



**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEERTES
ÖSTERREICH**

bmlfuwgv.at

**FUKUSHIMA
AUSWIRKUNGEN DES KERN-
KRAFTWERKSUNFALLS
STAND 2016**



IMPRESSUM



Medieninhaber und Herausgeber:
BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND
FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT
Stubenring 1, 1010 Wien
www.bmlfuw.gvat

Text und Redaktion: BMLFUW, Abt. I/7-Strahlenschutz, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) und Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)

Bildnachweis: S. 1, 79, BMLFUW/pixhunter; S. 30, IAEA Fukushima-Bericht 2015 [6]; S. 45, ZAMG;

Konzept und Gestaltung: WIEN NORD Werbeagentur

Grafik: Mag. Niels Reutter (BMLFUW Grafik)

Alle Rechte vorbehalten.
Wien, Februar 2016



Original wurde gedruckt von:
Zentrale Kopierstelle des BMLFUW, UW-Nr. 907, nach
der Richtlinie „Druckerzeugnisse“ des Österreichischen
Umweltzeichens.

ZUSAMMENFASSUNG

DIESER BERICHT GIBT einen Überblick über Ablauf und Auswirkungen des katastrophalen Reaktorunfalls in Fukushima im März 2011 und die gewonnenen Erkenntnisse. Er wurde vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) in Zusammenarbeit mit der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik sowie der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit erstellt. Die ersten Kapitel enthalten eine zusammenfassende Darstellung des Unfallhergangs, der radiologischen Auswirkungen sowie der Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung in Japan. Ergebnisse von Ortsdosisleistungs- und Kontaminationsmessungen und Abschätzungen der Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umwelt sowie der Exposition der japanischen Bevölkerung werden beschrieben. Des Weiteren wird ein kurzer Überblick über längerfristige Sanierungsmaßnahmen, Strategien zur Wiederherstellung normaler Lebensbedingungen in Japan und den Planungen zur Dekommissionierung der Unglücksreaktoren gegeben.

Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) beschreibt in ihrem Beitrag die von ihnen durchgeführten Quellterm-Abschätzungen sowie weltweite Ausbreitungsberechnungen und deren Übereinstimmung mit den Messungen der Vereinten Nationen.

In Japan freigesetzte radioaktive Stoffe wurden in extrem geringen Mengen auch in Österreich nachgewiesen. Ein Abschnitt des vorliegenden Berichtes, verfasst von der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES), beschäftigt sich mit den von der AGES durchgeführten Umweltmessungen in Österreich und den darauf basierenden Dosisabschätzungen für die österreichische Bevölkerung. Aufgrund der großen Entfernung zu den Unglücksreaktoren konnten die Behörden direkte radiologische – und somit auch gesundheitliche Auswirkungen auf Österreich klar ausschließen. Dies wurde durch die hier beschriebenen Ergebnisse eindeutig bestätigt. Im letzten Kapitel des Berichtes werden die „Lessons Learnt“ aufgrund von Fukushima auf internationaler Ebene und in Österreich zusammengefasst.

Die österreichischen Behörden sind auf radiologische Notfälle gut vorbereitet, um im Anlassfall schnell und effizient Maßnahmen zum Schutz der österreichischen Bevölkerung durchführen zu können: Notfallpläne regeln die konkreten Abläufe und Zuständigkeiten im Ernstfall und werden regelmäßig in Notfallübungen getestet. Auch wenn Österreich nicht direkt betroffen ist – wie zum Beispiel bei Unfällen in weit entfernten Kernkraftwerken – sind Maßnahmen von den österreichischen Behörden zu setzen. Während der Ereignisse von Fukushima war eine der wichtigsten Maßnahmen in Österreich die umfassende Information der Bevölkerung, um dem großen Informationsbedürfnis Rechnung zu tragen. Weitere Maßnahmen betrafen beispielsweise die Importkontrolle von Lebens- und Futtermitteln und Reisewarnungen oder -empfehlungen. Im Bericht wird auch ein Überblick über Maßnahmen anderer Staaten gegeben.

Der vorliegende Bericht ist – basierend auf der im Jahr 2012 erschienenen Erstfassung – anlässlich des fünften Jahrestages der Fukushima-Katastrophe unter Berücksichtigung des neuesten internationalen Erkenntnisstandes überarbeitet worden.

3	ZUSAMMENFASSUNG
6	EINLEITUNG
7	1. BESCHREIBUNG DES UNFALLS (AGES)
9	1.1 Literatur
10	2. RADIOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN VON FUKUSHIMA 1 IN JAPAN (BMLFUW)
10	2.1. Abschätzungen der Freisetzungen an die Atmosphäre
14	2.2. Abschätzungen der Freisetzungen ins Meer
15	2.3. Frühe Dosisabschätzungen für Sofortmaßnahmen
17	2.4. Aktueller Stand der Dosisabschätzungen
18	2.5. Dosisleistungs- und Cäsium-Kontaminationskarten
22	2.6. Kontamination von Lebensmitteln
23	2.7. Literatur
25	3. MASSNAHMEN ZUM SCHUTZ DER BEVÖLKERUNG IN JAPAN (BMLFUW, AGES)
25	3.1. Sofortmaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung
26	3.2. Längerfristige Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung
28	3.3. Sanierungsmaßnahmen der betroffenen Gebiete in der Spätphase
31	3.4. Plan zur Sanierung nach dem Unfall im KKW Fukushima 1
31	3.5. Literatur
32	4. AUSBREITUNGSBERECHNUNGEN (ZAMG)
32	4.1. Modell
32	4.2. Darstellung der Modellergebnisse
32	4.3. Verwendung von CTBTO Radionuklid-Daten
34	4.4. Regionale und hemisphärische Transporte
40	4.5. Validierung
43	4.6. Quellstärkenabschätzung
44	4.7. Aktivitäten im Rahmen der WMO
46	4.8. Webseite
47	4.9. Organisatorische und technische Weiterentwicklungen
47	4.10. Literatur
48	5. MESSUNGEN UND DOSISABSCHÄTZUNG IN ÖSTERREICH (AGES, BMLFUW)
48	5.1. Messwerte
64	5.2. Dosisabschätzungen für Österreich aufgrund der Ereignisse in Japan
66	5.3. Literatur
67	6. MASSNAHMEN IN ÖSTERREICH UND INTERNATIONAL (BMLFUW)
67	6.1. Maßnahmen in Österreich betreffend Lebensmittel, Futtermittel, Passagiere und Waren
69	6.2. Weitere Maßnahmen in Österreich / für österreichische Staatsbürger
72	6.3. Vergleich: Maßnahmen International
75	6.4. Literatur
76	7. LESSONS LEARNT
76	7.1. Lessons Learnt international
78	7.2. Lessons Learnt für Österreich
78	7.3. Literatur

EINLEITUNG

NACH DEM SCHWERSTEN Seebeben seit Beginn der japanischen Erdbebenaufzeichnungen überflutete am 11. März 2011 ein Tsunami weite Teile der Nordostküste Japans. Die Überflutungen verwüsteten einen hunderte Kilometer langen Küstenstreifen. Über 15.000 Menschen kamen durch die Katastrophe ums Leben, 2.500 gelten nach wie vor als vermisst und hunderttausende wurden obdachlos. Die Schäden gehen in die Höhe von hunderten Milliarden Euro.

Die Industrienation Japan deckte bis zum Tōhoku-Erdbeben rund ein Drittel des Strombedarfs durch Kernenergie. Im Zuge der Naturkatastrophe wurden an der Ostküste Japans elf Reaktorblöcke in vier Kernkraftwerken automatisch abgeschaltet. In den Kernkraftwerken Onagawa, Tōkai und vor allem Fukushima Dai-ni konnten die Reaktoren durch Notfallmaßnahmen in den Anlagen gerade noch unter Kontrolle gebracht werden. Im Kernkraftwerk Fukushima Dai-ichi entwickelte sich allerdings der schwerste Kernkraftwerksunfall seit der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl.

Obwohl heute die Unglücksreaktoren als unter Kontrolle und weitere größere Freisetzungen als unwahrscheinlich gelten, werden die Aufräumarbeiten in und außerhalb der Anlage noch viele Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Darum haben der Kernkraftwerksunfall von Fukushima und seine Folgen nicht nur in Japan zu einem Umdenken in der Haltung gegenüber der Nutzung der Kernenergie zur Energiegewinnung geführt.

In den fünf Jahren seit dem Kernkraftwerksunfall in Fukushima wurden Verbesserungsmaßnahmen in Kernkraftwerken im Hinblick auf katastrophengebundene schwere Unfälle aber auch im Bereich des Notfallmanagements zur Eindämmung der Folgen von schweren Reaktorunfällen durchgeführt. So wurden unter anderem Kernkraftwerke vor allem auf europäischer Ebene einer genauen Sicherheitsüberprüfung („Stresstests“) unterzogen, um erforderlichenfalls durch Nachrüstmaßnahmen Unfälle dieser Größenordnung in Kernkraftwerken in der Zukunft vermeiden zu können. Im letzten Kapitel dieses Berichtes sind auch die „Lessons Learnt“ aus Sicht des Strahlenschutzes dargestellt..

1. BESCHREIBUNG DES UNFALLS (AGES)

DIE NATURKATASTROPHE NAHM ihren Ausgang am 11. März 2011 um 14:46 JST (Japan Standard Time) durch ein Erdbeben der Stärke 9,0 nach Richter. Das Epizentrum des Erdbebens lag etwa 130 km vor der Ostküste der japanischen Hauptinsel Honshu. Das Erdbeben entstand in einer seismisch sehr aktiven Region, dem Japanischen Graben, in dem sich die pazifische unter die nordamerikanische Kontinentalplatte schiebt. Das Erdbeben löste einen Tsunami aus, der innerhalb kurzer Zeit in sieben Wellen die Küste Japans traf und über 500 km² Land überschwemmte. Seitdem sind mehr als 17.500 Personen tot oder noch immer vermisst [1]. Im Zuge dieser Tragödie ereignete sich der schwerste Kernkraftwerksunfall seit Tschernobyl 1986.

Die folgende Beschreibung beschränkt sich auf die Anlage Fukushima Dai-ichi (Fukushima 1). Andere betroffene Kernkraftwerke, wie z.B. Fukushima Dai-ni, konnten durch Notfallmaßnahmen in der Anlage gerade noch unter Kontrolle gebracht und damit eine Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umwelt verhindert werden.

