ gliedern sich die ELDA-Meldungen in folgende Abschnitte:

– A Zusammenfassung
– B Zustand der Anlage
– C Emissionen über die Freisetzungspfade Kamin, Maschinenhaus, Venting, bodennahe Gebäudeöffnungen, Fortwasser
– D Meteorologie
– E Potenzielle Strahlenexposition
– F Immissionen
– G1 Empfehlungen für Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung
– G2 Hinweise zur Messtruppführung
– G3 Hinweise für Notfallstationen

Die Abfassung von ELDA-Berichten ist Übungsinhalt, falls die Landesaufsichtsbehörde aktiv mitübt. Falls sie simuliert wird, ist die Ausgestaltung der ELDA-Berichte auf Basis der Betreiber-Lageberichte sowie ggf. zusätzlichen Informationen aus der Kernreaktor-Fernüberwachung (KFÜ) zur Ausbreitungs- und Immissionssituation möglich.

3.5.3.3 Mitteilungen über Maßnahmenentscheidungen zum Schutz der Bevölkerung

Über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung wird durch die zuständigen Katastrophenschutzbehörden entschieden. Die entsprechenden Meldungen werden über das Informationssystem deNIS II an die obersten Innenbehörden des Bundeslandes und an das Bundesministerium des Innern weitergeleitet (vgl. Abschnitt 2.4.2). Für die Übung im Rahmen des Vorhabens wurde davon ausgegangen, dass die jeweils zuständige Landesaufsichtsbehörde auf Landesebene über den interministeriellen Krisenstab oder das gemeinsame Lagezentrum ebenfalls über Maßnahmenentscheidungen zum Schutz der Bevölkerung Kenntnis erhält und die Notfallorganisationen von BMU und BfS (z. B. über Einstellungen von Meldungen in ELAN) entsprechend informiert. Dieser Meldeweg kann bis auf Weiteres auch für zukünftige Übungen unterstellt werden. Ein

entsprechendes Meldeformular wurde für die Übung CORE 2009 in Anlehnung an die ELDA-Meldeformate (s. o.) erstellt. Die konkrete Ausgestaltung ist davon abhängig, ob die Katastrophenschutzbehörden in die Übung eingebunden werden oder simuliert werden. Im letzteren Fall sind für die Ausgestaltung zusätzliche Annahmen zur Durchführung von Maßnahmen (z. B. Zeitbedarf für Evakuierung, Annahmen zum Verkehrsfluss usw.) in das Szenario einzubeziehen.

3.5.3.4 Medien- und Öffentlichkeitsreaktion, Anfragen von Bundes- und Landesressorts, von Institutionen und aus der Bevölkerung

Medien- und Öffentlichkeitsreaktionen sowie Anfragen von Bundes- und Landesressorts, von Institutionen und aus der Bevölkerung sind als Reaktionen auf die sich in den ELDA- und Katastrophenschutzmeldungen abbildende Entwicklung entweder im Verlauf der Übung zu gestalten oder können, soweit diese Entwicklung bereits festliegt, als Einspielungen vorbereitet werden. Hierzu zählen je nach geplanten Übungsinhalten z. B.

– Anfragen aus Bundesressorts (wie Auswärtiges Amt, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bundeskanzleramt),
– Anfragen der für die Strahlenschutzvorsorge zuständigen obersten Landesbehörden,
– Anfragen von Medien und Institutionen,
– Berichterstattung in den Medien und
– Anfragen aus der Bevölkerung.

Die für die Übung CORE 2009 entsprechend vorbereiteten Einspielungen sind im Übungsbericht zusammengefasst.

3.5.3.5 Eingabedaten zur Simulation des Ereignisablaufs

Die für die Notfallorganisation des Bundes (BMU/BfS) primäre Informationsquelle über den Ereignisablauf besteht aus den Meldungen der elektronischen Lagedarstellung

(ELDA, vgl. Abschnitt 3.5.3.2). Darüber hinaus ist für den Ereignisfall die Übermittlung folgender Daten und Informationen über ELAN vorgesehen:

– RODOS-Prognosen der Zentralstelle des Bundes (ZdB), sofern der RODOS-Betrieb vom betroffenen Bundesland an die ZdB übertragen wurde
– Trajektorienrechnungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD)
– DWD-Prognosen mit Standardquellterm
– DWD-Fernbereichs-Prognosen auf Basis der RODOS-Rechnungen
– IMIS-Lagedarstellungen
– IMIS-ODL-Messungen
– IMIS-Messungen der Luftaktivität
– IMIS-Ergebnisse von Probenahmen (im weiteren Ereignisverlauf)

Für Übungszwecke können diese Informationen durch die Zentralstelle des Bundes (ZdB) beim BfS (z. T. in Zusammenarbeit mit DWD) simuliert werden, sofern für die Übung eine reale Wettersituation mit entsprechenden meteorologischen Antriebsfeldern des DWD-Lokalmodells für RODOS vorliegen. Für die Übung CORE 2009 wurden diese Informationen erzeugt und in ELAN eingespeist.

Weitere Informationen über den Ereignisablauf liegen der jeweiligen Landesaufsichtsbehörde des betroffenen Landes in Form der Betreibermeldungen (vgl. Abschnitt 3.5.3.1) und Daten aus dem Kernreaktor-Fernüberwachungssystem (KFÜ) vor. Informationen aus diesen Quellen werden nur auf Anfrage an die Notfallorganisation des Bundes (BMU/BfS) weitergeleitet. Für die Ausgestaltung von Übungen können für jedes Szenario des Katalogs Anlagenparameter aus dem KFÜ im in den Abschnitten 3.3.3 und 3.4.3 auf Basis der in elektronischer Form verfügbaren Datenreihen bereit gestellt werden. ODL-Messungen aus dem KFÜ-Messnetz sind parallel zu simulierten IMIS-Daten auf Basis entsprechender RODOS-Rechnungen generierbar. Hierfür ist wiederum die Vorgabe einer konkreten Wettersituation erforderlich.

3.6 Vorschläge zur Übungsdokumentation

Die Durchführung von Übungen gliedert sich grundsätzlich in die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung, für die entsprechende orientierende Unterlagen erforderlich sind und für die nachfolgend Vorlagen dokumentiert und Empfehlungen formuliert werden. Diese basieren auf internationalen Vorgaben, insbesondere den detaillierten Leitfäden der IAEO zu diesem Thema (vgl. Abschnitt 4.1.1) sowie auf den Erfahrungen bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Übung CORE 2009.

3.6.1 Vorbereitung

3.6.1.1 Aufgabenliste

Zur Abarbeitung der während der Übungsvorbereitung anfallenden Aufgaben wurde im Zuge der Übungsvorbereitung CORE 2009 eine Aufgabenliste erstellt und für eine Nutzung als generische Grundlage für die Übungsvorbereitung erweitert. Tab. 3.28 sollte für die Vorbereitung konkreter Übungen zunächst auf übungsspezifisch zu ergänzende oder nicht relevante Aufgaben überprüft und ggf. entsprechend angepasst werden.

Tab. 3.28 Generische Aufgabenliste für die Planung von Übungen der Notfallorganisationen des Bundes (BMU/BfS)

Aufgabe	Vorgehen, erwartetes Produkt	Zuständigkeit	Termin	Status
1. Festlegung Übungsziele				
1.1 Gesamtziel	Entscheidung über Gesamtziel und Teilziele, Dokumentation der Ziele			
1.2 Teilziele	Entscheidung über Gesamtziel und Teilziele, Dokumentation der Ziele			
2. Festlegung der übenden Organisationseinheiten				
2.1 BMU Krisenorganisation	Entscheidung, Abstimmung mit Hausleitungen und Beteiligten			
2.2 BfS Krisenorganisation	Entscheidung, Abstimmung mit Hausleitungen und Beteiligten			
2.3 Beratungsgremien (RSK/SSK/GRS):	Entscheidung, Abstimmung mit Hausleitungen und Beteiligten			

Aufgabe	Vorgehen, erwartetes Produkt	Zuständigkeit	Termin	Status
3.3 Externe Stellen	Anfragen z.B. Landesbehörden, Presse, andere Bundesressorts etc.Entscheidung, Abstimmung mit Hausleitungen und Beteiligten.			
3. Kapazitätsplanung Übungsleitung und -Beobachtung				
3.1 Leitung (Wer von BMU/BfS/GRS, Funktionen, Einsatzorte)	Aufgabenliste, Benennung der benötigten Personen			
3.2 Beobachtung (Liste der zu beobachtenden Einheiten, # Beobachter, von welcher Organisation)	Aufgabenliste, Benennunder benötigten Personen			
4. Übungsrandbedingungen				
4.1 Termin	Entscheidung, Abstimmung mit Hausleitungen und Beteiligten			
4.2 Standort	Auswahl, Entscheidung, ggf. im Benehmen mit Landesbehörde(n)			
4.3 Wetter	Auswahl passender Wetterlage, Bereitstellung Wetterdaten zum RODOS-Antrieb			
4.4 Szenario	Auswahl, Entscheidung und Dokumentation			
5. Simulation der Prognose- und Messdaten zum Ereignisablauf				
5.1 Anlageninterne Parameter	Erstellung im Rahmen der Szenarienkonzeption			
5.2 Meldungen aus der Anlage	Erstellung Alarm- und Lageberichte			
5.3 Quellterm	Zeitl. Freisetzungsablauf als Input für RODOS und KFÜ			
5.4 RODOS-Szenarienrechnungen				
5.4.1 Zugang/Randwerte	Bereitstellung, Support			
5.4.2 Simulationen/ Ergebnisse	Durchführung der Simulationen, Dokumentation der Ergebnisse			
5.4.3 Ergänzende Simulationen /Postprocessing für KFÜ-IMIS	Durchführung der Simulationen, Ableitung und Extraktion der simulierten KFÜ- und IMIS-Daten			
5.5 KFÜ-Datensätze	Ableitung von KFÜ-Datnsätzen aus Anlagenparametern und simulierten ODL-Werten			

Aufgabe	Vorgehen, erwartetes Produkt	Zuständigkeit	Termin	Status
5.5.1 Anlagendaten	Aufbereitung aus Szenarienkatalog und Datenreihen			
5.5.2 Wetterdaten	Ableitung aus Vorgabe Übungswetter			
5.5.3 Emission über überwachte Pfade	Aufbereitung aus Szenarienkatalog und Datenreihen			
5.5.4 ODL-Messdaten in der Umgebung	Ableitung auf Basis der RODOS-Simulationen			
5.6 Datensätze aus IMIS-Bundesmessnetz	Ableitung auf Basis der RODOS-Simulationen			
5.7 DWD-Trajektorienrechnungen	extern durch DWD oder bei BfS gespeichert			
5.8 DWD-Fernbereichsrechnungen	extern durch DWD oder bei BfS gespeichert			
6. Simulation externer Informationsflüsse (sofern keine aktive Teilnahme durch externe Stelle erfolgt)				
6.1 Festlegung Übungsaufgaben für alle Organisationseinheiten	Übungsaufgaben entsprechend Definition der Übungsziele, Vorgabe Übungsmodule und Handlungsanweisungen für alle Stäbe definieren			
6.2. Festlegung der Schnittstellen zu externen Informationsquellen	Erstellung detaillierter Schnittstellenliste			
6.3 Vorgegebene Informationen				
6.3.1 Anlage	Erstellung Betreiber-Lageberichte			
6.3.2 Landesaufsichtsbehörde	Erstellung ELDA-Meldungen über radiologische Lagebeurteilung, Empfohlene Maßnahmen			
6.3.3 Katastrophenschutzbehörde(n)/Innenbehörden	Beschlossene Maßnahmen, Umsetzung, Schwierigkeiten, angefragte Hilfeleistung (Kommunikation über Landesaufsichtsbehörde)			
6.3.4 Strahlenschutzvorsorge; oberste Landesbehörden	Anfragen zur Länderübergreifenden Koordination von Vorsorgemaßnahmen			
6.3.5 Betroffene Bevölkerung, Institutionen	Anfragen, Beschwerden, Ersuchen um Unterstützung, Verhalten mit Relevanz für Notfallplanung			

Aufgabe	Vorgehen, erwartetes Produkt	Zuständigkeit	Termin	Status
6.3.6 Medien, Öffentlichkeit	Anfragen, Berichterstattung			
6.3.7 Andere Länder- und Bundesressorts	z. B. bezüglich länderübergreifendem Einsatz von Kräften,			
6.3.8 Nachbarstaaten, weitere Länder	Anfragen, Anbieten grenzüberschreitender Hilfeleistungen			
6.3.9 Internationale Organisationen (z.B. EU, OECD, IAEO)	Anfragen			
6.4 Festlegung der Informations- und Kommunikationswege zwischen externen Stellen	Liste mit Zuordnung der simulierten Stellen zu realen Kommunikationswege			
7. Übungsdokumentation				
7.1 Erwarteter zeitlicher Ablauf ("Übungsdrehbuch")	Tabelle mit • Vorgaben zum Ereignisablauf • Einspeisung von Informationen (Übungsleitung) Information-Zeitpunkt-durch wen-Kommunikationsmittel • Erwartete Handlungen (Übende) Handlung Akteur - Zeitrahmen - Einfluss auf Ablauf • Meilensteine und Haltepunkte (für Korrektur/Eingreifen durch Übungsleitung)			
7.2 Leitfaden für Übungsteilnehmer				
7.3 Leitfaden für Übungsbeobachtung				
7.4 Sicherung Erfahrungsrückfluss	Fragebögen für Übungsteilnehmer, ggf. Vorgaben für Berichte aus Beobachtung			
7.5 Übungsbericht				
8. Logistik				

Aufgabe	Vorgehen, erwartetes Produkt	Zuständigkeit	Termin	Status
8.1 Benötigte Räume				
8.2 Benötigte EDV-Telekommunikation				
8.3 Catering				

3.6.1.2 Schnittstellenliste

Für die Einbindungen bzw. Simulation externer Stellen sind die zu bedienenden Schnittstellen zu definieren. Hierfür können die generischen Tabellen aus Abschnitt 3.5.2 herangezogen und der spezifischen Übungsgestaltung jeweils angepasst werden.