Die Anlage Fukushima 1 setzt sich aus 6 Reaktorblöcken zusammen.

ÜBERSICHT DER REAKTORBLÖCKE 1 BIS 6 IN FUKUSHIMA 1

	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	Block 5	Block 6
Nettoausgangsleistung (MWe)	460	784	784	784	784	1100
Inbetriebnahme	1971	1974	1976	1978	1978	1979
Reaktortyp	BWR3	BWR4	BWR4	BWR4	BWR4	BWR5
Containment	MARK-1	MARK-1	MARK-1	MARK-1	MARK-1	MARK-2
Anzahl der Brennelemente	400	548	548	548	548	764

Tabelle: Auflistung der Reaktorblöcke 1-6 von Fukushima 1 und ihre Kenngrößen

Quelle: Erster Bericht der japanischen Regierung an die IAEA [2].

Vor dem Erdbeben befanden sich die Reaktoren 1 bis 3 von Fukushima 1 im Leistungsbetrieb. Die Reaktoren 4 bis 6 waren zu diesem Zeitpunkt für Revisionsarbeiten abgeschaltet. Die Brennelemente des Reaktorkerns 4 wurden aufgrund umfangreicher Umbauarbeiten im Brennelementlagerbecken von Block 4 zwischengelagert. Am Gelände von Fukushima 1 wurden zusätzlich mehr als 6.000 abgebrannte Brennelemente in einem separaten gemeinsamen Brennelementlagerbecken gelagert.

Unmittelbar nach dem Erdbeben um 14:46 JST wurde die automatische Selbstabschaltung durch das vollständige Einfahren der Kontrollstäbe in sämtlichen in Betrieb befindlichen Reaktoren der Anlage Fukushima 1 aktiviert. Gleichzeitig kam es zu einem Verlust der externen Stromversorgung, da durch das Erdbeben alle Stromleitungen zum KKW wurden zerstört wurden, woraufhin die Notstromgeneratoren sowie aktive und passive Sicherheitssysteme gestartet wurden.

Um 15:27 JST erreichte die erste Welle des Tsunamis das Kraftwerksgelände, um 15:35 wurden Teile des Kraftwerksgeländes durch eine zweite Welle überflutet. Die Notstromgeneratoren, Schaltkästen und Notstrombatterien wurden unter Wasser gesetzt, womit auch die Notstromversorgung auf dem Gelände weitgehend ausfiel.

Zusätzlich wurden durch Tsunamischäden die Systeme zur Wärmeabfuhr in die ultimative Wärmesenke (pazifischer Ozean) zerstört. Im weiteren Verlauf stand daher einzig das Wasserinventar in den Kondensationskammern der Containments zur Aufnahme der Nachzerfallswärme zur Verfügung. In den folgenden Tagen wurden alternative Kühlmittelspeisungen in die Reaktordruckbehälter anfangs durch vom Tsunami verschonte Speisewasserreservoirs und später durch den improvisierten Einsatz von Meerwasser angewandt. Letztendlich war die zugeführte Menge an Kühlmittel zu gering um zu verhindern, dass die Brennelemente in den Blöcken 1 bis 3 teilweise bzw. vollständig freigelegt wurden. In allen drei Reaktoren kam es in der Folge zu Reaktionen zwischen Wasserdampf und den Zirkoniumhüllen der Brennelemente, wobei große Mengen Wasserstoff freigesetzt wurden. Durch die beschädigten Brennelementhüllen wurden auch erhebliche Mengen an radioaktiven Edelgasen, sowie Iod und Cäsium in das Containment freigesetzt. Der Wasserstoff konnte einerseits durch gezielte

Druckentlastungen und andererseits vermutlich durch Undichtheiten in den Containments, welche über den Auslegungsdruck hinaus beansprucht wurden, in die oberen Teile der Reaktorgebäude gelangen, wo es schließlich zu Explosionen kam (Block 1 am 12.03.11 um 15:36 JST und Block 3 am 14.03.11 um 11:01 JST). Bei Block 2 sammelte sich Wasserstoff vor allem in den Kondensationskammern des Containments an und verursachte dort eine Explosion (Block 2 am 15.03.11 gegen 06:00 JST). Bei Block 4 gelangte Wasserstoff vermutlich bei der Druckentlastung von Block 3 in das Reaktorgebäude von Block 4 und löste eine weitere Explosion (am 15.03.11 um etwa 06:00 JST) aus.

Durch die durchgeführten Druckentlastungen, die Undichtheiten der Containments und die Explosionen in den Blöcken 1 bis 3 wurden erhebliche Mengen an radioaktiven Edelgasen, sowie Iod und Cäsium in die Umwelt freigesetzt. Die Ausbreitung der radioaktiven Stoffe, wie Cs-137, Cs-134 und I-131 wurde daraufhin von der CTBTO (Comprehensive-Test-Ban Treaty Organisation) über den Pazifik, Nord Amerika, Grönland sowie Westeuropa beobachtet. In der zweiten Märzhälfte erreichten die radioaktiven Stoffe in äußerst geringen Aktivitätskonzentrationen auch Österreich.

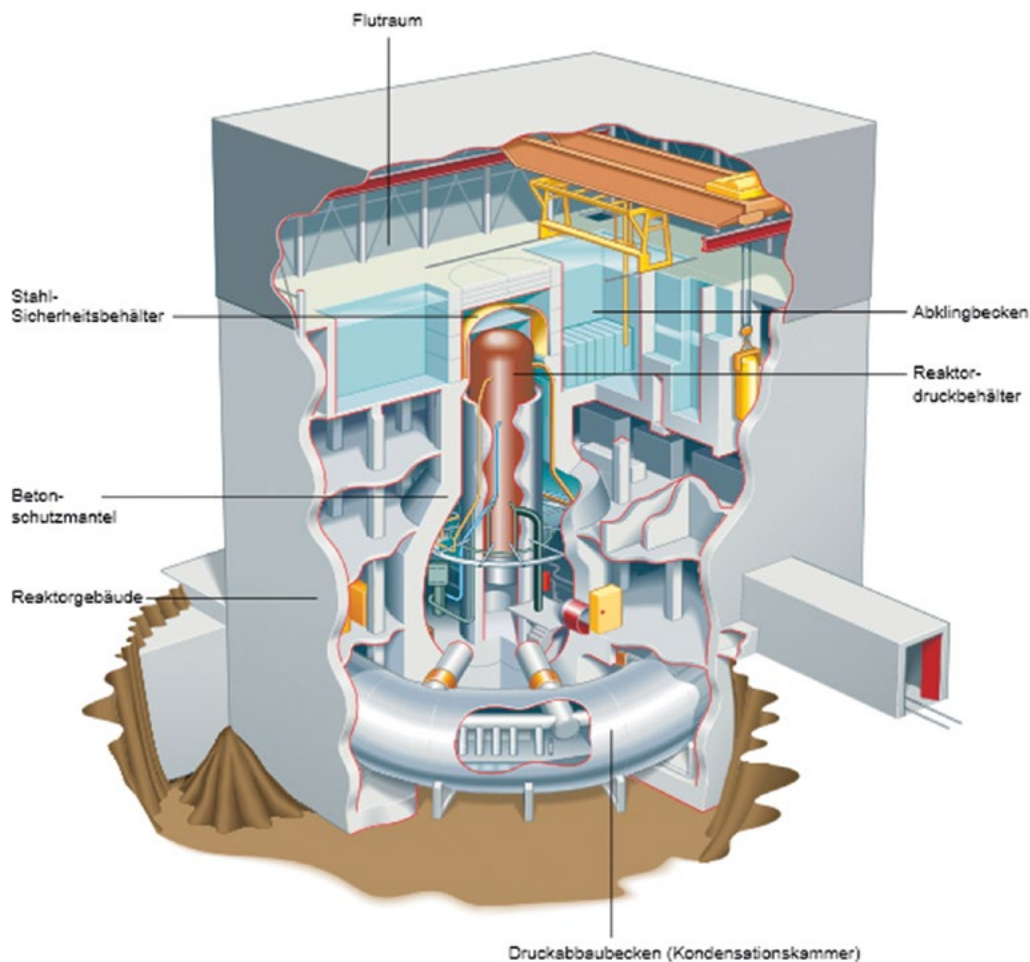


Abbildung: Mark I Containment der Fukushima Blöcke 1 bis 4

Quelle: US Nuclear Regulatory Commission [3].

1.1 LITERATUR

[1] IAEA 2015, The Fukushima Daiichi Accident, Report by the Director General, GC(59)/14

<http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10962/The-Fukushima-Daiichi-Acciden>

[2] Erster Bericht der japanischen Regierung an die IAEA über den Unfall in TEPCOs KKW Fukushima, Juni 2011, Nukleare Notfallzentrale, Japanische Regierung

http://www.kantei.go.jp/foreign/kan/topics/201106/iaea_houkokusho_e.html

[3] Nuclear Regulatory Commission 2011

<http://www.nrc.gov/reactors/generic-bwr.pdf>

2. RADIOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN VON FUKUSHIMA 1 IN JAPAN (BMLFUW)

DAS FOLGENDE KAPITEL gibt einen Überblick über den aktuellen Wissensstand hinsichtlich der radiologischen Auswirkungen des Kernkraftwerkunfalls von Fukushima 1.

2.1. ABSCHÄTZUNGEN DER FREISETZUNGEN AN DIE ATMOSPHÄRE

Gesamte Freisetzung

Im zweiten Bericht der japanischen Regierung an die IAEA [1] wurde die gesamte atmosphärische Freisetzung radioaktiver Stoffen aus den Blöcken 1 bis 3 von Fukushima 1 in die Umwelt, wie in der Tabelle dargestellt, abgeschätzt. Basierend auf Quelltermabschätzungen wurde der Unfall in Fukushima 1 von den zuständigen Behörden in Japan letztlich am 12. April 2011 in Stufe 7 (Katastrophaler Unfall) auf der 7-teiligen INES-Skala (International Nuclear and Radiological Event Scale) eingestuft.

	Fukushima 1 <i>Nuclear and Safety Agency*</i>	Fukushima 1 <i>Nuclear and Safety Commission**</i>	Vergleich: Chernobyl <i>UNSCEAR</i>
Iod-131 (Bq)	1,3 E+17	1,5 E+17	1,8 E+18
Cs-137 (Bq)	6,1 E+15	1,2 E+16	8,5 E+16

* Abschätzung aus dem Unfallablauf **Atmosphärische Rückwärtsberechnungen von Messdaten

Tabelle: Abschätzung der Freisetzung in die Atmosphäre

Quelle: Zweiter Bericht der japanischen Regierung an die IAEA [1].

Zu vergleichbaren Ergebnissen kamen in ersten Abschätzungen nach Beginn des Kernkraftwerkunfalls auch die österreichische Zentralanstalt für Geodynamik und Meteorologie (siehe Kapitel 4) und das französische IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) [2].

Der aktuelle Fukushima-Bericht der IAEA aus dem Jahr 2015 [3, 4] fasst die Bandbreite der bis 2015 vorliegenden Abschätzungen zusammen und vergleicht diese mit den atmosphärischen Freisetzungen von Tschernobyl.

Radionuklid	Fukushima 1 (in PBq = 1 E+15 Bq)	Tschernobyl (in PBq = 1 E+15 Bq)
Edelgase:		
Kr-85	6,4 - 32,6	33
Xe-133	6.000 - 12.000	6.500
Flüchtige Radionuklide:		
Te 132	0,8 - 162	~1.150
I-131	100 - 400	~1.760
Cs-134	8,3 - 50	~47
Cs-137	7 - 20	~85
Weniger flüchtige Radionuklide:		
Sr-89	0,04 - 13	115
Sr-90	0,003 - 0,14	10
Ru-103	8 E-6 - 7 E-5	>168
Ce-141	0,018	84
Pu-239	4 E-7 - 3 E-6	0,013
Pu-240	5 E-7 - 3 E-6	0,018

Tabelle: Bandbreite der Abschätzungen der atmosphärischen Freisetzungen von Fukushima 1 und Vergleich mit Tschernobyl

Quelle: Fukushima-Bericht der IAEA 2015 [3, 4].

Wie aus den Tabellen zu ersehen ist, beträgt bei Fukushima 1 die atmosphärische Freisetzung von I-131 und Cs-137 je nach Literaturquelle etwa sechs bis fünfundzwanzig Prozent der Freisetzung des KKW-Unfalls von Tschernobyl. Bei dem radiologisch weniger relevanten flüchtigen radioaktiven Edelgas Xe-133 wurde das bis zu 1 bis 2-Fache von Tschernobyl freigesetzt.

Angaben zum zeitlichen Verlauf der Freisetzung

Aus den Dosisleistungsmesswerten am Anlagengelände und dem Ereignisverlauf hat das IRSN einen zeitlichen Verlauf für die atmosphärischen Freisetzungen und eine Zuordnung zu den betroffenen Reaktorblöcken 1 bis 3 hergeleitet:

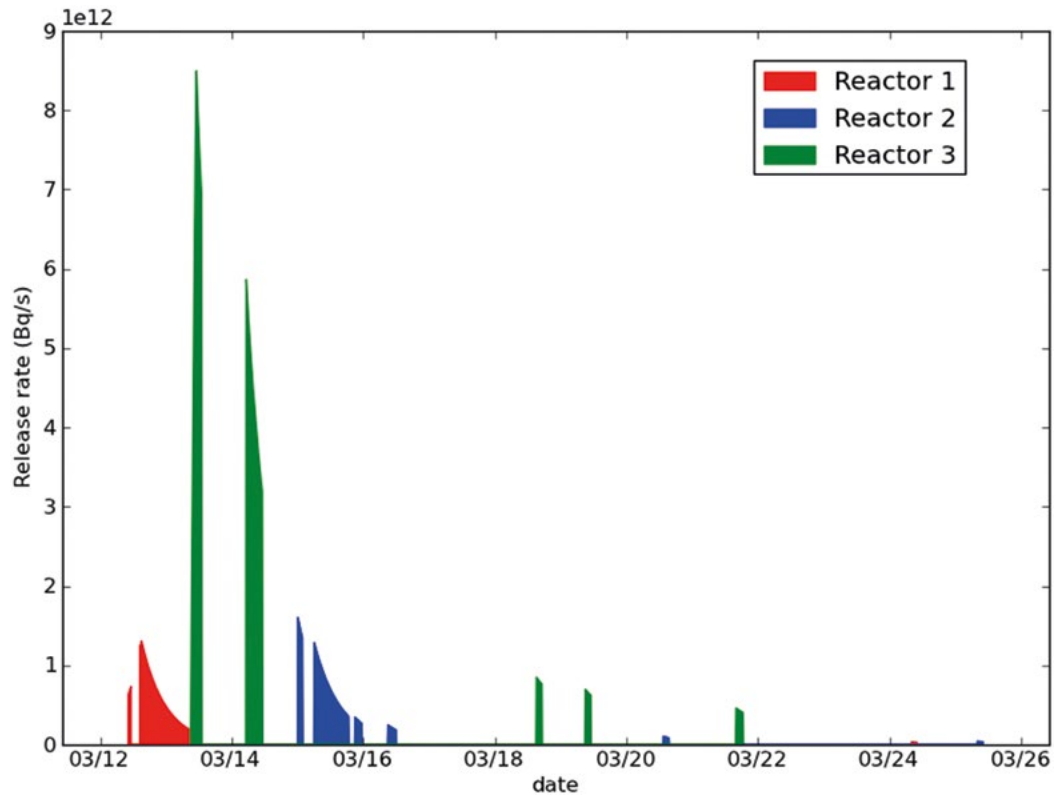


Abbildung: Zeitlicher Verlauf der atmosphärischen Freisetzungen aus verschiedenen Reaktorblöcken
 Quelle: IRSN [2].

Die IAEA hat im Fukushima-Bericht 2015 [4] den zeitlichen Verlauf der größten atmosphärischen Freisetzungen zusammengefasst und den Ereignissen in der Anlage gegenübergestellt.

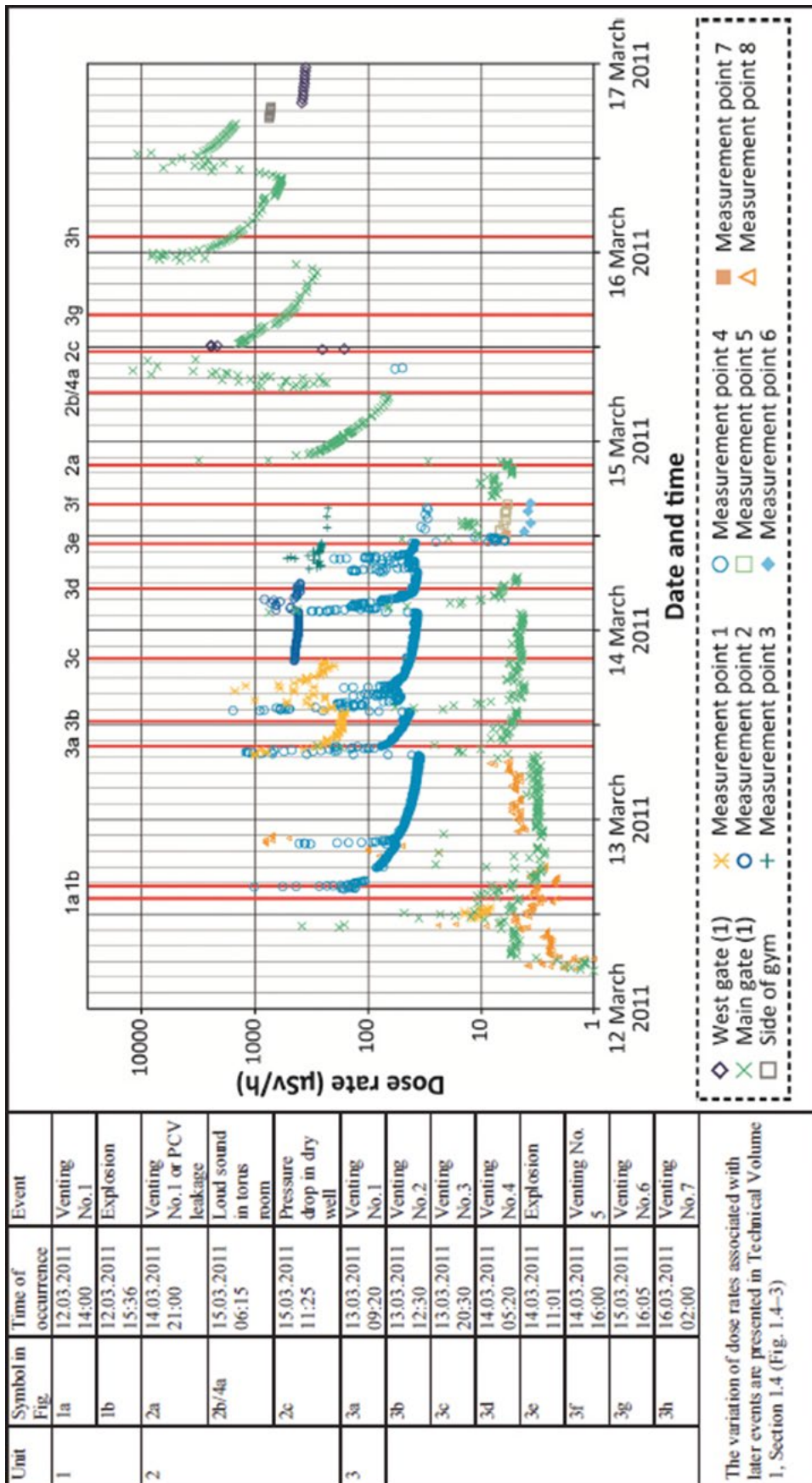


Abbildung: Gegenüberstellung zeitlicher Verlauf der Freisetzungen/Ereignisse im KKW
 Quelle: IAEA Fukushima-Bericht 2015 (4).