3.6.1.3 Ablaufplan

Im Plan des vorgesehenen Ablaufs („Übungsdrehbuch“) werden alle für die Übungsdurchführung wesentlichen Ereignisse und simulierten oder erwarteten Handlungen in chronologischer Reihenfolge festgehalten. Der Ablaufplan ist zentrales Planungsinstrument für die Übungsleitung einschließlich etwaiger Simulationszellen Einspielgruppen sowie für die Übungsbeobachtung. Er darf den Übungsteilnehmern nicht vorzeitig bekannt werden. Der Ablaufplan dient insbesondere zur

– Koordination aller Einspielungen und Elimination von Inkonsistenzen vor der Übung, zur

– Prüfung, inwiefern Handlungen und Ergebnisseder Teilnehmer zeitgerecht erfolgen bzw. fertiggestellt werden und zur

– Kontrolle, inwiefern der tatsächliche Übungsablauf mit dem vorgesehenen Ablauf übereinstimmt.

Der Ablaufplan soll somit auch die Grundlage für das Eingreifen der Übungsleitung bieten, um ggf. den tatsächlichen Übungsverlauf bei größeren Abweichungen vom Ablaufplan so zu beeinflussen, dass ein geordneter weiterer Übungsablauf gewährleistet ist und die Übungsziele nach wie vor erreicht werden können.

Für die Einspielung von vorbereiteten Einlagen in elektronischer Form können diese über die Tabelle verlinkt werden. Dies gilt auch für Daten, die den Simulationszellen vorliegen. Auf diese Weise wird ein einfacher und zeitgerechter Zugriff auf einzuspielende und simulierte Informationen ermöglicht Fehler bei der Einspielung und bei Annahmen zur Verfügbarkeit simulierter Informationen (z. B. Betreiber-Lageberichte für simulierte Aufsichtsbehörden) können so vermieden werden.

Ein Vorschlag für die Gestaltung des Ablaufplans ist in nachfolgender Tab. 3.29 enthalten.

Tab. 3.29 Exemplarische Struktur des Ablaufplans mit Erläuterungen

Zeit ab Ereignis-beginn t-t0 (hh:mm:ss)	**Datum/Uhrzeit (gesetzliche lokale Zeit)**	**Chronologischer Ablauf/Ereignis**	**Handlung/ Information**	**Informations-unterlage/ Datei**	**(Ggf. simulierter) Akteur**	**Einspielung/ Simulation durch**	**Adressat/ Medium**	**Bemerkungen**
Zeitangabe relativ zum Beginn des Ereignisablaufs (entspricht Zeitangaben zum Ereignisablauf im Szenarienkatalog bzw. angepassten Szenarien	Angabe der Uhrzeit entsprechend Festlegung des anzunehmenden Ereignisbeginns Falls Datum und Uhrzeit des Szenarios von der tatsächlichen Zeit abweichen sollte (z. B. bei eingeplanten Übungspausen, Übungszeitraffern oder Zeitsprüngen) sollte in einer weiteren Spalte die „tatsächliche Uhrzeit“ mit erfasst werden und zwischen tatsächlicher Zeit und Übungszeit unterschieden werden	Beschreibung des aktuellen Ereignisses	Erwartete oder simulierte Handlung; einzuspielende oder von Teilnehmern zu erbringende Information	Zugänglichkeit der Information, verlinktes Dokument	Stelle, von der die Handlung/ Information erwartet wird (bei Teilnehmern) Oder simulierte Stelle, von der Handlung oder Information im Rahmen des Szenarios ausgeht	Bei Simulation: Festlegung der Simulationszelle bzw. Einspielgruppe, von der die Einspielung vorzunehmen ist	Tatsächlicher oder simulierter Adressat der Einspielung oder erwarteten Handlung; Medium, über das Information zur Verfügung stehen soll (z. B. ELAN)	*Planung:* z. B. spezielle Hinweise für die Durchführung, (ggf. weitere Spalte für Bemerkungen bei Durchführung vorsehen: festgestellte Abweichungen im Übungsablauf, Dokumentation von Korrekturhandlungen)

3.6.1.4 Leitfaden für die Übungsteilnahme

Der Leitfaden für die Übungsteilnahme enthält für alle teilnehmenden Stellen über die für die erfolgreiche Übungsteilnahme wesentlichen Informationen. Insbesondere sollten Angaben zu folgenden Themen enthalten sein:

– **Übungsziele, Übungsschwerpunkte und Übungsaufgaben:**
  Erläuterung in modularer Darstellung

– **Allgemeine Angaben zum Übungsablauf:**
  Art der Übung (z. B. Vollübung, Stabsrahmenübung) angekündigt oder unangekündigt, ggf. Zeitangaben zum Übungstermin und zur Übungsdauer

– **Übungsszenario:**
  Erforderliche Angaben zur Vorbereitung auf das Szenario, keine Detailangaben zum Ablauf

– **Übungsteilnehmer:**
  Aufstellung der Übungsteilnehmer, Erreichbarkeit

– **Übungsleitung und –beobachtung:**
  Aufgaben und Erreichbarkeit

– **Nutzung technischer Unterstützungs- und Informationssysteme:**
  Kurzbeschreibung der Nutzung von RODOS, IMIS und ELAN im Rahmen der Übung

– **Simulation externer Stellen:**
  Beschreibung der Simulationsart, Erreichbarkeit

– **Kommunikation und Verhalten:**
  Kommunikations- und Verhaltensregeln, Erklärung von Beginn und Ende, Möglichkeiten außerplanmäßige Beendigung, Sicherheit während der Übung

Zur Sicherung des Erfahrungsrückflusses sollten außerdem vorbereitete Fragebögen für die Übungsteilnehmer (vgl. Abschnitt 3.6.3.3) dem Leitfaden als Anlage beiliegen.

3.6.1.5 Leitfaden für die Übungsbeobachtung

Der Leitfaden für die Übungsbeobachtung dient der Einweisung der Beobachter in die Übung und enthält neben den Informationen des Übungsleitfadens zusätzliche Angaben zur Vorbereitung und Durchführung der Beobachtung, insbesondere Checklisten für die Beobachtung und modulbezogene Aufgabenbeschreibungen für die zu beobachtenden Stäbe. Zusätzlich sind Hinweise für die Vorbereitung der Beobachtung, Handhabung der Checklisten, Verhalten bei Beobachtung und das Abfassen von formloser Zusammenfassungen der Eindrücke während der Beobachtung hilfreich.

Als Anlagen zum Leitfaden für die Übungsbeobachtung sollte den Beobachtern der Plan des vorgesehenen Ablaufs (Abschnitt 3.6.1.3) verfügbar gemacht werden.

3.6.2 Durchführung

Während der Durchführung der Übung werden eine Vielzahl von Informationen erzeugt undkommuniziert, die für die spätere Auswertung soweit wie möglich zu sichern sind. Hierzu zählt vor allem die Nutzung von ELAN. Darüber hinaus können für die simulierten externen Stellen sowie für die Übungsleitung eigene E-Mail-Adressen eingerichtet werden. Die Stellen müssen auch für Informationsflüsse per Telefon und Fax erreichbar sein. Telefongespräche sollten durch die Simulationszellen protokolliert und alle ein- und ausgehenden Faxe zur späteren Auswertung gesammelt werden. Alle Informationen müssen bzgl. Urheber, Adressat (real und ggf. simuliert) sowie Kommunikationszeitpunkt eindeutig gekennzeichnet sein.

Nicht interaktiv simulierte Stellen können durch eine gemeinsame Adresse/Fax-Nr./Tel-Nr. bedient werden. Es empfiehlt sich darüber hinaus, schriftliche Einspielungen per E-Mail über eine eigene Adresse einzuspielen. Die Einspielungen können vor der Übung als E-Mails vorbereitet werden. Dadurch wird die Möglichkeit für Verzögerungen und Fehler bei der Einspielung während der Übung reduziert. Die Erreichbarkeit sämtlicher (realer oder simulierter) Akteure während der Übung muss im Leitfaden für die Übungsteilnahme dokumentiert werden.

3.6.3 Auswertung

Die zur Auswertung heranzuziehende Übungsdokumentation stützt sich auf die während der Übung gesicherten Informationsflüsse, die Erkenntnisse aus der Übungsbeobachtung und den Erfahrungsrückfluss durch die Teilnehmer.

3.6.3.1 Dokumentation des Informationsflusses

Die Dokumentation der Informationsflüsse soll es ermöglichen, die von den Notfallorganisationen produzierten und kommunizierten Informationen sowohl inhaltlich als auch in ihrem zeitlichen Ablauf im Vergleich mit dem vorgesehenen Übungsablauf und den erfolgten Einspielungen zu bewerten. Hierfür eignet sich die Aufbereitung aller verfügbaren schriftlichen Informationen in digitaler Form und ihre tabellarische Zusammenfassung in einer mit den Dokumenten verlinkten Dokumentation des Informationsflusses. Aus dieser können auch komplexe stabs- und organisationsübergreifende Kommunikationsvorgänge nachvollzogen und bei Fehlern ggf. Ursachen durch Zurückverfolgung identifiziert werden.

3.6.3.2 Erkenntnisse aus der Übungsbeobachtung

Erkenntnisse aus der Übungsbeobachtung sind durch Notizen der Beobachter während der Übung und durch Zusammenfassungen der Übungseindrücke nach der Übung zu dokumentieren. Vorgegebene Checklisten können das Protokollieren der Beobachtungseindrücke während der Übung erleichtern. Als Beispiel ist in nachfolgender Tab. 3.30 exemplarisch eine für die Übung CORE 2009 benutzte Checkliste wiedergegeben.

Die Zusammenfassung der Übungseindrücke durch Beobachter kann formlos oder auch anhand von Fragebögen erfolgen. Im Vorhaben wurden zur Übung CORE 2009 formlose Übungsberichte erstellt, die eine unvoreingenommene Berichterstattung durch die Beobachter fördern. Die Verwendung von Fragebögen bietet sich hingegen an, wenn z. B. für einen einzelnen Stab gezielt bestimmte und festgelegte Abläufe durch die Übung bewertet werden sollen und das Umfeld vereinfacht und nicht beeinflussbar simuliert wird.

Tab. 3.30 Exemplarische Checkliste für die Übungsbeobachtung

Checkliste Übungsablauf Stab XX, Organisation YY					Blatt Nr. Datum:
Nr.	**Uhrzeit**	**Informationsein-gang/Absender**	**Bearbeitungspro-zess/Aktivitäten**	**Ergebnis/ Empfänger**	**Bemerkungen**

3.6.3.3 Erfahrungsrückfluss durch die Übungsteilnehmer

Der Erfahrungsrückfluss durch die Übungsteilnehmer kann durch bald nach der Übung durchzuführende Nachbesprechungen und Fragebögen gesichert werden. Für beide Dokumentationsarten sollten die Eindrücke der Übungsteilnehmer noch frisch sein. Nachfolgend ist exemplarisch der vom BfS erstellte und für die Übung CORE 2009 genutzte Fragebogen an die Übungsteilnehmer wiedergegeben:

1. In welchem Stab und in welcher Funktion haben Sie an der Übung teilgenommen?
2. Entsprach der Alarmierungsvorgang den im Alarmhandbuch festgelegten Vereinbarungen?
3. Waren die eingegangenen Meldungen ausreichend informativ und präzise?
4. Gab es Ihrerseits viele Rückfragen an die simulierten externen Stellen?
5. Bewerten Sie das Übungsszenarium (vorgegebener Ereignisablauf) als anspruchsvoll?
6. Stand Ihnen ausreichend Zeit zur Verfügung, um Ihre Aufgaben zu bewältigen? Verlief die Abarbeitung Ihrer Aufgaben bestimmungsgemäß?
7. Wurde die Interaktion zwischen den einzelnen Bereichen der Notfallschutzorganisation ausreichend getestet?
8. War die Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Bereichen der Notfallschutzorganisation für die Bewältigung Ihrer Aufgaben hilfreich?

9. War die Bereitstellung der für Ihre Aufgaben benötigten, simulierten Daten ausreichend umfassend und zeitgerecht?

10. Waren alle technischen Mittel, die Sie für Ihre Aufgaben benötigen, verfügbar und funktionstüchtig?

11. Standen Ihnen alle für Ihre Aufgaben benötigten Unterlagen in aktueller Version zur Verfügung?

12. War die Übungsdauer aus Ihrer Sicht angemessen, um die Abarbeitung wesentlicher Aufgaben der Notfallorganisation testen zu können?

13. Welche Szenarien wären für das Üben Ihrer Aufgabengebiete hilfreich?

14. War die Übungsanleitung ausreichend informativ?

15. Wie regelmäßig und mit welcher Häufigkeit sollen Ihrer Meinung nach solche umfassende Notfallübungen stattfinden?

16. Welche externen Institutionen sollen Ihrer Meinung nach live mitüben?

17. Was haben Sie während der Übung als störend empfunden?

18. Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie bezüglich der Übungsorganisation?

3.6.3.4 Modulbezogene Ergebnisauswertung

Die Auswertung der während der Übung gesicherten Informationsflüsse, der Erkenntnisse aus der Übungsbeobachtung und des Erfahrungsrückflusses durch die Teilnehmer sollte als Gesamtergebnisse in Bezug auf die Aufgabenstellung und Zielsetzung der Übung bewertbar sein. Hierzu können die Ergebnisse der Übungsauswertung in Bezug auf die in den Übungsmodulen (vgl. Abschnitt 3.5.1) gestellten Übungsaufgaben zusammengefasst und tabellarisch dargestellt werden. Abgeleitete Empfehlungen zur Effizienzsteigerung der Notfallorganisationen (BMU/BfS) können in dieses Schema, das in nachfolgender Tab. 3.31 exemplarisch für das Modul „Alarmierung“ dargestellt ist, ebenfalls aufgenommen werden.

Tab. 3.31 Exemplarisches Schema zur Modulbezogenen Übungsauswertung

Modul 1	**Übungsaufgaben**
Alarmierung und Zusammentreten der Notfallorganisationen BMU/BfS	- Entgegennahme der Alarmierung durch Rufbereitschaft BMU - Interne und externe Weiterleitung an die zu benachrichtigenden Stellen - Herstellung und Aufrechterhaltung der Einsatzbereitschaft aller übenden Stäbe (BMU, BfS)
Ergebnisse zu Modul 1	
Empfehlungen zu Modul 1	

3.7 Bewertung der Übertragbarkeit der Übungsszenarien auf andere KKW

Die in den Abschnitten 3.3 und 3.4 dargestellten Szenarien beruhen auf anlagenspezifischen Berechnungen für die zugrundegelegten Referenzanlagen. Die Ausbreitungsrechnungen wurden standortspezifisch für einen fiktiven Standort der Referenzanlagen durchgeführt. Es wird in diesem Abschnitt überprüft und dargestellt, inwieweit die Szenarien auch auf andere Anlagen und Standorte übertragbar sind. Es geht dabei nicht primär darum, ob die Verläufe der einzelnen Daten während des Szenarios exakt auf eine andere Anlage passen, sondern ob die Zwecke einer Übung auch dann erreicht werden können, wenn diese Deckungsgleichheit nicht gegeben ist.

3.7.1 Übertragbarkeit der Szenarien auf andere Anlagen

Im Folgenden wird die Frage der Übertragbarkeit zunächst dahingehend untersucht, inwiefern veränderte Unfallabläufe zu erwarten sind, wenn einem Übungsszenario eine andere Anlage als die Referenzanlage zugrundegelegt werden soll. Grundsätzlich wird die Übertragbarkeit auf andere noch in Betrieb befindliche deutsche Anlagen geprüft. Standorte im Ausland werden nicht berücksichtigt.

Die in den Übungsszenarien verwendeten Anfangsinventare sollten bei einer Übertragung auf einen anderen Standort zumindest entsprechend der veränderten thermi-

schen Leistung skaliert werden. Für die Auswahl eines geeigneten Ausgangsinventars kann auch /SSK 04/ herangezogen werden. Es ist zu berücksichtigen, dass dies gegenüber bereits berechneten radiologischen Auswirkungen von Freisetzungen zu Veränderungen führen kann. Im Übrigen dürfte eine leicht unterschiedliche thermische Leistung und auch Änderungen bei der Beladung und dem Abbrand den Quellterm nicht in einem für die vorgesehenen Übungszwecke relevanten Ausmaß beeinflussen. Größere Abweichungen (z. B. bei Annahme des Störfalleintrittes kurz nach einer Revision oder bei deutlich verschiedener thermischer Leistung) können dazu führen, dass bei den berechneten Unfallabläufen mit erheblichen quantitativen (bezüglich des Zeitverlaufs) und evtl. auch qualitativen Unsicherheiten zu rechnen ist.

3.7.1.1 Übertragbarkeit der DWR-Szenarien

Die DWR-Referenzanlage GKN-2 ist vom Typ Konvoi. Die Kernkraftwerke Neckarwestheim 2 (GKN-2), Isar 2 (KKI-2) und Emsland (KKE) entsprechen ebenfalls dieser weitgehend standardisierten Bauform der 4. DWR-Generation des Herstellers KWU. Eine Übertragung der DWR-Übungsszenarien auf diese Anlagen ist daher vom anlagentechnischen Standpunkt her ohne Weiteres möglich. Die sogenannten Vorkonvoi-Anlagen Brokdorf (KBR), Grafenrheinfeld (KKG), Grohnde (KWG) und Philippsburg 2 (KKP-2) haben vergleichbare Leistungen und weisen keine für die Übungsszenarien relevanten Unterschiede in der Anlagentechnik auf, so dass auch in diesen Fällen von einer guten Übertragbarkeit auszugehen ist. Die übrigen noch laufenden DWR-Anlagen in Deutschland, Neckarwestheim 1 (GKN-1), Biblis A und B (KWB A/B) sowie Unterweser (KKU), sind differenzierter zu betrachten. Insbesondere GKN-1 hat eine deutlich geringere Leistung und verfügt nur über drei Dampferzeuger. Allgemein sind die anlagentechnischen Abweichungen gegenüber der Referenzanlage erheblicher. Auch wenn ohne zusätzliche anlagenspezifische Rechnungen mögliche Abweichungen von den berechneten Unfallabläufen nicht genau abgeschätzt werden können, ist dennoch davon auszugehen, dass alle im Vorhaben erarbeiteten DWR-Übungsszenarien auch für diese Anlagen sinnvoll genutzt werden können, da die Abläufe grundsätzlich denkbar sind. Im Falle des Übungsszenarios DWR 3 sollte allerdings anlagenspezifisch überprüft werden, ob die in /GRS 01/ für die Referenzanlage angestellten Überlegungen zum Versagen der Sumpfansaugrohre im Wesentlichen übertragbar sind (Lage und Ausführung der Rohre, mögliche Hindernisse für die Kernschmelze vor dem Erreichen der Sumpfsaugrohre, genaue Geometrie der Sicherheitsbehältersümpfe, etc.).

3.7.1.2 Übertragbarkeit der SWR-Szenarien

Die SWR-Referenzanlage gehört zur Baulinie 69. Von diesem Typ sind noch folgende deutsche Anlagen in Betrieb: Philippsburg 1 (KKP-1), Brunsbüttel (KKB), Isar 1 (KKI-1) und Krümmel (KKK). Die anlagentechnischen Abweichungen innerhalb dieser Baulinie sind größer als innerhalb der verschiedenen DWR-Generationen. Außerdem hat die Anlage KKK eine deutlich größere Leistung als die Referenzanlage. Der Sicherheitsbehälter, der bei der Baulinie 69 einen entscheidenden Einfluss auf den Ablauf schwerer Unfälle hat, ist aber jeweils vergleichbar. Dementsprechend erscheint eine Übertragbarkeit der SWR-Übungsszenarien auf andere Anlagen dieser Baulinie möglich, allerdings ist mit Abstrichen bei der Genauigkeit der Beschreibung anlagentechnischer Abläufe zu rechnen. Bei allen drei Szenarien erfolgt die langfristige Radionuklidfreisetzung über den Kamin, da sich ein Naturzug einstellt und über das Maschinenhaus eine Verbindung zum Reaktorgebäude besteht. Deswegen ist jeweils anlagenspezifisch zu überprüfen, ob vergleichbare Strömungsverbindungen zwischen den Gebäuden zu erwarten sind, damit von einer Übertragbarkeit des Quellterms auch in dieser Hinsicht ausgegangen werden kann.

Die beiden übrigen noch laufenden deutschen SWR-Anlagen, Gundremmingen B und C (KRB-II-B/C), gehören der Baulinie 72 an. Diese Anlagen unterscheiden sich deutlich von denen der Baulinie 69. So sind die Sicherheitssysteme anders aufgebaut, und auch der Sicherheitsbehälter folgt einem anderen Design. Daher ist eine Übertragung der SWR-Übungsszenarien auf diese beiden Blöcke nicht ohne Weiteres möglich. Zum einen kommen nicht die gleichen Systeme zum Einsatz, so dass bereits das anlagentechnische Szenario nicht einfach übertragen werden kann. Zum anderen ist insbesondere wegen des unterschiedlichen Aufbaus des Sicherheitsbehälters mit qualitativ verschiedenen Unfallabläufen und Radionuklidfreisetzungen zu rechnen.

3.7.1.3 Zusammenfassende Bewertung der anlagentechnischen Übertragbarkeit

Zusammenfassend stellt sich die Übertragbarkeit der Übungsszenarien auf eine andere als die jeweilige Referenzanlage also wie folgt dar. Die DWR-Übungsszenarien lassen sich grundsätzlich auf andere DWR-Anlagen, die in Deutschland noch in Betrieb sind, übertragen. Dies gilt im Wesentlichen auch für die Übertragung der SWR-

Szenarien auf SWR-Anlagen der Baulinie 69. Eine Nutzung der in diesem Vorhaben erarbeiteten Übungsszenarien für SWR-Anlagen der Baulinie 72 ist hingegen nicht sinnvoll möglich. In jedem Fall sollte bei einer Übertragung das Ausgangsinventar angepasst werden. Außerdem sollte überprüft werden, ob die wesentlichen Merkmale des zu übertragenden Szenarios wie die anlagentechnischen Randbedingungen oder der dominante Freisetzungspfad für die gewählte Anlage denkbar sind. Anderenfalls sollte dies durch kleinere Modifikationen des Ablaufs bzw. des Quellterms erreichbar sein. Grundsätzlich ist eine Übertragung immer mit einer Vergrößerung der quantitativen und zum Teil auch qualitativen Unsicherheiten des jeweiligen Übungsszenarios verbunden. Bei einem Vorgehen im Rahmen der vorangehenden Überlegungen ist jedoch zu erwarten, dass die Unsicherheiten in einem für die vorgesehenen Übungszwecke akzeptablen Rahmen bleiben.

3.7.2 Übertragbarkeit der Szenarien auf andere Standorte

Grundsätzlich sind die Ergebnisse von beispielhaft dokumentierten Standorten aufgrund unterschiedlicher orographischer, topographischer, demografischer und meteorologischer Bedingungen nicht ohne weiteres übertragbar. In diesem Abschnitt werden Einflussgrößen und Randbedingungen diesbezüglich diskutiert und die Möglichkeiten der Übertragbarkeit und die potenziellen Variationserfordernisse herausgestellt.

3.7.2.1 Übertragbarkeit der Freisetzungs-Randbedingungen

In den Szenarien aus den Abschnitten 3.3 und 3.4 ist die Freisetzungshöhe der maßgebliche Parameter für die Freisetzungsrandbedingungen. Einflüsse aus Gebäudeumströmung und thermischer Überhöhung sind für die betrachteten Szenarien von untergeordneter Bedeutung und für die Frage der Übertragbarkeit ergeben sich keine relevanten Unterschiede.

Bzgl. der Freisetzungshöhen ist zwischen Kaminfreisetzung und Freisetzung aus Gebäudeöffnungen zu unterscheiden. Die Kaminhöhe der DWR-Referenzanlage beträgt 150 m, die der SWR-Referenzanlage 100 m. Die Kaminhöhe bei den in Betrieb befindlichen KKW in Deutschland liegt zwischen 96 m und 170 m. Nach /SSK 04/ variieren die Quellentfernungen für bodennahe Konzentrationsmaxima mit der Kaminhöhe zwischen 100 m und 150 m etwa um den Faktor 2, die Beträge der Konzentrationsmaxima

je nach Schichtung und Windgeschwindigkeit um den Faktor 0,25 – 0,5. Zur Übertragung von Szenarien auf andere Anlagen sind diese Unterschiede relevant.

Freisetzungen aus Gebäudeöffnungen kommen in den Szenarien DWR 1 und DWR 1a (jeweils 30 m), DWR 3 (25 m) sowie SWR 1 (1 m) vor. Die Sensitivität der bodennahen Nuklidkonzentrationen ist bei bodennahen Freisetzungen stark von der Modellierung der vertikalen Durchmischung abhängig (/GRS 03/). Aus /GRS 03/ kann als Faustregel abgeleitet werden, dass deutlichere Unterschiede in den bodennahen Radionuklidkonzentrationen auftreten können, wenn die zu unterstellende Freisetzungshöhe um mehr als 10 m variiert. Bei der Übertragung auf andere Anlagen sollte daher zumindest geprüft werden, ob aufgrund der baulichen Gegebenheiten derartige Abweichungen in der Freisetzungshöhe zu unterstellen sind.

3.7.2.2 Übertragbarkeit der Ausbreitungsbedingungen

Die Ausbreitungsbedingungen werden primär durch die atmosphärischen Parameter Windrichtung und –geschwindigkeit, Stabilität und Niederschlag beeinflusst. Diese hängen von den am jeweiligen Standort zu einem gegebenen Zeitpunkt herrschenden lokalen Wetterbedingungen ab, die im Wesentlichen durch die großräumigen Zirkulationssysteme geprägt werden. Die bodennahe Strömung wird darüber hinaus durch die Oberflächenrauigkeit und die Orographie beeinflusst.

Starke standortbedingte Unterschiede können vor allem durch ein ausgeprägtes orographisches Relief entstehen, das insbesondere durch Kanalisierungseffekte die bodennahe Windströmung beeinflussen kann. Darüber hinaus ist die bodennahe Durchmischung und Deposition von der Rauigkeit der Oberfläche, die ihrerseits von der Landnutzung geprägt wird, abhängig.