Zeitlicher Verlauf der Ausbreitung radioaktiver Luftmassen und der anschließenden trockenen und nassen Deposition von Cs-137

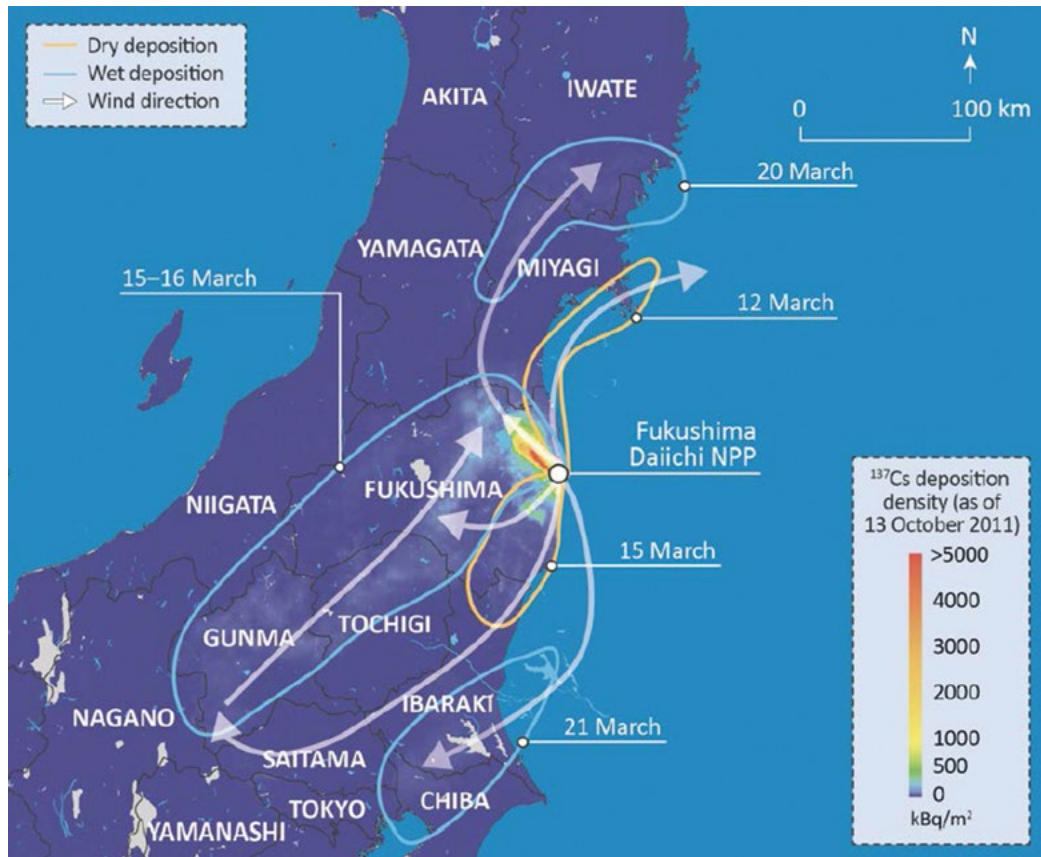


Abbildung: Zeitlicher Verlauf der Ausbreitung radioaktiver Luftmassen und der anschließenden trockenen bzw. nassen Deposition von Cs-137

Quelle: IAEA Fukushima-Bericht 2015 [4].

2.2. ABSCHÄTZUNGEN DER FREISETZUNGEN INS MEER

Im Laufe des Unfalles kam es auch zu Freisetzungen von hoch kontaminiertem Wasser in das Meer. Diese direkten Freisetzungen in das Meer haben entsprechend dem Fukushima-Bericht der IAEA [3] folgende Ursachen:

- unfallbedingte Freisetzung von hoch kontaminierten Wasser aus Fukushima Block 2 (1.–6. April 2011)
- geplante Freisetzung von schwach kontaminiertem Wasser aus den Sammelbehältern (4.–10. April 2011)
- unfallbedingte Freisetzungen von kontaminiertem Wasser durch Undichtheiten in Sammelbehältern am Standort (10–11. Mai 2011)
- bis heute anhaltende Freisetzung von Grundwasser, das durch die Anlage fließt und dabei kontaminiert wird

Der aktuelle Fukushima-Bericht der IAEA [4] enthält eine Zusammenfassung der vorliegenden Abschätzungen über die Aktivität radioaktiver Stoffe (bezogen auf das Freisetzungdatum, ohne Zerfallskorrektur), die bis jetzt direkt in das Meer gelangten:

- I-131: 1,0–,0 E+15 Bq
- Cs-137: 1,0–6,0 E+15 Bq, einzelne Abschätzungen gehen bis zu etwa 27 E+15 Bq

Ein großer Anteil dieser Freisetzungen in das Meer fand Anfang April 2011 statt. Die genehmigte Aktivitätsabgabe ins Meer für Fukushima 1 beträgt zum Vergleich $2,2 \text{ E}+11 \text{ Bq}$ [1]. Mit verschiedenen Maßnahmen wurde versucht weitere Freisetzungen von radioaktiven Stoffen in das Meer zu vermindern bzw. zu unterbinden:

- abdichten der Undichtheiten in den Blöcken 1 bis 4 von Fukushima 1
- Aufarbeitung und damit Verminderung der Kontamination des Wassers in der Anlage
- teilweise Entfernung/Filterung von radioaktiven Stoffen im Meerwasser nahe der Einlassstelle
- verhindern des Zuflusses von radioaktiv kontaminiertem Grundwasser ins Meer

2.3. FRÜHE DOSISABSCHÄTZUNGEN FÜR SOFORTMASSNAHMEN

Basierend auf den Abschätzungen der atmosphärischen Freisetzungen von radioaktiven Stoffen in die Umwelt und den damals herrschenden Wetterbedingungen wurden von der IRSN, kurz nach dem Ereignis, die zu erwartenden Dosen ohne Durchführung von Schutzmaßnahmen für einjährige Kinder (kritische Gruppe) berechnet.

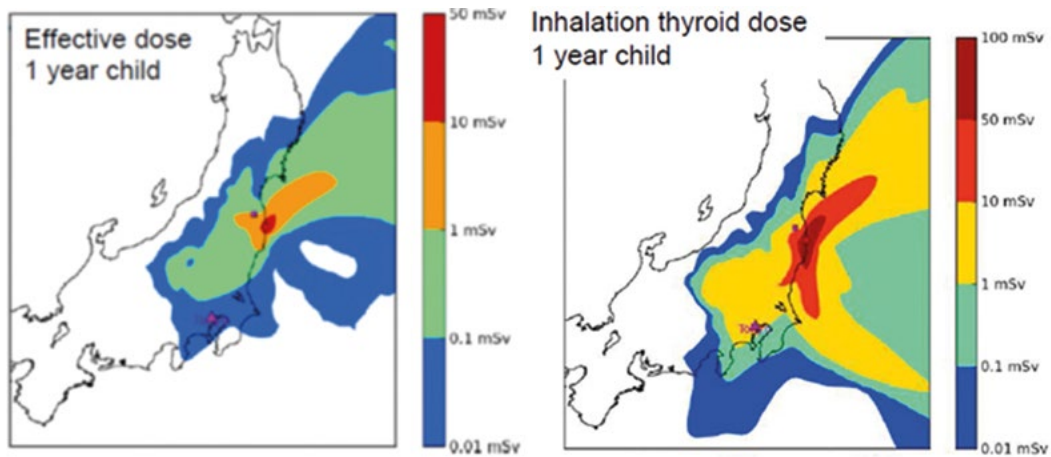


Abbildung: Effektivdosis und Schilddrüsendosis für Einjährige (für den Zeitraum: 12.-21. März 2011)

Quelle: IRSN [2].

Zum Vergleich sind in der nachfolgenden Tabelle die österreichischen Interventionsrichtwerte für verschiedene Schutzmaßnahmen gemäß Interventionsverordnung [5] aufgelistet:

INTERVENTIONSRICHTWERTE FÜR SCHUTZMASSNAHMEN IN ÖSTERREICH

	Personengruppe	Interventionsrichtwert	Art der Dosis
Aufenthalt in Gebäuden	Personen < 18 Jahre, Schwangere	1 mSv	effektive Erwartungsdosis
	Erwachsene	10 mSv	effektive Erwartungsdosis
Iodblockade durch Einnahme von Kaliumiodidtabletten	Personen < 18 Jahre	10 mGy	erwartete Schilddrüsendosis
	Erwachsene < 40 Jahre Schwangere und Stillende	100 mGy	erwartete Schilddrüsendosis
	Erwachsene > 40 Jahre	500 mGy	erwartete Schilddrüsendosis
Evakuierung	Alle Bevölkerungsgruppen	50 mSv	vermeidbare effektive Dosis

Tabelle: Interventionsrichtwerte für Schutzmaßnahmen in Österreich

Quelle: Interventionsverordnung [5].

Würden die österreichischen Interventionsrichtwerte herangezogen werden, wären beispielsweise die Maßnahmen „Aufenthalt in Gebäuden“ (Kinder und Jugendliche ab dem gelben Gebiet, Erwachsene im roten Gebiet, siehe linke Abbildung der vorhergehenden Seite) und „Iodoblockade“ (Kinder und Jugendliche ab dem gelben Gebiet, Erwachsene im roten Gebiet, siehe rechte Abbildung der vorhergehenden Seite) durchzuführen.

Auf Basis von Dosisleistungskarten (siehe nachfolgende Abbildung) wurden im Zweiten Bericht der japanischen Regierung an die IAEA [1] auch Dosisabschätzungen für das erste Jahr nach dem Unfall ohne Durchführung von Schutzmaßnahmen erstellt (siehe nächste Seite).