In den betrachteten Szenarien wurden zur Detailanalyse radiologischer Auswirkungen Ausbreitungsrechnungen für artifizielle Wettersituationen mit homogenen und zeitlich konstanten Wind-, Schichtungs- und Niederschlagsverhältnissen am (für die Referenzanlagen fiktiven) Standort Isar betrachtet. Die Verhältnisse entsprechen den mittleren lokalen Wetterbedingungen. Geländeeinflüsse bestehen vor allem in der Behinderung der bodennahen Strömung durch den Bayerischen Wald in ca. 60-80 km Entfernung.

Für eine reale Wettersituation sind allerdings weitaus größere Abweichungen durch die anzunehmenden Variationen in den Wind-, Schichtungs- und Niederschlagsverhältnissen als durch standortbedingte Abweichungen in der Orographie und Landnutzung zu unterstellen. Die Ergebnisse der RODOS-Rechnungen in den Abschnitten 3.3 und 3.4 sind daher als überschlägige Abschätzungen radiologischer Auswirkungen nicht standortspezifisch. Für eine realitätsnahe Modellierung der Ausbreitung sollten konkrete Wettersituationen mit Strömungsfeldern erfasst werden, die sowohl den Einfluss instationärer großräumiger Wettersysteme als auch die regionaltypische Modifikation dieser Einflüsse realistisch wiedergeben.

Daher wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass es bei der Planung/Übertragung der Szenarien aufgrund der Vorbereitung und Dokumentation des Vorhabens mit Hilfe der generisch formulierten Unterlagen möglich ist, eine standortbezogene Übung mit Hilfe von RODOS-Rechnungen für eine geeignete Wettersituation mit entsprechenden meteorologischen Antriebsfeldern vorzubereiten.

3.8 Diskussion der Übertragungsszenarien

Für die von der GRS ermittelten Szenarien DWR 1 bis DWR 3 und SWR 1 bis SWR 3 wurden gemeinsam mit dem BfS in Bezug auf die Eignung für die Gestaltung von Übungen bewertet. Dabei wurde festgestellt, dass die Szenarien als repräsentativ für das Spektrum von auslegungsüberschreitenden Ereignissen angesehen werden können und somit grundsätzlich als Basisszenarien für die Übungsgestaltung instruktiv sind. Allerdings sind für die Übungsgestaltung zusätzliche Gesichtspunkte wesentlich, ohne deren Beachtung und entsprechende Anpassung die Szenarien nicht einfach für Übungen zu nutzen sind.

Die bislang für die DWR-Referenzanlage definierten Szenarien DWR 1 bis DWR 3 wurden unter diesen Gesichtspunkten in einem Gespräch zwischen Vertretern von BfS, GRS und der DWR-Referenzanlage in Bezug auf ihren Anpassungs- und Ergänzungsbedarf für die Verwendung in Übungen diskutiert. Auf diesem Gespräch wurde festgestellt, dass die Ergebnisse einer PSA Stufe 2 eine Grundlage für die Erarbeitung von Übungsszenarien bieten, für die Definition konkreter Ereignisabläufe zur Übungsgestaltung jedoch weitere Modifikationen und Ergänzungen sinnvoll sein können. Zur weiteren Optimierung von Freisetzungsszenarien für die Gestaltung von Übungen wurden daher folgende weitere Kriterien aufgestellt:

– *Begrenzte Gesamtdauer:* Die Dauer von Vorfreisetzungsphase und Freisetzungsphase insgesamt sollte etwa einen Tag nicht überschreiten. Ein Schichtwechsel in der behördlichen Krisenorganisation soll als Bestandteil der Übung möglich sein.

– *Definierte Anlagenzustände:* Das Übungsszenario soll den Übenden die Möglichkeiten bieten, ihre Aufgaben – entsprechend den Zuständigkeitsbereichen – wahrzunehmen. Undefinierte Anlagenzustände (wie z. B. ein langfristiges Durchschmelzen des SB mit unabsehbarem weiterem Ereignisablauf) sind für Übungszwecke ungünstiger als ein definierter und absehbar kontrollierbarer Anlagenzustand am Übungsende.

– *Kontrolle über die unterstellte Dauer der Vorfreisetzungsphase:* Für die Übung der Alarmierung, Prognose und Maßnahmenplanung auf Basis des Anlagenzustands im Vorfeld einer Freisetzung sollte eine Vorfreisetzungsphase von ausreichender Dauer, die idealerweise für die konkrete Übungsplanung variierbar sein sollte, vorgesehen werden.

– *Lagebewertung für die unterstellten radiologischen Auswirkungen:* Das Freisetzungsszenario sollte die Anwendung des in der Bundesrepublik gültigen Notfallschutzkonzeptes (Katastrophenschutz/Strahlenschutzvorsorge) ermöglichen. Insbesondere sollte der unterstellte Quellterm der konkreten Übungsgestaltung angepasst werden können. Dies kann z. B. durch die zeitliche Variation der Annahme von plausiblen Maßnahmen zur Beendigung der Freisetzung erfolgen.

– *Vermeiden von Szenarien mit extrem hohen oder zu geringfügigen Freisetzungen:* Die Unterstellung extrem hoher Freisetzungen mit sehr geringer Eintrittshäufigkeit ist für die Übungsgestaltung ungeeignet. Desgleichen sind Fälle mit Freisetzungen, die zu gering sind, um zu Auswirkungen mit dem Erfordernis für Gegenmaßnahmen zu führen, für Übungen wenig geeignet. Die Voraussetzung für geeignete Übungsszenarien ist ein sinnvoller Handlungsbedarf für alle Übungsbeteiligten.

Auf Basis der Bewertung des BfS und des Gesprächs zwischen BfS, GRS und der DWR-Referenzanlage wurde durch die GRS das Szenario DWR 1 in der modifizierten Version DRW 1a (Abschnitt 3.3.5) optimiert. Nach weiteren übungspragmatischen Anpassungen wurde es in der Version DWR 1ak für die Übung CORE 2009 genutzt. Die Erfahrung der Übung CORE 2009 hat gezeigt, dass die in diesem Katalog enthaltenen Szenarien sinnvoll für die Gestaltung von Übungen genutzt werden können, sofern sie entsprechend an den jeweils zu spezifizierenden Übungsbedarf angepasst werden.

4 Internationale Vorgehensweise bei der behördlichen Übungspraxis auf dem Gebiet des Notfallschutzes

4.1 Internationale Vorgaben

Zum Vergleich mit der deutschen Situation werden in diesem Abschnitt internationale Vorgaben im Zusammenhang mit Übungen zusammengefasst. Schwerpunktartig werden die Vorgaben der IAEO ausgewertet und dokumentiert. Daneben werden die wichtigsten Regelungen in der Europäischen Union mit Bezug zu nationalen und internationalen Übungen sowie die Empfehlungen der NEA dokumentiert.

4.1.1 Internationale Atomenergieorganisation

4.1.1.1 Leitlinien und Empfehlungen der IAEO zur Übungsgestaltung

Generelle Anforderungen an den Notfallschutz für den Umgang mit radioaktiven Stoffen sind in den IAEO-Sicherheitsstandards „Preparedness and response for a Nuclear or Radiological Emergency“ (IAEO Nr. GS-R-2) /IAEO 02/ festgelegt. Ausbildung und Übungen sind nach diesen Anforderungen integraler Bestandteil des vorbereitenden Notfallschutzes. Die IAEO widmet dem Notfallschutz eine eigene Publikationsreihe („Emergency Preparedness and Response (EPR)“-Serie. Im Rahmen der EPR-Serie bildet der Leitfaden „Preparation, Conduct and Evaluation of Exercises to Test Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency“ /IAEO 05a/ ein Kompendium für die Planung, Durchführung und Auswertung von Übungen. Dieser baut auf früheren Publikationen der IAEO zu diesem Thema (z. B. /IAEO 85/) auf und konkretisiert die Gestaltung von Übungen im Rahmen des methodischen Gesamtkonzeptes zur Entwicklung von Vorkehrungen für den Notfallschutz /IAEO 03/. Der Leitfaden präsentiert verschiedene Übungskonzepte in Abhängigkeit von ihren Zielsetzungen, die ihrerseits der Umsetzung der Programme für den vorbereitenden Notfallschutz dienen. Des Weiteren enthält der Leitfaden detaillierte Empfehlungen und Beispiele zur:

– Entwicklung von Ziel, Aufgabenbereich und Randbedingungen von Übungen,

– Entwicklung von Übungsszenarien und zugehörigen Übungsdaten,

– Entwicklung der Leitfäden für die Übungsleitung, -beobachtung, und –auswertung

– Entwicklung des Leitfadens für die Teilnahme sowie zum

– Umgang mit den realen Medien und Öffentlichkeitsarbeit im Zusammenhang mit Übungen.

Darüber hinaus werden in /IEAO 05a/ speziell für Übungen unter Einbeziehung von SEWD besondere Überlegungen angestellt und Empfehlungen gegeben. Für die Umsetzung des Leitfadens hat die IAEO einen gleichnamigen Übungskurs /IAEO 04/ konzipiert.

Für die Erstellung der anlagentechnischen und radiologischen Szenarien sind weitere Publikationen der IAEO nützlich, die sich nicht notwendigerweise direkt auf Übungen beziehen. Exemplarisch für diesen Zweck seien das IAEO-TecDoc No. 953 „Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency" (/IAEO 97; IAEO 03/, das "EPR Manual for First Responders to a Radiological Emergency" /IAEO 06/ und das "Generic Procedures for Medical Response During a Nuclear or Radiological Emergency" /IEAO 05b/ genannt.

4.1.1.2 Internationale Übungen unter der Koordination der IAEO (ConvEx)

Im Rahmen ihres Mandats gemäß dem internationalen „Übereinkommen über die frühzeitige Benachrichtigung bei nuklearen Unfällen", dem „Übereinkommen über Hilfeleistung bei nuklearen Unfällen oder radiologischen Notfällen" sowie dem „Übereinkommen über nukleare Sicherheit" nimmt die IAEO Aufgaben im Notfallschutz wahr. Zu diesem Zweck unterhält die IAEO das Incident and Emergency Centre (IEC). Das Zusammenwirken der IAEO mit anderen Organisationen und den Mitgliedsstaaten ist im „Emergency Notification and Assistance Technical Operations Manual (ENATOM)" /IAEO 07/ geregelt. Der Informationsaustausch erfolgt über ein vorgegebenes Meldeformat (EMERCON). Zur internetbasierten Kommunikation im Rahmen von ENATOM wird die geschlossene Plattform „Emergency Notification and Assistance Convention" (ENAC) benutzt.

Zusammen mit anderen zwischenstaatlichen Organisationen ist die IAEO an der Koordination und Leitung internationaler Übungen beteiligt. Die Koordination derartiger Übungen auf internationaler Ebene erfolgt zentral durch das „Inter-Agency Committee

on Response to Nuclear Accidents (IACRNA)“, dessen Sekretariat bei der IAEO beheimatet ist. Für die Umsetzung der internationalen Übereinkommen über die frühzeitige Benachrichtigung und Hilfeleistung bei nuklearen oder radiologischen Notfällen sind insbesondere die sog. „Convention-Exercises (ConvEx)“ von Bedeutung. Für diese Übungen wird nach /IAEO 07/ entsprechend ihrem Übungsziel zwischen drei Ebenen unterschieden:

– ConvEx-1-Übungen testen die Funktion der Kommunikationsverbindungen mit den Mitgliedsstaaten. Hierzu wird von der IAEO eine Standard-Übungsmeldung an die vorgesehenen nationalen Meldezentren und weiteren zuständigen Behörden gesendet. Die Empfänger bestätigen den Erhalt innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums. Analoge Kommunikationstests in umgekehrter Richtung werden ebenfalls abgehalten

– ConvEx-2-Übungen testen sowohl die Kommunikationsverbindungen als auch das Antwortverhalten der Mitgliedsstaaten. Die Empfänger bestätigen nicht nur den Erhalt der Meldung, sondern auch den Inhalt der Meldung. Diese Übung wird auch zum Test der vorgesehenen nationalen Alarmierungs- und Weiterleitungswege für Informationen sowie ggf. zum Test der zwischenstaatlichen Kommunikation genutzt.

– ConvEx-3-Übungen beziehen sich auf den im vollen Umfang zu übenden internationalen Informationsaustausch bei einem kerntechnischen Unfall. Diese groß angelegten Übungen sind in der Regel an eine nationale Übung mit einem kerntechnischen Unfallszenario in einem der Mitgliedstaaten gekoppelt. An der Übung beteiligen sich möglichst viele Mitgliedstaaten und –organisationen der „Übereinkommen“ über die Benachrichtigung und gegenseitige Hilfe. Wegen des hohen Aufwandes finden ConvEx-3-Übungen nur alle drei bis fünf Jahre statt.

Die letzte großangelegte ConvEx-3-Übung für eine europäische Anlage fand am 11. und 12. Mai 2005 statt. Für diese Übung wurde ein Unfallszenario im KKW Cernavoda in Rumänien zugrunde gelegt. Vom IACRNA wurde umfangreiches Dokumentationsmaterial für diese Übung erstellt, das in Tab. 4.1 zusammengefasst ist.

Die ConvEx-3-Übung im Juli 2008 basierte auf einem hypothetischen Unfallszenario im KKW Laguna Verde in Mexico. Hierfür wurden durch eine Arbeitsgruppe des IACRNA gemeinsame Übungsziele und ein einheitliches Bewertungsverfahren erarbeitet. An der

Übung beteiligten sich 75 Staaten und 10 internationale Organisationen. Für Deutschland bildeten die Betreuung und Beratung von Reisenden in Übersee durch das Auswärtige Amt einen wesentlichen Übungsschwerpunkt.

Tab. 4.1 Dokumentation des IACRNA für die Übung ConvEx-3 (2005)

Titel	Kurzbeschreibung des Inhalts
ConvEx-3 (2005) International Emergency Response Exercise: Exercise Report /IAC 05a/	Beschreibung des Ereignisablaufs, Ergebnisse der Bewertung teilnehmender Staaten und internationaler Organisationen, Empfehlungen hinsichtlich Notfallmanagement, Kommunikation, technische Informationsübermittlung und Öffentlichkeitsarbeit
ConvEx-3 (2005) International Emergency Response Exercise: Exercise Manual /IAC 05b/	Handbuch für Übungsleitung und -auswertung, Planungsgrundlagen, organisatorischen Notwendigkeiten, Bewertungskriterien, Vorbereitung, Durchführung, auswertende Personen, technische Randbedingungen, radiologische Auswirkungen, erwarteter Handlungsablauf
ConvEx-3 (2005) International Emergency Response Exercise: Guide for Players /IAC 05c/	Leitfaden für Übungsteilnehmer, Übungsziele und -erwartungen, Vorbereitung und organisatorischer Ablauf; Öffentlichkeitsarbeit, regulatorische Basis, Teilnehmer in Rumänien, teilnehmende Länder und internationale Organisationen
ConvEx-3 (2005) International Emergency Response Exercise: Guide for Evaluators/evaluation Report /IAC 05d/	Leitfaden für die Auswertung, Anweisungen für Beobachtung und Bewertung, Verantwortlichkeiten der Auswerter, Kriterien und Schema für Auswertungsbericht

4.1.2 Europäische Union (EU)

Internationale Meldeverpflichtungen für den Fall eines nuklearen oder radiologischen Notfalls bestehen auch im Rahmen von Vereinbarungen der Europäischen Union. Mit der „Entscheidung 87/600/EWG des Rates vom 14. Dezember 1987 über Gemeinschaftsvereinbarungen für den beschleunigten Informationsaustausch im Fall einer radiologischen Notstandssituation“ werden die EU-Mitgliedstaaten verpflichtet, die Europäische Kommission und die Mitgliedstaaten, die betroffen sind oder sein könnten, zu unterrichten, wenn sie in einer radiologischen Notstandssituation Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung ergreifen. Die Europäische Kommission informiert ihrerseits die Mitgliedstaaten und ruft Informationen über ggf. getroffene Maßnahmen in verschiedenen Mitgliedstaaten ab.

Die technische Umsetzung des gemäß 87/600/EWG geforderten Informationsaustauschs erfolgt mittels des (European Community Urgent Radiological Information Exchange) ECURIE-Systems. ECURIE stützt sich auf

– einheitlichen Datenformate zur Abfassung aller Meldungen,

– speziell konzipierte Software zum Verfassen, zur Übermittlung und zur Auswertung der Meldungen und

– ein Netzwerk nationaler Meldezentren und zuständiger Behörden, die zusammen mit den entsprechenden Organen der Europäischen Kommission ECURIE betreiben.

Am ECURIE-System partizipieren auch Staaten, die nicht der EU angehören, so z. B. die Schweiz.

Gemäß der Beschlüssen der Kommission 2005/844/Euratom und 2005/845/Euratom vom 25. November 2005 ist die Europäischen Atomgemeinschaft zu den Übereinkommen über die frühzeitige Benachrichtigung und über Hilfeleistung bei nuklearen Unfällen oder radiologischen Notfällen beigetreten. Dementsprechend werden Informationen zwischen dem ECURIE-System und dem IAEO-System EMERCON ausgetauscht und abgeglichen. Dieser Informationsaustausch erfolgt zunächst noch anhand analoger Übermittlungstechniken. In derzeit laufenden Arbeiten werden die EMERCON- und ECURIE-Datenformate zur Harmonisierung und zukünftig automatischen Konvertierung der Information für beide Meldesysteme kompatibel gestaltet.

Weitere Verpflichtungen mit Bezug zu Übungen z. B. im Bereich des externen Notfallschutzes bestehen im vorbereitenden Notfallschutz gemäß der EU-Richtlinie 26/29, die auch die Erstellung und den Test von Notfallschutzplänen anspricht, sowie zur Information der Bevölkerung bei nuklearen oder radiologischen Notstandsfällen gemäß der Richtlinie 89/618/Euratom. Diese Verpflichtungen werden in den EU-Mitgliedstaaten in der jeweiligen nationalen Gesetzgebung umgesetzt.

4.1.3 OECD/NEA

Die Nukleare Energie-Agentur (NEA) der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) organisiert im Rahmen der INEX (International Nuclear

Emergency Exercise)-Serie seit mehr als 15 Jahren international angelegte Übungen zu kerntechnischen und radiologischen Notfällen mit internationaler Beteiligung. Insgesamt wurden drei Serien von Übungen mit unterschiedlichen Zielsetzungen durchgeführt:

– INEX-1-Serie (1993): Tabletop-Übungen mit Szenarien für fiktive Standorte mit Fokus auf grundsätzliche Probleme im internationalen Zusammenspiel bzgl. Alarmierungs-, Kommunikations- und Entscheidungsfindungs-Prozessen;

– INEX-2-Serie (1996-1999) und INEX 2000 (2001): Krisenstab-(„command-post“)-Übungen für die Frühphase eines Unfalls mit Fokus auf Entscheidungsfindung bei eingeschränkter Datenlage, Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit unter Echtzeit-Bedingungen mit Nutzung realer Wetterdaten für Echtzeit-Prognosen;

– INEX-3-Serie (2005-2006) mit dem Schwerpunkt auf mittel- bis längerfristige Maßnahmen zur Bewältigung der Konsequenzen von nuklearen oder radiologischen Notstandssituationen (insbesondere Maßnahmen für landwirtschaftlichen Bereich, Verkehr und Tourismus, Beseitigung von Folgen, Öffentlichkeitsarbeit).

Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus den INEX-Übungen wurden von der NEA in mehreren Berichten dokumentiert /NEA 95, NEA 98, NEA 00, NEA 01a-c, NEA 05, NEA 07a/. Die Synthese dieser Erfahrungen hat die NEA in einem Leitfaden zur Entwicklung und Durchführung von Übungen /NEA 07b/ zusammengefasst.

4.2 Nationale Regelungen in ausgewählten Ländern

Nationale Regelungen zu Notfallschutzübungen werden exemplarisch für die drei Länder Schweiz, Finnland und Frankreich betrachtet. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Großübungen auf nationaler Ebene unter Einbindung der jeweiligen nationalen Notfallorganisation. Dazu werden die wichtigsten nationalen Regelungen und die zugehörigen behördlichen Konzepte zur Übungsgestaltung sowie die Übungspraxis untersucht. Die Darstellungstiefe richtet sich dabei nach der Verfügbarkeit der einschlägigen Regeln und weiterer Informationen.

4.2.1 Schweiz

Die Aufgaben im externen Notfallschutz bei nuklearen oder radiologischen Ereignissen sind in der „Verordnung über die Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität“ (VEOR) des Schweizerischen Bundesrates vom 26.Juni 1991 sowie die „Verordnung über den Notfallschutz in der Umgebung von Kernanlagen“ des Schweizerischen Bundesrates vom 28. November 1983 geregelt. Die „Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität“ (EOR) koordiniert die Aktivitäten von Betreiber, Bundesorganen, Kantonen und Gemeinden in einem Ereignisfall. Eine zentrale Bedeutung für die Wahrnehmung der Aufgaben auf Bundesebene kommt dabei der Nationalen Alarmzentrale (NAZ) zu. In ihre Zuständigkeit fallen u. a.

– die Beurteilung der radiologischen Gefährdung und des Schutzes der Bevölkerung,

– die Weiterverbreitung von Warnungen und Alarmierungen, Information der Bevölkerung,

– die Koordination der Probenahme- und Messorganisation,

– die Ermittlung der radiologischen Lage und Vorschläge für Gegenmaßnahmen an den Leitenden Ausschuss Radioaktivität des schweizerischen Bundesrates (LAR),

– die Entscheidung über kurzfristig zu treffende Gegenmaßnahmen, solange der LAR noch nicht handlungsfähig ist sowie

– die Wahrnehmung internationaler Informationspflichten im Rahmen von ENATOM und ECURIE sowie bilateraler Vereinbarungen.

Im vorbereitenden Notfallschutz wird die NAZ von der Eidgenössischen Kommission für den ABC-Schutz (KomABC) unterstützt. Der KomABC und ihrer Geschäftsstelle ABC-Schutz obliegen auch die Planung und Leitung der so genannten Gesamtnotfallübungen (GNU), in deren Rahmen sowohl die zuständigen Organe auf nationaler, kantonaler und kommunaler Ebene als auch die Betreiber beteiligt werden. Die Übungspflichten des Betreibers einer kerntechnischen Einrichtung zur Umsetzung der einschlägigen Anforderungen in o. g. Verordnungen sind in der Richtlinie B 11d „Notfallübungen“ der ehemaligen „Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen“ (HSK, seit 2009 „Eidgenössisches Nuklearsicherheits-inspektorat“ ENSI) /HSK 07/ beschrieben. Neben Vorgaben für verschieden Typen von anlageninternen Übungen enthält /HSK 07/ auch Vorgaben für Gesamtnotfallübungen bzgl. Übungszwecken, Übungszie-

len, Leitung, beübten Organisationen sowie Datum, Zeit und Dauer der Durchführung. Das Übungsregime nach /HSK 07/ sieht alle zwei Jahre eine Gesamtnotfallübung mit der nächsten Übung im Jahr 2011 vor.

Für die Planung von Übungen steht das „Konzept für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernanlagen“ der KomABC /KOM 06/ zur Verfügung. In diesem Konzept werden u. a.

– die wichtigsten Szenarien für die Planung von Notfallschutzmaßnahmen einschließlich der Hauptphasen für KKW-Unfälle (Vorphase, Wolkenphase, Bodenphase),
– die Planungszonen um die schweizerischen KKW,
– die Notfallorganisation und die Aufgabenbereiche aller beteiligten Organe beim vorbereitenden Notfallschutz und im Ereignisfall sowie
– die Auslösung von Alarmen und Alarmierungswege

behandelt. Dabei wird auch möglichen Unfällen im Ausland sowie in anderen kerntechnischen Einrichtungen der Schweiz als KKW Rechnung getragen. Für KKW–Unfälle in der Schweiz stützt sich /KOM 06/ auf drei Referenzszenarien der ENSI /HSK 06/, die einen repräsentativen Bereich von Unfallabläufen abdecken und für die in /HSK 06/ neben Beschreibungen des grundsätzlichen Ereignisablaufs auch Quellterme und radiologische Konsequenzen angegeben sind.

4.2.2 Finnland

Der anlagenexterne Notfallschutz obliegt in Finnland auf nationaler Ebene dem Innenministerium mit Unterstützung der finnischen Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz (STUK) als Sachverständigenorganisation. STUK unterhält zu diesem Zweck seine eigene Notfallorganisation. Die Mitarbeiter von STUK werden für ihre Aufgaben innerhalb der Notfallorganisation regelmäßig geschult. Daneben führt STUK spezielle Programme zur Qualifikation neuer Mitarbeiter innerhalb der Notfallorganisation durch. Interne Übungen bei STUK werden im Durchschnitt viermal pro Jahr durchgeführt und haben neben der Frühphase eines Unfalls auch Szenarien mit Bodenkontamination zur Übung von Entscheidungsprozessen für mittel- und langfristige Maßnahmen zum Gegenstand.

Gemeinsame Großübungen von KKW-Betreibern und externen Behörden sind nach dem Erlass (270/2007) des Innenministeriums pro Anlage alle drei Jahre vorgeschrieben. Hieran nehmen ca. 20 bis 40 verschiedene Organisationen teil. STUK ist in der Regel mit ca. 70-120 Mitarbeitern bei derartigen Übungen vertreten. Des Weiteren nimmt STUK an internationalen Übungen im Rahmen internationaler Meldeverpflichtungen (ENATOM, ECURIE) sowie als Beobachter teil.

Als wesentlichem Bestandteil einer Übung wird der Auswertung von Übungen zur Verbesserung der Notfallorganisation bei STUK große Bedeutung zugemessen. Dies schließt die Arbeit externer oder interner Beobachter, die entsprechend geschult sind, ein. Für Großübungen ist in der Regel durch die Übungsleitung ein Auswertungsbericht zu erstellen. Dieser bezieht sich u. a. auf folgende Punkte:

– Alarmierung und Aktivierung der Einsatzorganisation,
– Koordination und Kooperation innerhalb aller beteiligten Organe,
– Informationsgewinnung, Lageermittlung, -bewertung und –prognose,
– Qualität und Inhalt der während der Übung verfassten Lageberichte und Pressemitteilungen,
– personelle Organisation und technische Unterstützung,
– Erfolgskontrolle, identifizierte Schwachstellen, Empfehlung für Verbesserungen.

Neben seiner Beteiligung am anlagenexternen Notfallschutz gibt STUK Richtlinien für den anlageninternen Notfallschutz heraus (STUK YVL 7.4, /STUK 02/) und beobachtet und bewertet die in diesem Zusammenhang jährlich vorgeschriebenen Betreiberübungen.