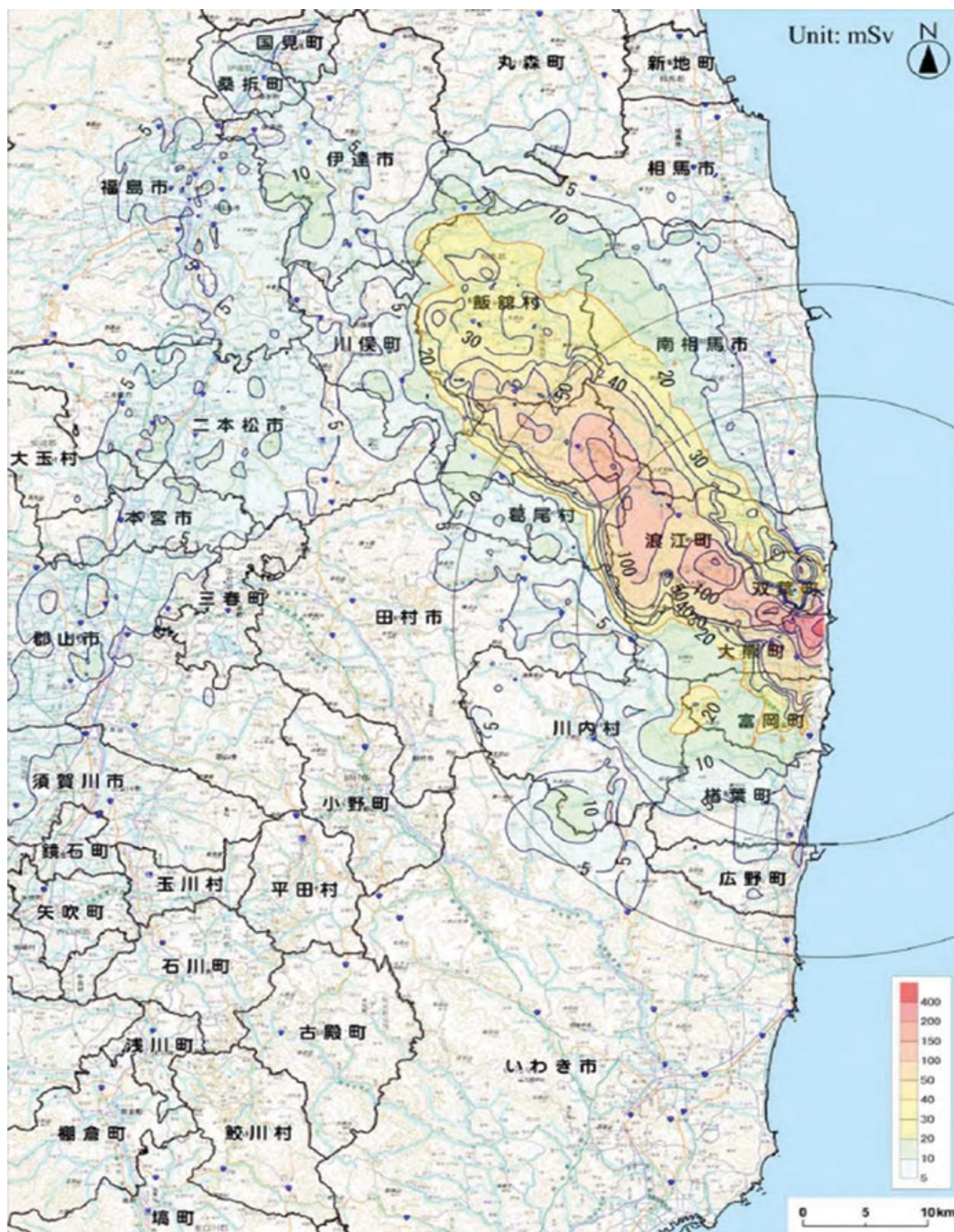


Abbildung: Abschätzung der externen Effektivdosis für das erste Jahr nach dem Unfall ohne Durchführung von Schutzmaßnahmen

Quelle: Zweiter Bericht der japanischen Regierung an die IAEA [1].

2.4. AKTUELLER STAND DER DOSISABSCHÄTZUNGEN

Fünf Jahre nach Beginn des KKW-Unfalls in Fukushima liegen genauere Dosisabschätzungen von WHO [6], UNSCEAR [7] und der IAEA [3] für die gesamte Dosis, die die betroffene Bevölkerung im ersten Jahr erhalten hat, vor. Die Ergebnisse werden im Folgenden kurz zusammengefasst:

WHO-Dosisabschätzung für Kleinkinder aus 2012:

- Kinder in den am höchsten betroffenen Gebieten, die nicht evakuiert wurden (NW-Kontamination, Orte wie zB. Namie oder Iitate): Effektivdosis 1. Jahr: 10-50 mSv, Schilddrüsendosis: 100-200 mSv
- in den anderen kontaminierten Gebieten: Effektivdosis 1. Jahr: 1-10 mSv, Schilddrüsendosis: 10-100 mSv

UNSCEAR Dosisabschätzung für Kleinkinder 2013:

- Kinder, die evakuiert wurden: Effektivdosis 1. Jahr: etwa 7,1-13,0 mSv, Schilddrüsendosis: 47-83 mSv
- in den am höchsten kontaminierten Gebieten, die nicht evakuiert wurden: Effektivdosis 1. Jahr: etwa 2,0-7,5 mSv, Schilddrüsendosis: 33-52 mSv

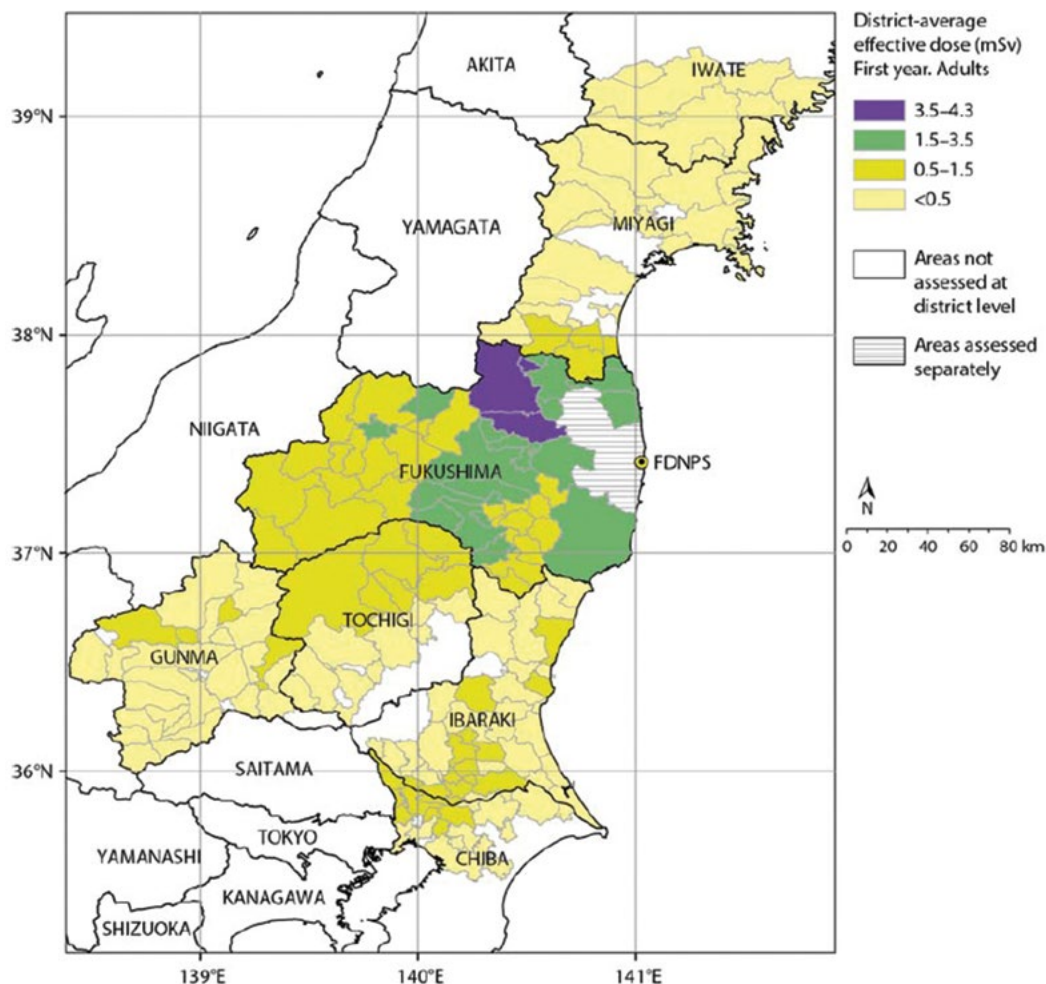


Abbildung: Abschätzungen der mittleren effektiven Jahresdosis für Kleinkinder im ersten Jahr nach dem KKW-Unfall in den jeweiligen Bezirken

Quelle: UNSCEAR-Bericht [7].

Anmerkungen zu den Dosisabschätzungen:

- Kleinkinder gehören zur am meisten gegenüber Strahlung sensitiven Bevölkerungsgruppe (kritische Gruppe). Die Dosis für ältere Kinder und Erwachsene ist im Vergleich entsprechend geringer.
- gemäß IAEA [3] sind die UNSCEAR-Dosisabschätzungen realistischer als die bereits 2012 ausgearbeiteten WHO-Dosisabschätzungen, da die UNSCEAR-Ergebnisse auf aktuelleren und genaueren Daten basiert.

Gesundheitliche Auswirkungen:

Auf Basis der vorliegenden Dosisabschätzungen und den durchgeführten Untersuchungen lässt sich folgendes zusammenfassen:

- Es gab keine akuten (deterministischen) gesundheitlichen Auswirkungen in der Bevölkerung aufgrund des KKW-Unfalls in Fukushima.
- Stochastische Langzeitauswirkungen (wie zB. Schilddrüsenkrebs oder andere Krebsarten) sind sehr unwahrscheinlich.
- Gravierend sind, wie auch bei Tschernobyl, die psychischen und sozialen Auswirkungen der Reaktorkatastrophe.
- Durch die notwendige Evakuierung von bis zu hunderttausend Menschen kam es während des raschen Abtransports und kurz danach vermehrt zu Todesfällen. Besonders viele Opfer verursachte die rasche Evakuierung von Krankenhäusern [8].

2.5. DOSISLEISTUNGS- UND CÄSIUM-KONTAMINATIONSKARTEN

In einem gemeinsamen Projekt des japanischen Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology und dem U.S. Department of Energy [9] wurden mittels Luftspürmessungen Dosisleistungs- und entsprechende Bodenkontaminationskarten erstellt.