4.2.3 Frankreich

In Frankreich wird für die Organisation des externen Notfallschutzes bei nuklearen oder radiologischen Ereignissen zwischen lokaler Ebene und auf nationaler Ebene unterschieden. Auf lokaler Ebene ist der Präfekt des jeweiligen Departements zuständig für die Erarbeitung externer Notfallschutzpläne. Auf nationaler Ebene übernimmt die Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) zentrale Aufgaben wie die Kontrolle der Maßnahmen des Betreibers, Beratung des Präfekten, Kommunikation und Information zwischen den

zu beteiligenden Organen und Wahrnehmung internationaler Verpflichtungen im Rahmen des Übereinkommens über die frühzeitige Benachrichtigung bei nuklearen Unfällen oder radiologischen Notfällen und entsprechender EU-Regelungen. Die ASN unterhält zu diesem Zweck ihr eigenes Notfallzentrum und wird bei ihren Aufgaben vom Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) unterstützt.

In Frankreich sind Übungen zur Erprobung der externen Notfallschutzpläne laut Dekret 2005-1158 vom 13. September 2005 vorgeschrieben. Der Betreiber einer kerntechnischen Einrichtung hat sich zu diesem Zweck alle drei Jahre an einer nationalen Notfallschutzübung zu beteiligen. Notfallschutzübungen zu kerntechnischen Unfällen auf nationaler Ebene werden durch die ASN mit Unterstützung der IRSN koordiniert. Dabei unterscheidet die ASN zwischen zwei Übungstypen:

– Übungen mit dem Schwerpunkt „nukleare Sicherheit“, bei dem hauptsächlich der die anlageninterne und –externe Entscheidungskette auf Basis eines anlagentechnischen Szenarios geprobt wird. Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung werden nicht geübt.

– Übungen mit dem Schwerpunkt „Zivilschutz“, bei dem schwerpunktartig anlagenexterne Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung (Warnung, Schutz in Häusern, Evakuierung, Dekontamination, medizinische Betreuung) sowie Messaufgaben geübt werden.

Entsprechend den mehr als 30 zu beübenden nuklearen Installationen finden Übungen auf nationaler Ebene häufig statt. Ihre Zahl liegt seit 2000 bei etwa 10 pro Jahr. Für die Organisation der Übungen wird vom IRSN eine Vorgehensweise, die sich eng an den Leitfaden der IAEO /IAEO 05a/ anlehnt, empfohlen.

4.3 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die internationale Praxis zeigt, dass in vielen Ländern Übungen für kerntechnische Notfälle auf nationaler Ebene mit Einbindung der zuständigen Behörden regelmäßig und nach verbindlichen Richtlinien und Zeitplänen abgehalten werden. Derartige Festlegungen existieren in Deutschland für die Notfallorganisationen des Bundesnicht. Dementsprechend gibt es in Deutschland auf Bundesebene keine regelmäßige Praxis für die Übung kerntechnischer Unfälle im Inland.

Allerdings ist auch die Rolle der Bundesbehörden bei der Bewältigung eines kerntechnischen Ereignisses mit den Funktionen nationaler Organe in anderen Ländern nicht direkt vergleichbar. Aufgrund der föderalen Struktur liegt die primäre Zuständigkeit im Katastrophenschutz bei den Ländern, deren zuständige Organe u. a. nach /BMU 08/ zu regelmäßigen Übungen verpflichtet sind. Daher ist die Übungspraxis in anderen Ländern nicht einfach auf die Organisation des Notfallschutzes in Deutschland zu übertragen.

Dennoch erscheint die Etablierung einer regelmäßigen Übungspraxis für eine kontinuierliche Aufrechterhaltung und Steigerung der Effizienz der Notfallorganisationen von BMU und BfS als gewinnbringend. Zu diesem Zweck wäre zunächst die systematische Aufarbeitung der generell relevanten Übungsinhalte und –ziele sinnvoll. Auf dieser Basis können – je nach Relevanz der zu übenden Ereignisse und nach Funktion der zu beteiligenden Organisationseinheiten – Übungspläne mit Häufigkeiten und Umfang von entsprechenden Übungen erstellt werden. Hierfür ist eine ausreichende Auswahl von Basisszenarien, die das zu übende Ereignisspektrum abdecken, hilfreich.

5 Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Notfallübung CORE 2009

Zur Vorbereitung der Übung CORE 2009 wurden im AP 3.1 detaillierte Lageberichte über Anlagenzustand und radiologische Auswirkungen für das Szenario DWR1a erarbeitet. Diese sind als Anhang in /GRS 08a/ enthalten. Für die weitere Ausgestaltung der Übung mussten diese Lageberichte an das Szenario DWR 1ak angepasst werden. Zur Simulation von Anlagenparametern aus dem KFÜ wurden die für das Szenario DWR1 a erstellten Datenreihen überarbeitet. Darüber hinaus wurden im Zuge der Übungsvorbereitung

- die dem Szenarien-Quellterm sowie die den zu verschiedenen Zeitpunkten aufgrund des Ereignisablaufs simulierten Quelltermprognosen des Betreibers entsprechenden radiologischen Auswirkungen mit dem Programmsystem RODOS simuliert (vgl. AP 1.2),
- die Lagemeldungen der Elektronischen Lagedarstellung (ELDA) des Übungslandes erarbeitet,
- die korrespondierenden Meldungen über geplante und durchgeführte Katastrophenschutzmaßnahmen des Übungslandes erstellt und
- Reaktionen aus Bevölkerung, Medien und Anfragen aus weiteren Länder- und Bundesressorts simuliert.

Die korrespondierenden Einspielungen von Prognosen des Deutschen Wetterdienstes, RODOS-Ergebnissen und IMIS-Messungen wurden auf dieser Basis vom BfS vorbereitet. Alle simulierten Informationsflüsse wurden in einen gemeinsamen Zeitablauf integriert und als verlinkte Excel-Tabelle („Übungsdrehbuch“) erfasst. Dieser gemeinsame Zeitablauf wurde zur Übungsleitung und für die Simulationszellen genutzt.

Für die Übung wurden durch GRS (für BMU-Notfallorganisation) und BfS (für BfS-Notfallorganisation) Übungsbeobachter gestellt. Für alle Beobachter wurde ein Leitfaden mit Checklisten zur Übungsbeobachtung erarbeitet und verfügbar gemacht. Durch die GRS wurden ferner in einer gemeinsamen Simulationszelle die Landesbehörde des Übungslandes (mit interaktiver Verbindung zum –ebenfalls simulierten- Betreiber) und die obersten Strahlenschutzvorsorgebehörden aller Bundesländer interaktiv simuliert.

Die interaktive Simulation des DWD erfolgte durch das BfS. Die zur Beteiligung an Übungsbeobachtung, Übungsleitung und Simulationszellen vorgesehenen Kräfte der GRS wurden in einer halbtägigen Schulung auf ihre Aufgaben vorbereitet. Den Übenden von BMU und BfS wurden zur Vorbereitung der Übung ein Leitfaden für die Übungsteilnahme zur Verfügung gestellt.

Die Übung CORE 2009 wurde am 28.05.2009 zwischen 08:00 und 19:45 durchgeführt. Die ersten Ergebnisse wurden in einem Nachgespräch beim BMU am 08.06.2009 diskutiert. Darüber hinaus erfolgte Feedback der Übungsteilnehmer durch einen vom BfS konzipierten Fragebogen. Alle weiteren Informationsflüsse während der Übung wurden für Übungsauswertung aufgearbeitet und auf dieser Basis der zeitliche Kommunikationsablauf während der Übung detailliert nachvollzogen.

Die Ergebnisse der Übungsbeobachtung, der Rückflüsse durch die Übungsteilnehmer und die Rekonstruktion der Informationsflüsse wurden einer Gesamtbewertung unterzogen. Das Ergebnis der Auswertung und abgeleitete Empfehlungen wurden BMU und BfS zur Verfügung gestellt.

6 Zusammenfassung

Im Rahmen des Vorhabens 3607S04558 wurde auf der Grundlage der Ergebnisse vorliegender Studien zur PSA Stufe 2 und weiterer Untersuchungen zu Abläufen kerntechnischer Unfälle am Beispiel von zwei Referenzanlagen (DWR und SWR) ein Katalog mit geeigneten Übungsszenarien und Vorschlägen für entsprechende Übungsdokumentation für Notfallschutzübungen der BMU/BfS-Notfallorganisation erarbeitet. Die durchgeführten Arbeiten im Vorhaben 3607S04558 beziehen sich auf die Erarbeitung der Szenarien für den „Katalog Übungsszenarien“ (AP1), die Auswertung internationaler Vorgaben und der Übungspraxis in ausgewählten Ländern (AP2) und die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Übung CORE 2009 (AP 3). Die Ergebnisse sind in diesem Abschlussbericht dokumentiert.

Die von der GRS auftragsgemäß auf Basis vorliegender Ergebnisse zur PSA Stufe 2 ermittelten Quellterme dienen der Abschätzung potenzieller radiologischer Konsequenzen in der Umgebung der Referenzanlagen. Bei der Ergebnisbewertung wurde festgestellt, dass die Umsetzung der Szenarien für die konkrete Übungsgestaltung aufgrund der Dauer der Freisetzungs- und Wolkenphase, des Ausmaßes der radiologischen Auswirkungen sowie des undefinierten Anlagenzustandes nach Durchschmelzen des Sicherheitsbehälters Schwierigkeiten birgt, die durch entsprechend modifizierte Szenarien reduziert werden können. Aus diesem Grund wurde eines der DWR-Szenarien modifiziert und zur Gestaltung der in Arbeitspaket 3 vorgesehenen Übung optimiert. Die Optimierung erfolgte auf Basis von Kriterien, die von Vertretern von BfS, GRS und der DWR-Referenzanlage gemeinsam aufgestellt wurden.

Die als Basis zur Detailanalyse der potenziellen radiologischen Auswirkungen vorgesehenen RODOS-Ergebnisse wurden mit Unterstützung des BfS durch die GRS berechnet. Zusätzlich zum im Angebot zum Vorhaben beschriebenen Arbeitsumfang wurden die radiologischen Auswirkungen im Rahmen eines vereinfachten Screenings betrachtet und dokumentiert.

Im Arbeitspaket 2 „Internationale Vorgehensweisen bei der behördlichen Übungspraxis auf dem Gebiet des Notfallschutzes“ wurden internationale Vorgaben durch die IAEO, die EU und die NEA/OECD sowie die nationalen Regelungen in Frankreich, Finnland und der Schweiz recherchiert. Daraus wurden Schlussfolgerungen für die Übungspra-

xis in der Bundesrepublik Deutschland abgeleitet, die im Wesentlichen auf die Etablierung einer regelmäßigen Übungspraxis für die Notfallschutzorganisationen des Bundes für kerntechnische und radiologische Notfälle im Inland abzielen.

Im Arbeitspaket 3 wurden die Notfallübung CORE 2009 planmäßig vorbereitet und am 28.05.2009 im vorgesehenen Umfang durchgeführt. Die Übung CORE 2009 bestätigt die grundsätzliche Eignung der im Vorhaben erarbeiteten Szenarien für die Übungsgestaltung, zeigte aber auch, dass zur konkreten Ausgestaltung einer Übung spezifische Anpassungen des Szenarios zweckdienlich sein können. Diese Anpassungen wurden in der Vorbereitungsphase erfolgreich und mit pragmatisch vertretbarem Aufwand vorgenommen. Die Übung selbst lieferte wesentliche Erkenntnisse, die für eine Effizienzsteigerung der Notfallorganisationen von BMU und BfS genutzt werden können.

Mit dem vorliegenden Katalog wurde ein Basissatz für Szenarien kerntechnischer Unfälle vorgelegt, der für die Gestaltung von Übungen genutzt werden kann. Diese decken jedoch nur einen Teil der für die Arbeit der behördlichen Notfallorganisationen relevanten Ereignisse ab. Daher ist ein Bedarf an weiteren Szenarien erkennbar, die auch für andere Ereignistypen ein vielseitiges und anspruchsvolles Training, insbesondere in Bezug auf die radiologisch bedingten Planungserfordernisse und die Informations- und Kommunikationsaufgaben der Bundesbehörden (BMU/BfS) anbieten. Dabei sind insbesondere folgende Schwerpunkte von Interesse:

- Zusätzliche Szenarien für deutsche Kernkraftwerke unter Berücksichtigung der jeweils neuesten Erkenntnisse aus Sicherheitsanalysen, z. B.
  - Szenarien mit wiederholten Freisetzungen,
  - Szenarien für Reaktoren anderer Baulinien in Deutschland, die im Katalog bislang nicht behandelt wurden,
- Szenarien auf Basis von radiologisch relevanten Notfällen auch außerhalb von Kernkraftwerken z. B.
  - andere kerntechnische Einrichtungen,
  - Expositionssituationen mit terroristischem Hintergrund,
  - schwere Unfälle bei der Handhabung oder beim Transport radioaktiver Stoffe,
- Nukleare oder radiologische Notfälle in ausländischen Anlagen.

Eine Erweiterung des Szenarienkataloges und die Planung, Durchführung und Auswertung von Übungen zu den o.g. Themen im Rahmen zukünftiger Vorhaben erscheint in diesem Zusammenhang sinnvoll. Auf diese Weise kann zur Etablierung einer regelmäßigen und thematisch breit angelegten Übungspraxis zuständiger behördlicher Stellen beigetragen werden.