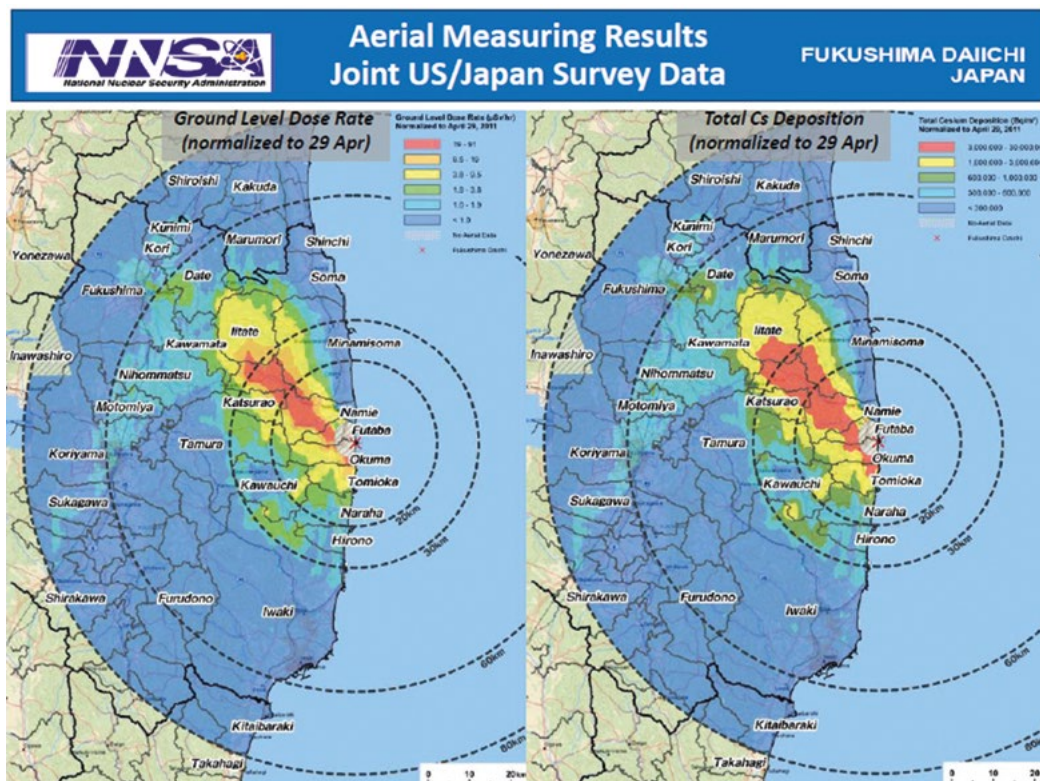


Abbildung: Dosisleistungs- und entsprechende Bodenkontaminationskarten

Quelle: US Department of Energy [9].

Die Bodenkontamination lässt sich durch die damaligen ungünstigen Wetterbedingungen (Wind in Richtung NW und Niederschlag) erklären. Zu diesem Zeitpunkt kam der Hauptanteil der radioaktiven Freisetzungen aus dem Reaktorblock 2 von Fukushima 1 [2]. Die meiste Zeit herrschten während des Unfalles für Japan aber eher günstige Wetterbedingungen, die den Großteil der radioaktiven Stoffe Richtung Pazifischen Ozean transportierten (siehe Kapitel 4). Die gesamte Cäsiumkontamination setzt sich zu etwa gleichen Teilen aus Cs-134 (Halbwertszeit 2 Jahre) und Cs-137 (Halbwertszeit 30 Jahre) zusammen.

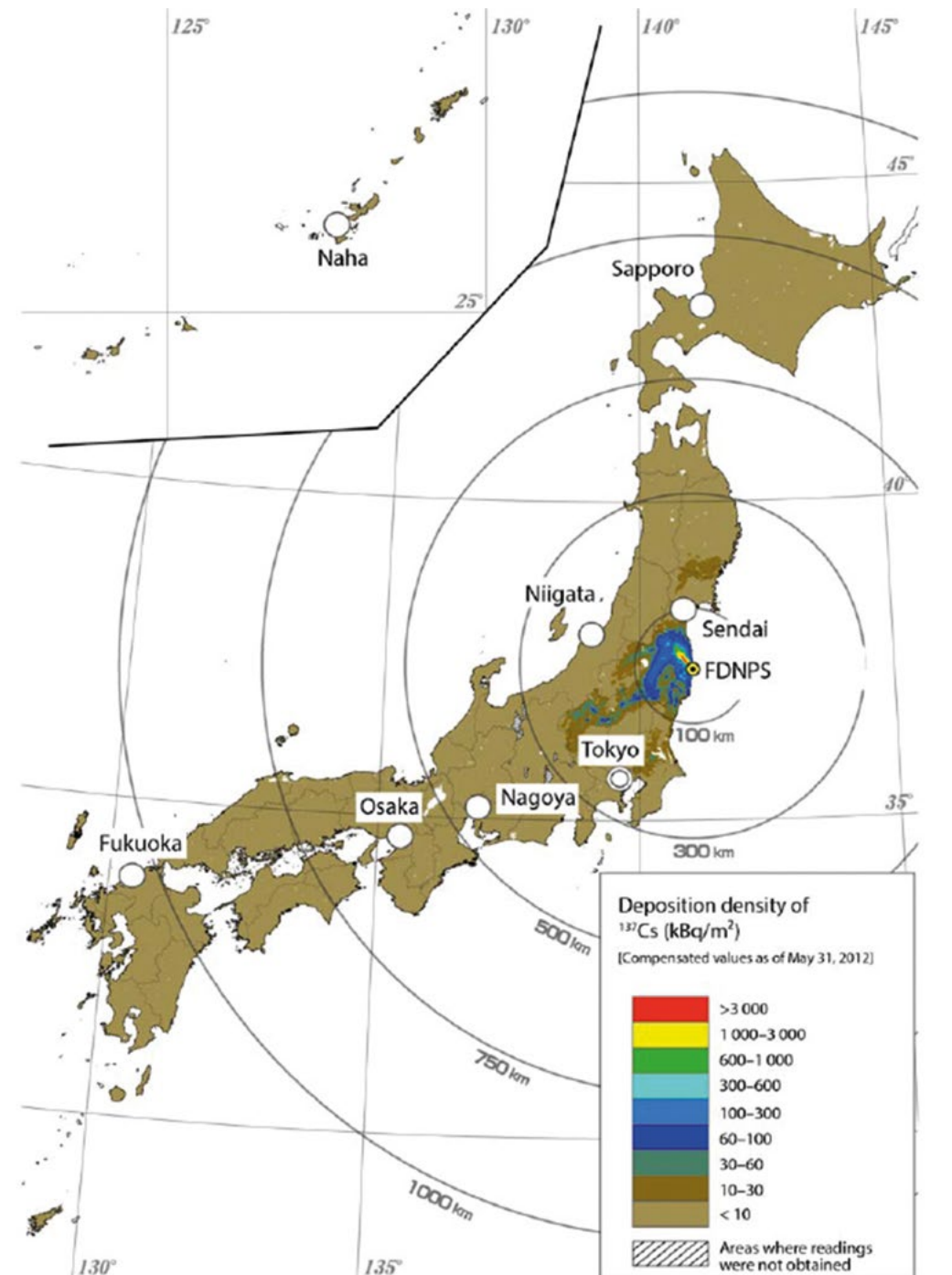


Abbildung: Gesamte Cs-137 Deposition in Japan

Quelle: UNSCEAR-Bericht [7].

Zum Vergleich: Die Ortsdosisleistung in Österreich aufgrund der natürlichen Hintergrundstrahlung liegt zwischen etwa 0,08 bis 0,2 $\mu\text{Sv/h}$. Die mittlere Cs-137-Bodenkontamination in Österreich lag unmittelbar nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl bei 21 kBq/m^2 , wobei die höchsten Werte bei über 100 kBq/m^2 lagen.

Dosisleistungsverlauf in Tokio

Die Messwerte des Japanischen Strahlenfrühwarnsystems waren für Tokio (etwa 250 km entfernt von Fukushima 1) immer online verfügbar. Die höchste gemessene Ortsdosisleistung (ODL) für die in der folgenden Abbildung gewählte Sonde betrug bei Durchzug der ersten radioaktiven Wolke (15.–17. März 2011) etwa 225 nSv/h . Wie in der Abbildung zu sehen ist, kam es in Tokio um den 23. März 2011 zu einem weiteren Durchzug radioaktiv kontaminierter Luftmassen.