7 Literatur

/ALP 86/ Alpert, D. J. et al.: Relative Importance of Individual Elements to Reactor Accident Consequences Assuming Equal Release Fractions, NUREG/CR-4467, March 1986

/AVV 06/ Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Integrierten Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (IMIS) nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (AVV-IMIS) vom 13.12.2006.

/BEN 06/ Bendzko, R.; Geick, G.; Koch, D.; von Perbandt, K.; Weiß, H.: Elektronische Darstellung der radiologischen Lage bei einem kerntechnischen Unfall in Schleswig-Holstein.13. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität. Bonn, 4. – 6. April 2006. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Juni 2006.

/BFS 05/ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Methoden zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke. BfS-SCHR-37/05, Oktober 2005.

/BMU 00/ Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen“ (Maßnahmenkatalog). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stand 2000.

/BMU 04/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Projektgruppe ADONOS: Die RS-Stabsorganisation. November 2004.

/BMU 05/ Rahmenempfehlungen für die Fernüberwachung von Kernkraftwerken. RdSchr. des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 12.08.2005 –RS II – 5 – 1703 – 3/4 GMBl 2005, Nr. 51, S 1049-1056.

/BMU 08/ 1. Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen vom 27. Oktober 2008; 2.Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden vom 27. Oktober 2008. GMBl. 2008, Nr. 62/63, S. 1278; RS-Handbuch Nr 3.15.

/COS 95/ PC COSYMA Version 2.0 User Guide. European Commission, Publication No. EUR 16240 EN Luxembourg, November 1995.

/EU 89/ Verordnung (EURATOM) Nr. 3954/87 des Rates vom 22. Dezember 1987zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation, zuletzt geändert durch Verordnung (Euratom) Nr. 2218/89 des Rates vom 18. Juli 1989

/FZK 05/ The RODOS System, Version PV6.0. Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Institut für Kern- und Energietechnik, August 2005.

/GRS 98/ Kersting, E., et al.:Sicherheitsanalytische Untersuchungen zu schweren Störfällen in SWR, GRS-A-2519, Mai 1998

/GRS 01/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH: Bewertung des Unfallrisikos fortschrittlicher Druckwasserreaktoren in Deutschland. GRS-175, Oktober 2001

/GRS 03/ Sogalla, M.; Martens, R.; Thielen, H.: Modellierung der Ausbreitung bodennaher Freisetzungen nach TA-Luft im Vergleich mit dem Gauß-Fahnen-Modell nach AVV. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Dezember 2003.

/GRS 06a/ Sonnenkalb, M. et al.: Erprobung und Bewertung der Methoden einer PSA für SWR Anlagen der Baulinie 69 nach Stand von Wissenschaft und Technik (PSA SWR 69), Fachband 3 - Integrale deterministische Unfallanalysen mit MELCOR für die PSA der Stufe 2 aus dem Leistungsbetrieb. GRS-A-3294, April 2006.

/GRS 06b/ Löffler, H. et al.: Erprobung und Bewertung der Methoden einer PSA für SWR Anlagen der Baulinie 69 nach Stand von Wissenschaft und Technik (PSA SWR 69), Fachband 4 - Probabilistische Analysen und deterministische Analysen zu Einzelfragen der PSA der Stufe 2 aus dem Leistungsbetrieb
GRS-A-3295, April 2006.

/GRS 06c/ Löffler, H. et al. Erhöhung der Zuverlässigkeit der Eingabedaten für das Entscheidungshilfesystem RODOS. GRS-A-3318, April 2006.

/GRS 08a/ Sogalla, M.; Löffler, H.; Pfeffer, W.; Rösch, O.; Thielen, H.: Katalog von Übungsszenarien und Übungsdokumentation für behördliche Notfallschutzorganisationen. Zwischenbericht im Vorhaben StSch 4558 (Entwurf). Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln, September 2008.

/HSK 06/ Schweizerische Eidgenossenschaft, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen: Referenzszenarien für den Notfallschutz in der Umgebung der schweizerischen Kernkraftwerke. HSK, Villigen, Oktober 2006.

/HSK 07/ Schweizerische Eidgenossenschaft, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen: Notfallübungen. Richtlinie B11 für die schweizerischen Kernanlagen. HSK, Villigen, November 2007.

/IAC 05a/ Inter-Agency Committee on Response to Nuclear Accident: ConvEx-3 (2005) International Emergency Response Exercise: Exercise Report. IACRNA, Vienna, 2005.

/IAC 05b/ Inter-Agency Committee on Response to Nuclear Accident: ConvEx-3 (2005) International Emergency Response Exercise: Exercise Manual. IACRNA, Vienna, March 2005.

/IAC 05c/ Inter-Agency Committee on Response to Nuclear Accident: ConvEx-3 (2005) International Emergency Response Exercise: Guide for Players. IACRNA, Vienna, March 2005.

/IAC 05d/ Inter-Agency Committee on Response to Nuclear Accident: ConvEx-3 (2005) International Emergency Response Exercise: Guide for Evaluators. IACRNA, Vienna, March 2005.

/IAEO 85/ Internationale Atomenergie-Organisation: Emergency Preparedness Exercises for Nuclear Facilities: Preparation, Conduct and Evaluation. IAEA Safety Series No. 73. IAEA, Vienna, December 1985.

/IAEO 97/ Internationale Atomenergie-Organisation: Method lor the development of emergency response preparedness for nuclear or radiological accidents.IAEA-TECDOC-953 . IAEA, Vienna, July 1997.

/IAEO 03/ Internationale Atomenergie-Organisation: Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency - updating IAEA-TECDOC-953 (EPR-Method). IAEA, Vienna, October 2003.

/IAEO 04/ Internationale Atomenergie-Organisation: Preparation, Conduct and Evaluation of Exercises to Test Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency. Course Manual. IAEA, Vienna, December 2004.

/IAEO 05a/ Internationale Atomenergie-Organisation: Preparation, Conduct and Evaluation of Exercises to Test Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency (EPR-Exercises). IAEA, Vienna, April 2005.

/IAEO 05b/ Internationale Atomenergie-Organisation: Generic Procedures for Medical Response During a Nuclear or Radiological Emergency (EPR-Medical). IAEA, Vienna, April 2005.

/IAEO 06/ Internationale Atomenergie-Organisation: Manual for First Responders to a Radiological Emergency (EPR-First Responders). IAEA, Vienna, November 2006.

/IAEO 07/ Internationale Atomenergie-Organisation: Emergency Notification and Assistance Technical Operations Manual (EPR-ENATOM). IAEA, Vienna, February 2007.

/KOM 06/ Eidgenössischen Kommission für den ABC-Schutz: Konzept für den Notfallschutz in der Umgebung der Kernanlagen. KomABC, Januar 2006.

/NEA 95/ Nuclear Energy Agency, Organisation for Economical Co-operation and Development: INEX 1: An International Nuclear Emergency Exercise. OECD, Paris, 1995.

/NEA 98/ Nuclear Energy Agency, Organisation for Economical Co-operation and Development: Second International Nuclear Emergency Exercise INEX 2: Final Report of the Swiss Regional Exercise. OECD, Paris, 1998.

/NEA 00/ Nuclear Energy Agency, Organisation for Economical Co-operation and Development: Second International Nuclear Emergency Exercise INEX 2: Final Report of the Finnish Regional Exercise. OECD, Paris, 2000.

/NEA 01a/ Nuclear Energy Agency, Organisation for Economical Co-operation and Development: Second International Nuclear Emergency Exercise INEX 2: Final Report of the Canadian Regional Exercise. OECD, Paris, 2001.

/NEA 01b/ Nuclear Energy Agency, Organisation for Economical Co-operation and Development: Second International Nuclear Emergency Exercise INEX 2: Final Report of the Hungarian Regional Exercise. OECD, Paris, 2001.

/NEA 01c/ Nuclear Energy Agency, Organisation for Economical Co-operation and Development: Experience from International Nuclear Emergency Exercises: The INEX-2 Series. OECD, Paris, 2001.

/NEA 05/ Nuclear Energy Agency, Organisation for Economical Co-operation and Development: INEX-2000 Exercise Evaluation Report. OECD, Paris, 2005.

/NEA 07a/ Nuclear Energy Agency, Organisation for Economical Co-operation and Development: Experience from the Third International Nuclear Emergency Exercise (INEX 3) on Consequence Management OECD, Paris, 2007.

/NEA 07b/ Nuclear Energy Agency, Organisation for Economical Co-operation and Development: Strategy for Developing and Conducting Nuclear Emergency Exercises.OECD, Paris, 2007.

/SON 01/ Sonnenkalb, M.: Unfallanalysen für DWR vom Typ Konvoi (GKN-2) mit dem Integralcode MELCOR 1.8.4. GRS-A-2954, Dezember 2001

/SON 03/ Sonnenkalb, M. Kernschmelzablauf In- und Ex-Vessel: Vortrag auf dem Fachtag der KTG-Fachgruppen Reaktorsicherheit und Thermo- und Fluiddynamik: „Fortschritte bei der Beherrschung und Begrenzung der Folgen auslegungsüberschreitender Ereignisse“, Forschungszentrum Karlsruhe, 25./26. September 2003.

/SSK 04/ Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Unfällen. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 37, 2004.

/SSK 04a/ Erläuterungsbericht zum Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Unfällen - Begründungen, Modelle, Daten und Programme. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 38,2004.

/SSK 04b/ Kriterien für die Alarmierung der Katastrophenschutzbehörde durch die Betreiber kerntechnischer Einrichtungen. Gemeinsame Empfehlung der Reaktor-Sicherheitskommission und der Strahlenschutzkommission. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Heft 39 (2004).

/STUK 02/ Finnish Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK) Nuclear power plant emergency preparedness. STUK YVL-Guide 7.4, January 2002.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1 Aufbau der RS-Stabsorganisation des BMU (Quelle /BMU 04/) 10

Abb. 3.1 Statistik der Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Diffusionskategorien am Standort der DRW-Referenzanlage. 36

Abb. 3.2 Primärkreisdruck (Szenario DWR 1) 40

Abb. 3.3 Druckhalter-Füllstand (Szenario DWR 1) 41

Abb. 3.4 RDB-Füllstand (Szenario DWR 1)..... 41

Abb. 3.5 SB-Überdruck (Szenario DWR 1) 42

Abb. 3.6 Freisetzungsraten (oben) und akkumulierte Freisetzungen (unten) für die Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe im Szenario DWR 1. 45

Abb. 3.7 Szenario DWR 1: Effektive Dosis (ED, Erwachsene) und Schilddrüsendosis (SD, Kinder und Erwachsene) unter der Fahnenachse für verschiedene Wetterlagen zum Vergleich mit den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes, berechnet nach /SSK 04/..... 46

Abb. 3.8 Szenario DWR 1: RODOS-Simulation der effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag..... 49

Abb. 3.9 Szenario DWR 1: RODOS-Simulation der Schilddrüsendosis (SD, Kleinkinder) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag..... 50

Abb. 3.10 Szenario DWR 1: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „Temporäre Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag..... 51

Abb. 3.11 Szenario DWR 1: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „permanente Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag..... 52

Abb. 3.12 Primärkreisdruck (Szenario DWR 1a) 56

Abb. 3.13 Druckhalter-Füllstand (Szenario DWR 1a) 56

Abb. 3.14 RDB-Füllstand (Szenario DWR 1a)..... 57

Abb. 3.15 SB-Überdruck (Szenario DWR 1a) 57

Abb. 3.16 Freisetzungsverlauf für die Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe für Szenario DWR 1a..... 59

Abb. 3.17 Szenario DWR 1a: Effektive Dosis (ED, Erwachsene) und Schilddrüsendosis (SD, Kinder und Erwachsene) unter der Fahnenachse für verschiedene Wetterlagen zum Vergleich mit den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes, berechnet nach /SSK 04/..... 61

Abb. 3.18 Szenario DWR 1a: RODOS-Simulation der effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag..... 64

Abb. 3.19 Szenario DWR 1a: RODOS-Simulation der Schilddrüsendosis (SD, Kleinkinder) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag..... 65

Abb. 3.20 Szenario DWR 1a: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „Temporäre Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag. 66

Abb. 3.21 Szenario DWR 1a: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „permanente Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag. 67

Abb. 3.22 Temperaturen im Primärkreis (Szenario DWR 2) 70

Abb. 3.23 RDB-Füllstand (Szenario DWR 2) 70

Abb. 3.24 SB-Überdruck (Szenario DWR 2) 71

Abb. 3.25 Freisetzungsraten (oben) und akkumulierte Freisetzungen (unten) für die Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe im Szenario DWR 2. 74

Abb. 3.26 Szenario DWR 2: Effektive Dosis (ED, Erwachsene) und Schilddrüsendosis (SD, Kinder und Erwachsene) unter der Fahnenachse für verschiedene Wetterlagen zum Vergleich mit den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes, berechnet nach /SSK 04/ 75

Abb. 3.27 Szenario DWR 2: RODOS-Simulation der effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag. 78

Abb. 3.28 Szenario DWR 2: RODOS-Simulation der Schilddrüsendosis (SD, Kleinkinder) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag. 79

Abb. 3.29 Temperaturen im Primärkreis (Szenario DWR 3) 82

Abb. 3.30 RDB-Füllstand (Szenario DWR 3) 82

Abb. 3.31 Freisetzungsraten (oben) und akkumulierte Freisetzungen (unten) für die Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe im Szenario DWR 3. 85

Abb. 3.32 Szenario DWR 3: Effektive Dosis (ED, Erwachsene) und Schilddrüsendosis (SD, Kinder und Erwachsene) unter der Fahnenachse für verschiedene Wetterlagen zum Vergleich mit den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes, berechnet nach /SSK 04/ 87