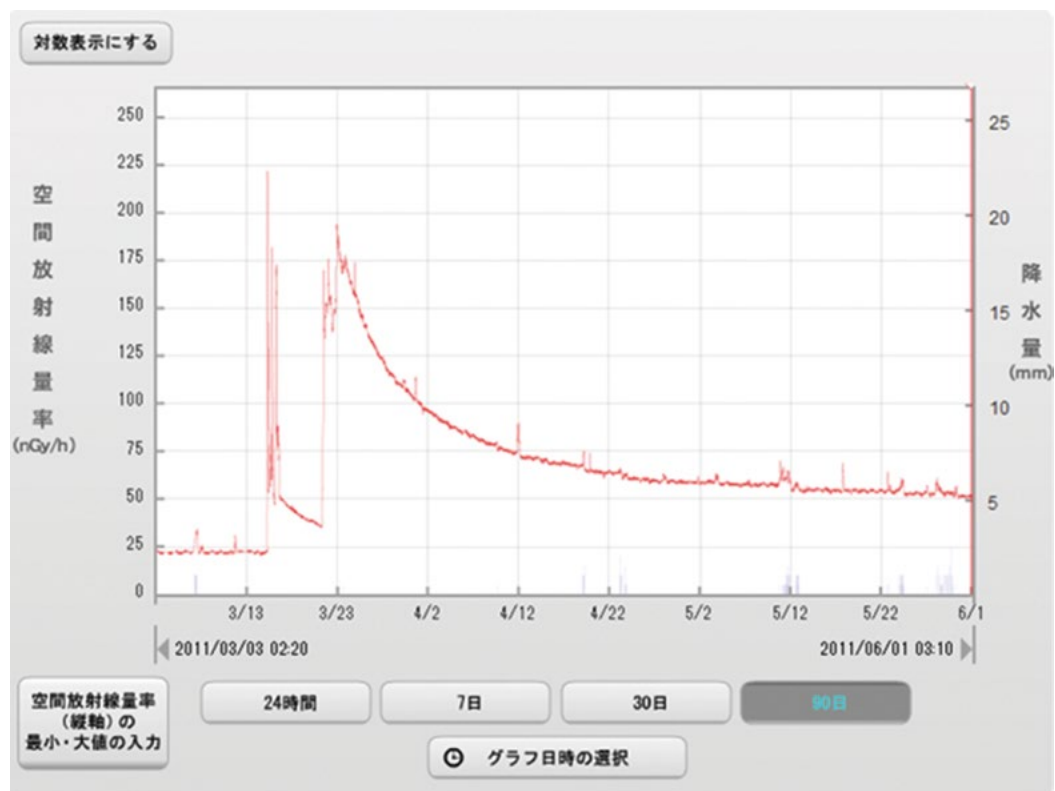


Abbildung: ODL-Messwerte in der Umgebung von Tokio

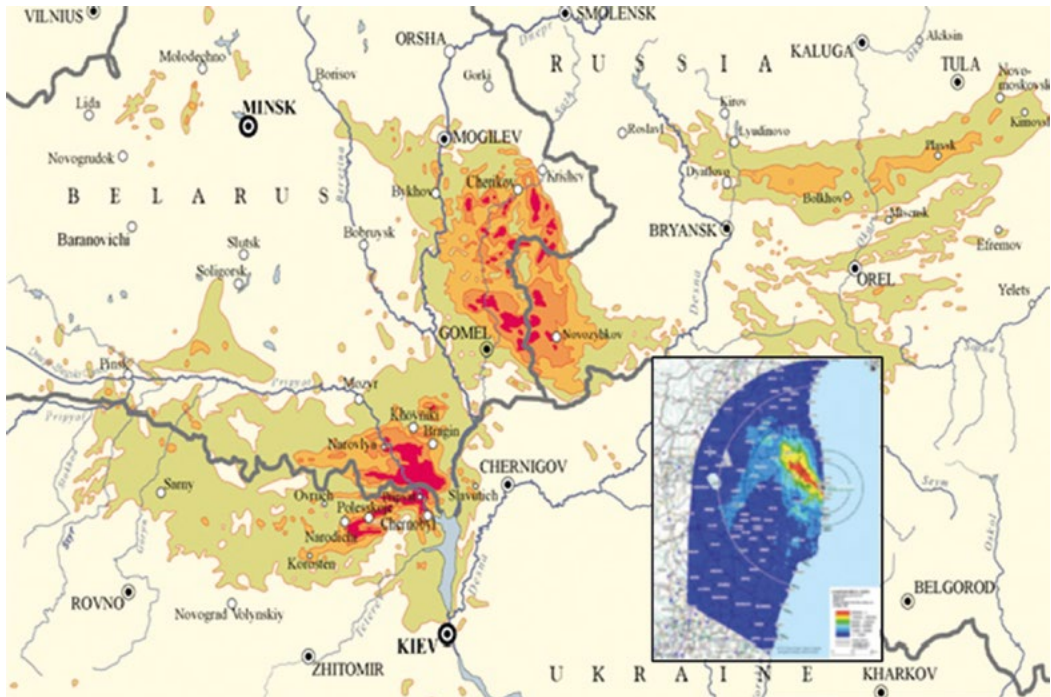
Quelle: Japanisches Strahlenfrühwarnsystem [10].

Die Simulationen der Zentralanstalt für Meteorologie, welche für beide Zeiträume einen Transport ins Landesinnere vorher-sagten (siehe Kapitel 4, Abbildung 4 und 5) stimmen sehr gut mit dem Zeitverlauf der abgebildeten Messwerte des japanischen Strahlenfrühwarnsystems überein.

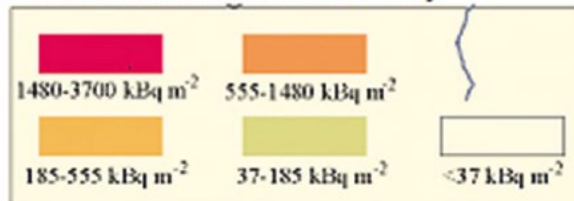
Vergleich der Cäsium-Deposition bei Tschernobyl und Fukushima

Die nachfolgende Abbildung macht deutlich, dass beim Reaktorunfall von Tschernobyl größere Gebiete von einer hohen Cs-137-Bodenkontamination betroffen waren als bei Fukushima 1. Nicht nur die nähere Umgebung des Reaktors wurde höher kontaminiert, sondern auch weiter entfernte Gebiete in der Ukraine, Weißrussland und Russland. Die Unterschiede lassen sich vor allem dadurch erklären, dass

- beim Reaktorunfall von Tschernobyl größerer Mengen an radioaktivem Cäsium freigesetzt wurden,
- die radioaktiven Stoffe bei Tschernobyl auch in größeren Höhen (> 1000 m) freigesetzt wurden und
- im Unterschied zu Tschernobyl ein großer Teil der radioaktiven Stoffe bei Fukushima 1 aufgrund der während des Unfalls vorherrschenden Wetterlage über dem Pazifischen Ozean (siehe Kapitel 4) deponiert wurden.



Cs- 137 Kontamination Tschernobyl



Cs- 137 Kontamination Fukushima

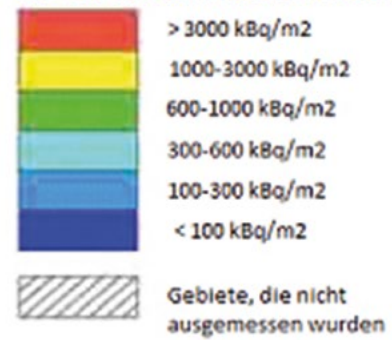


Abbildung: Cs-137-Deposition: Fukushima 1 und Tschernobyl im Vergleich

Quelle: BMLFUW nach UNSCEAR.

2.6 KONTAMINATION VON LEBENSMITTELN

Aufgrund der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Umwelt wurden in mehreren Provinzen Lebensmittel über den in Japan zulässigen Höchstwerten kontaminiert. Hauptsächlich betroffen waren die Provinzen Iwate (3), Myiagi (4), Fukushima (7), Ibaraki (8), Tochigi (9), Gunma (10), Chiba (12) und Kanagawa (14).



Abbildung: Provinzen in Japan

Quelle: Wikipedia.

Welche Lebensmittel zu welchem Zeitpunkt in den betroffenen Provinzen die von den japanischen Behörden vorgegebenen Kontaminationshöchstwerte bis jetzt überschritten haben, ist vor allem jahreszeitabhängig. Typische Lebensmittel, die in der Provinz Fukushima betroffen waren, sind: Rohmilch, Blattgemüse (wie z.B. Spinat), (Wild-)Pilze, Reis, Rindfleisch, Wildfleisch, Tee und Eier. Auch einige Meeresfischarten vor der Küste von Fukushima waren betroffen. In den ersten Wochen nach dem Unfall kam es auch zu relevanten Iod-Kontaminationen im aus Oberflächengewässer gewonnenen Trinkwasser.

JAPANISCHE HÖCHSTWERTE FÜR KONTAMINATION VON LEBENSMITTELN

Lebensmittel	I-131	Cs-137
Trinkwasser, Milch, Milchprodukte	300 Bq/kg	200 Bq/kg
Gemüse und Fischereiprodukte	2000 Bq/kg*	500 Bq/kg
Eier, Fleisch, Getreide	--	500 Bq/kg

* außer Wurzel- und Knollengemüse

Tabelle: Japanische Höchstwerte für die Kontamination von Lebensmitteln

Quelle: Zweiter Bericht der japanischen Regierung an die IAEA [1].

Ende Februar 2012 hat die japanische Regierung beschlossen, die in der Tabelle abgebildeten Höchstwerte für Lebensmittelkontaminationen zu senken. Beispielsweise wurde der Höchstwert für radioaktives Cäsium in Gemüse, Fischereiprodukten, Eiern, Fleisch und Getreide von 500 Bq/kg auf 100 Bq/kg gesenkt. Der neue Höchstwert für Milch beträgt 50 Bq/kg, jener für Trinkwasser liegt bei 10 Bq/kg.

Japan veröffentlichte bisher hunderttausende Messungen von über 500 verschiedenen Lebensmitteln aus allen japanischen Präfekturen. Kurz nach dem Unfall zu Beginn der Überwachung überschritten etwa ein Prozent der Proben die Höchstwerte. Inzwischen übersteigen nur noch sehr wenige Proben die vorgeschriebenen Höchstwerte [11].

2.7 LITERATUR

- [1] Zusätzlicher (Zweiter) Bericht der japanischen Regierung an die IAEA über den Unfall in TEPCOs KKW Fukushima, Sept. 2011, Nukleare Notfallzentrale, Japanische Regierung
http://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/iaea/iaea_110911.html
- [2] Radioactive source term and release in the environment, O. Isnard, E. Raimond, D. Corbin and J. Denis (IRSN), Eurosafe forum, November 8, 2011
- [3] IAEA 2015, The Fukushima Daiichi Accident, Report by the Director General, GC(59)/14
<http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10962/The-Fukushima-Daiichi-Accident>
- [4] IAEA 2015, The Fukushima Daiichi Accident, Technical Volume 4/5 Radiological Consequences
<http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10962/The-Fukushima-Daiichi-Accident>
- [5] Interventionsverordnung, BGBl. II Nr. 145/2007
<https://www.bmlfuw.gv.at/umwelt/strahlen-atom/strahlenschutz/rechtsvorschriften/intV.html>
- [6] WHO Preliminary dose estimation from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami, 2012
http://www.who.int/ionizing_radiation/pub_meet/fukushima_dose_assessment/en/
- [7] UNSCEAR 2013 Report, Volume I, Report to the General Assembly, Scientific Annex A: Levels and effects of the radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and Tsunami
http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2013_1.html
- [8] Loss of life after evacuation: Lessons learned from the Fukushima accident, Koichi Tanigawa, Yoshio Hosoi, Nobuyuki Hirohashi, Yasumasa Iwasaki, Kenji Kamiya, Hiroshima University, 1-2-3 Kasumi, Minami-ku, Hiroshima 734-8551, Japan
www.thelancet.com
- [9] Radiological Assessment of effects from Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, US Department of Energy, May 6, 2011
energy.gov/sites/prod/files/050611__Joint_DOE_GoJ_AMS_Data_v3
- [10] Online Messergebnisse des japanischen Strahlenfrühwarnsystems, Disaster Prevention and Nuclear Safety Network for Nuclear Environment

[11] Karte der japanischen Provinzen, Wikipedia

https://en.wikipedia.org/wiki/Prefectures_of_Japan#/media/File:Regions_and_Prefectures_of_Japan_2

[12] Deutsches Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Umweltfolgen des Unfalls von Fukushima: Die radiologische Situation in Japan

<http://www.bfs.de/DE/themen/kt/unfaelle/fukushima/umweltfolgen/umweltfolgen.html>

3. MASSNAHMEN ZUM SCHUTZ DER BEVÖLKERUNG IN JAPAN (BMLFUW, AGES)

3.1 SOFORTMASSNAHMEN ZUM SCHUTZ DER BEVÖLKERUNG

Die Informationen über Sofortmaßnahmen basieren auf dem ersten Bericht der japanischen Regierung an die IAEA über den Unfall in TEPCOs KKW Fukushima [1].