Abb. 3.33 Szenario DWR 3: RODOS-Simulation der effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag. 90

Abb. 3.34 Szenario DWR 3: RODOS-Simulation der Schilddrüsendosis (SD, Kleinkinder) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag. 91

Abb. 3.35 Szenario DWR 3: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „Temporäre Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag. 92

Abb. 3.36 Szenario DWR 3: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „permanente Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag. 93

Abb. 3.37 Statistik der Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Diffusionskategorien am Standort der SRW-Referenzanlage. 97

Abb. 3.38 RDB-Füllstand (Szenario SWR 1) 102

Abb. 3.39 SB-Überdruck (Szenario SWR 1) 102

Abb. 3.40 Freisetzungsraten (oben) und akkumulierte Freisetzungen (unten) für die Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe im Szenario SWR 1. 105

Abb. 3.41 Szenario SWR 1: Effektive Dosis (ED, Erwachsene) und Schilddrüsendosis (SD, Kinder und Erwachsene) unter der Fahnenachse für verschiedene Wetterlagen zum Vergleich mit den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes, berechnet nach /SSK 04/ 106

Abb. 3.42 Szenario SWR 1: RODOS-Simulation der effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag. 109

Abb. 3.43 Szenario SWR 1: RODOS-Simulation der Schilddrüsendosis (SD, Kleinkinder) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag. 110

Abb. 3.44 Szenario SWR 1: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „Temporäre Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag. 111

Abb. 3.45 Szenario SWR 1: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „permanente Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag. 112

Abb. 3.46 RDB-Füllstand (Szenario SWR 2) 116

Abb. 3.47 SB-Überdruck (Szenario SWR 2) 116

Abb. 3.48 Freisetzungsraten (oben) und akkumulierte Freisetzungen (unten) für die Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe im Szenario SWR 2. 119

Abb. 3.49 Szenario SWR 2: Effektive Dosis (ED, Erwachsene) und Schilddrüsendosis (SD, Kinder und Erwachsene) unter der Fahnenachse für verschiedene Wetterlagen zum Vergleich mit den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes, berechnet nach /SSK 04/ 120

Abb. 3.50 Szenario SWR 2: RODOS-Simulation der effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag..... 123

Abb. 3.51 Szenario SWR 2: RODOS-Simulation der Schilddrüsendosis (SD, Kleinkinder) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag..... 124

Abb. 3.52 Szenario SWR 2: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „Temporäre Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag..... 125

Abb. 3.53 Szenario SWR 2: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „permanente Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag..... 126

Abb. 3.54 RDB-Füllstand (Szenario SWR 3)..... 131

Abb. 3.55 SB-Überdruck (Szenario SWR 3)..... 131

Abb. 3.56 Freisetzungsraten (oben) und akkumulierte Freisetzungen (unten) für die Nuklidgruppen Edelgase, Iod und Schwebstoffe im Szenario SWR 3. 134

Abb. 3.57 Szenario SWR 3: Effektive Dosis (ED, Erwachsene) und Schilddrüsendosis (SD, Kinder und Erwachsene) unter der Fahnenachse für verschiedene Wetterlagen zum Vergleich mit den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes, berechnet nach /SSK 04/..... 135

Abb. 3.58 Szenario SWR 3: RODOS-Simulation der effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag..... 138

Abb. 3.59 Szenario SWR 3: RODOS-Simulation der Schilddrüsendosis (SD, Kleinkinder) zum Vergleich mit Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag..... 139

Abb. 3.60 Szenario SWR 3: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „Temporäre Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag..... 140

Abb. 3.61 Szenario SWR 3: RODOS-Simulation der Effektiven Dosis (ED, Erwachsene) zur Bewertung des Maßnahmenerfordernisses „permanente Umsiedlung“. Oben: Diffusionskategorie D ohne Niederschlag, Unten: Kategorie C mit 1 mm/h Niederschlag..... 141

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1 Übungen auf internationaler Ebene mit Szenarien, die erhebliche Freisetzungen unterstellen 4

Tab. 3.1 Nuklidauswahl und Anfangsinventare für die Quelltermermittlung 27

Tab. 3.2 Maßnahmenbezogene radiologische Beurteilungskriterien und abgeleitete Richtwerte 30

Tab. 3.3 Charakteristische Ereignisse (Szenario DWR 1) 39

Tab. 3.4 Zusammenfassung der akkumulierten Freisetzungen (Szenario DWR 1) . 44

Tab. 3.5 Maßnahmenbewertung nach RODOS-Ergebnissen zum Szenario DWR 1 48

Tab. 3.6 Charakteristische Ereignisse (Szenario DWR1a) 55

Tab. 3.7 Freisetzungen (Szenario DWR 1a) 60

Tab. 3.8 Maßnahmenbewertung nach RODOS-Ergebnissen zum Szenario DWR 1a 63

Tab. 3.9 Charakteristische Ereignisse (Szenario DWR 2) 69

Tab. 3.10 Freisetzungen (Szenario DWR 2) 73

Tab. 3.11 Maßnahmenbewertung nach RODOS-Ergebnissen zum Szenario DWR 2 77

Tab. 3.12 Charakteristische Ereignisse (Szenario DWR 3) 81

Tab. 3.13 Freisetzungen (Szenario DWR 3) 84

Tab. 3.14 Maßnahmenbewertung nach RODOS-Ergebnissen zum Szenario DWR 3 89

Tab. 3.15 Charakteristische Ereignisse (Szenario SWR 1) 100

Tab. 3.16 Freisetzungen (Szenario SWR 1) 104

Tab. 3.17 Maßnahmenbewertung nach RODOS-Ergebnissen zum Szenario SWR 1 108

Tab. 3.18 Charakteristische Ereignisse (Szenario SWR 2) 114

Tab. 3.19 Freisetzungen (Szenario SWR 2) 118

Tab. 3.20 Maßnahmenbewertung nach RODOS-Ergebnissen zum Szenario SWR 2 122

Tab. 3.21 Charakteristische Ereignisse (Szenario SWR 3) 128

Tab. 3.22 Freisetzungen (Szenario SWR 3) 133

Tab. 3.23 Maßnahmenbewertung nach RODOS-Ergebnissen zum Szenario SWR 3 137

Tab. 3.24 Übungsmodule und Übungsaufgaben 142

Tab. 3.25 Schnittstellen der Notfallorganisationen des Bundes (BMU/BfS) zu Institutionen auf Bundesebene 145

Tab. 3.26 Schnittstellen der Notfallorganisationen des Bundes (BMU/BfS) zu Institutionen auf Landesebene 146

Tab. 3.27 Schnittstellen der Notfallorganisationen des Bundes (BMU/BfS) zu sonstigen Institutionen/Akteuren 148

Tab. 3.28 Generische Aufgabenliste für die Planung von Übungen der Notfallorganisationen des Bundes (BMU/BfS) 153

Tab. 3.29 Exemplarische Struktur des Ablaufplans mit Erläuterungen 159

Tab. 3.30 Exemplarische Checkliste für die Übungsbeobachtung 164

Tab. 3.31 Exemplarisches Schema zur Modulbezogenen Übungsauswertung 166

Tab. 4.1 Dokumentation des IACRNA für die Übung ConvEx-3 (2005) 176

Abkürzungsverzeichnis

AA	Auswärtiges Amt
ADE	Automatische Druckentlastung
AM	Accident Management
AP	Arbeitspaket
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire
ASTEC	Accident Source Term Evaluation Code
AtG	Atomgesetz
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BF	Berstfolie
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BHB	Betriebshandbuch
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMF	Bundesministerium der Finanzen
BMI	Bundesministerium des Innern
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Österreich)
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BPol	Bundespolizei
BSWW	Beton-Schmelze-Wechselwirkung
BW	Bundeswehr
BWS-Geb.	Betriebs-, Warten- und Schaltanlagengebäude
ConvEx	Convention-Exercises
DAK	Druckausgleichsklappe
DDA	Durchdringungsabschluss
DE	Dampferzeuger
deNIS	deutsches Notfallvorsorge-Informationssystem
DH	Druckhalter
DK	Druckkammer
DRSP	Druckspeicher
DWD	Deutscher Wetterdienst
DWR	Druckwasserreaktor
ECURIE	European Community Urgent Radiological Information Exchange
ED	Effektive Dosis

ELDA	Elektronische Lagedarstellung
ELAN	Elektronische Lagedarstellung für den Notfallschutz in der Bundesrepublik Deutschland
EMERCON	Emergency Early Notification Convention
ENAC	Emergency Notification and Assistance Convention
ENATOM	Emergency Notification and Assistance Technical Operations Manual
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
EOR	Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität (Schweiz)
EU	Europäische Union
FD	Frischdampf
FD-ISO	Frischdampf-Isolation
GKN	Kernkraftwerk Neckarwestheim
GMLZ	gemeinsames Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern
GNU	Gesamtnotfallübung
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
HD	Hochdruck
HD-SiP	Hochdruck-Sicherheitseinspeisepumpe
HKP	Hauptkühlmittelpumpe
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (Schweiz)
IACRNA	Inter-Agency Committee on Response to Nuclear Accidents
IAEO	Internationale Atomenergieorganisation; engl. IAEA: International Atomic Energy Agency
IEC	Incident and Emergency Centre der IAEO
IMIS	Integriertes Mess- und Informationssystem
INES	Internationale Bewertungsskala für nukleare und radiologische Ereignisse; engl.: International Nuclear and Radiological Event Scale
INEX	International Nuclear Emergency Exercise
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
JDH	Zusatzboriersystem
JN	Notkühleinspeisung
KADAMIS	Katastrophenschutz-Datenbank-Management-Informationssystem
KatS	Katastrophenschutz
KBA	Volumenregelsystem
KBR	Kernkraftwerk Brokdorf
KFÜ	Kernreaktor-Fernüberwachung
KKB	Kernkraftwerk Brunsbüttel

KKE	Kernkraftwerk Emsland
KKG	Kernkraftwerk Grafenrheinfeld
KKI	Kernkraftwerk Isar
KKK	Kernkraftwerk Krümmel
KKP	Kernkraftwerk Philippsburg
KKU	Kernkraftwerk Unterweser
KKW	Kernkraftwerk
Koka	Kondensationskammer
KomABC	Eidgenössische Kommission für den ABC-Schutz
KRB	Kernkraftwerk Gundremmingen
KTA	Kerntechnischer Ausschuss
KWB	Kernkraftwerk Biblis
KWG	Kernkraftwerk Grohnde
KWU	Kraftwerk Union
LAR	Leitender Ausschuss Radioaktivität des schweizerischen Bundesrates
LB	Lagebericht
MH	Maschinenhaus
MOX	Mischoxid
NAZ	Nationale Alarmzentrale (Schweiz)
ND	Niederdruck
NEA	Nuclear Energy Agency
NHB	Notfallhandbuch
ODL	Ortsdosisleistung
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung; engl.: Organisation for economic co-operation and development
PARK	Programm für die Abschätzung radiologischer Konsequenzen
PKL	Primärkreislauf
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
RDB	Reaktordruckbehälter
RESA	Reaktorschnellabschaltung
RG	Reaktorgebäude
RODOS	Realtime Online Decision Support System
RS	Reaktorsicherheit
RSK	Reaktor-Sicherheitskommission
SAR	Steuerstabantriebsraum
SB	Sicherheitsbehälter

SD	Schilddrüse
S+E-Ventil	Sicherheits- und Entlastungsventil
SEWD	Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter
SSK	Strahlenschutzkommission
St.-Stab	Steuerstab
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
StrVG	Strahlenschutzvorsorgegesetz
STUK	Finnische Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz
SWR	Siedewasserreaktor
TC	Reaktorwasserreinigungssystem
TE	Dichtungssperrwassersystem der Zwangsumwälzpumpen
TF	USUS-System
TH	Nukleares Nachkühlsystem
TH	Treppenhaus
THW	Technisches Hilfswerk
TJ	HD-Einspeisesystem
TK	Kernflutsystem
TÜV	Technischer Überwachungsverein
TUSA	Turbinenschnellabschaltung
USUS	Unabhängiges Sabotage- und Störfallschutzsystem
VEOR	Verordnung über die Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität (Schweiz)
XML	Extensible Markup Language
YT/RS	Steuerstabspülwassersystem (Schnellabschaltsystem)
ZBS	Zusatzboriersystem
ZdB	Zentralstelle des Bundes
ZUP	Zwangsumwälzpumpe

Verteiler

<u>Druckexemplare</u>:

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)

ZdB Neuherberg (Zander)	3 x

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

Autoren	(Buu, Loe, Mil, Sog, Thi)	5 x
Gesamt		**8 x**

<u>PDF-Version</u>:

BfS

ZdB Neuherberg (Zander)	3 x

GRS

Geschäftsführung	(Lim, Sth)	2 x
Bereichsleiter	(Erv, Paa, Prg, Rot, Stc, Ver)	6 x
Autoren	(Buu, Loe, Mil, Sog, Thi)	5 x
Projektcontrolling	(Kuf)	1 x
GRS-Portal (Ham)		1 x
Elektr. PA (eZA) (Vet)		1 x
Gesamt		**19 x**

| Verantwortung für Mensch und Umwelt |

Kontakt:
Bundesamt für Strahlenschutz
Postfach 10 01 49
38201 Salzgitter
Telefon: + 49 30 18333 - 0
Telefax: + 49 30 18333 - 1885
Internet: www.bfs.de
E-Mail: ePost@bfs.de
Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.

Bundesamt für Strahlenschutz