Nach dem Erdbeben und dem Eintreffen der Tsunamiwellen am 11. März 2011 um 15:27 JST (Japan Standard Time), waren praktisch alle Kommunikationsmittel für das Notfallpersonal nicht mehr funktionstüchtig. Ebenso waren die Notfallinformationen aus der Anlage und die Messwerte der automatischen Umweltüberwachung nicht mehr verfügbar. Aus diesem Grund wurde als eine der ersten Maßnahmen eine lokale Notfallzentrale für die Koordination der Notfallmaßnahmen eingerichtet.

Weitere Sofortmaßnahmen umfassten [1]:

Evakuierungen und Aufenthalt in Gebäuden

- Nach Ausrufung des nuklearen Notstands für Fukushima 1 durch den japanischen Premierminister (als Vorsitzender der Nuklearen Notfallzentrale auf staatlicher Ebene) am 11. März 2011 wurde um 20:50 JST, etwa sechs Stunden nach dem Erdbeben, mit Evakuierungen in einem Umkreis von 2 km um Fukushima 1 begonnen. Kurz danach wurde der Evakuierungsradius auf 3 km ausgeweitet und die Bewohner im Umkreis von 10 km von Fukushima 1 aufgefordert, in den Gebäuden zu bleiben.
- Am 12. März um 5:44 JST wurde die Evakuierungszone auf 10 km und um 18:25 JST, nach der Wasserstoffexplosion in Block 1, auf 20 km ausgedehnt.
- Nach den Wasserstoffexplosionen in Block 3, 2 und 4 wurde der Aufenthalt in Gebäuden für die Bevölkerung in Umkreis 20–30 km (für etwa 62.400 Personen) angeordnet, wobei in diesem Gebiet die Zahl der „Selbstevakuierer“ im Laufe der Zeit stark anstieg.
- Am 15. März um 23:30 JST waren die Evakuierungen praktisch abgeschlossen und etwa 78.200 Personen davon betroffen.

Iodblockade

- Erst am 16. März 2011 wurden Tabletten zur Iodblockade an die Personen, die noch aus der 20 km-Zone evakuiert wurden, verteilt und deren Einnahme empfohlen.
- Auch laut Fukushima-Bericht der IAEA aus 2015 wurde die wichtige Schutzmaßnahme „Iodblockade“ unzureichend durchgeführt. Die IAEA nennt als Grund dafür die inadäquate Planung dieser Maßnahme in den Notfallplanungszonen und der weiteren Umgebung des KKW Fukushima 1 vor dem KKW-Unfall.

Kontaminationsüberwachung und Dekontaminierung der Bevölkerung

- Seit 13. März 2011 wurde ein Kontaminationsscreening von Personen in der Provinz Fukushima, insbesondere bei Evakuierten aus der 20 km-Zone, durchgeführt.
- Bis 23. Mai 2011 wurde bei insgesamt 191.988 Personen ein Kontaminationsscreening durchgeführt.
- Insgesamt wurden 102 Personen dekontaminiert (wobei eine einmalige Dekontaminierung ausreichte).
- Zusätzlich wurde nach dem 26. März 2011 bei 1.080 Kindern und Jugendlichen unter 15 Jahren aus hochbelasteten Gebieten der Provinz Fukushima ein Screening der Schilddrüsen durchgeführt.

Verstärkte Umwelt- und Lebensmittelüberwachung

Anlagenüberwachung:

- Im automatischen Messnetz wurden 23 von 24 Stationen im betroffenen Gebiet durch das Erdbeben außer Betrieb gesetzt.
- Anlagenüberwachung durch den Betreiber (TEPCO): Nach dem Verlust der externen Spannungsversorgung kam es zum Ausfall der Emissionsüberwachung und der Dosisleistungsmessung an Anlagenmesspunkten (teilweiser Ersatz durch mobile Messwagen). Die Wetterstation bei Fukushima 1 war ebenfalls nicht verfügbar.

Überwachung außerhalb der Anlage:

- Ab 14. März 2011 waren erste Ortsdosisleistungsmesswerte mobiler Messwagen vom 13. März verfügbar.
- Ab 15. März 2011 gab es erste Aktivitätsmesswerte von Boden- und Bewuchsproben.
- In den vom Erdbeben weniger betroffenen Provinzen waren Dosisleistungsmesswerte des japanischen Strahlenfrühwarnsystems ständig online im Internet verfügbar.
- Depositionsmessungen wurden seit 18. März 2011 durchgeführt.
- Lebensmittel- und Trinkwassermessungen wurden durchgeführt.

3.2 LÄNGERFRISTIGE MASSNAHMEN ZUM SCHUTZ DER BEVÖLKERUNG

Die folgende Zusammenstellung längerfristiger Maßnahmen basiert größtenteils auf dem ersten und zweiten Bericht der japanischen Regierung an die IAEA über den Unfall in TEPCOs KKW Fukushima [1], [2].

Ausweitung der Evakuierungen/Umsiedlungen

- Am 11. April 2011 wurde die Evakuierungszone weiter ausgedehnt.
- Eine „Deliberate Evacuation Area“ wurde eingerichtet. Dieses umfasst das höher kontaminierte Gebiet bis etwa 40 km Entfernung im Nordwesten von Fukushima 1. In diesem Gebiet sollten Evakuierungen/Umsiedlungen dann längerfristig durchgeführt werden, wenn die effektive Jahresdosis 20 mSv überstieg. Anfang September 2011 waren diese Evakuierungen/Umsiedlungen zu einem überwiegenden Teil abgeschlossen.
- Für den restlichen 20–30 km Ring, der als „Emergency Evacuation Preparation Area“ ausgewiesen wurde, wurde die Maßnahme „Aufenthalt in Gebäuden“ aufgehoben. Die Bewohner hatten sich aber vorsorglich auf eine rasche Evakuierung im Falle neuerlicher größerer Freisetzungen aus der Anlage vorzubereiten.
- In der „Planned Evacuation Area“, die die Städte Kutsurao, Namie, Iitate und Teile von Kawamata, Minami und Souma umfasste, wurden die Einwohner aufgefordert, das Gebiet bis Ende Mai zu verlassen.

Einrichtung einer Sperrzone und Zugangsbeschränkungen

- Am 22. April 2011 wurde die 20 km-Evakuierungszone zur Sperrzone mit entsprechenden Zugangsbeschränkungen erklärt.

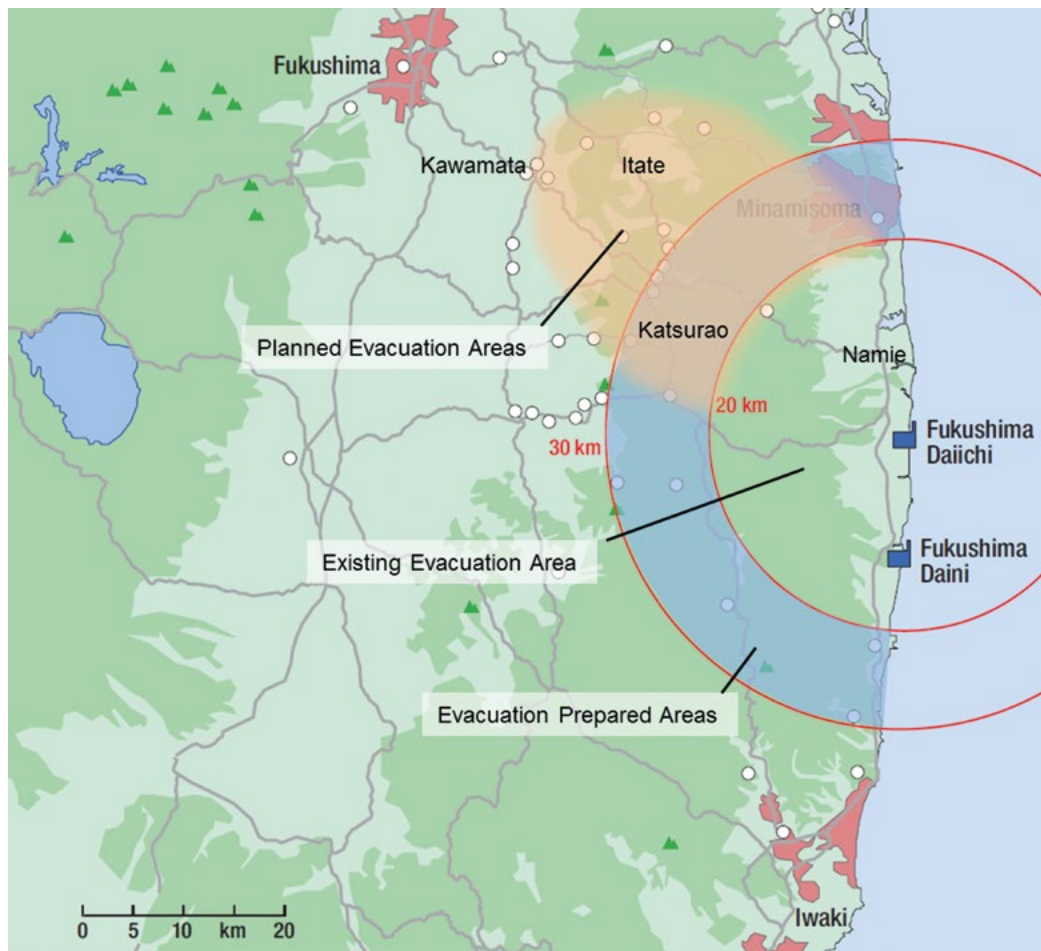


Abbildung: Evakuierungsgebiete

Quelle GRS-Bericht [3].

Notunterkünfte für Evakuierte/Umgesiedelte

- Über 15.000 Notunterkünfte wurden errichtet.

Temporärer Zugang zur Sperrzone

- Ein temporärer Zugang in die Sperrzone außerhalb der 3 km Zone von Fukushima 1 wurde wiederholt gestattet. Bis Ende August 2011 hatten etwa 33.200 Personen, von September bis Dezember 2011 etwa 49.700 Personen einen temporären Zugang.
- Seit Mitte 2011 wurden die Evakuierungszonen wiederholt überprüft, angepasst und Teile davon („Emergency Preparation Area“) aufgrund von Maßnahmen zur Stabilisierung der Anlage und aufgrund von Sanierungsmaßnahmen in den kontaminierten Gebieten aufgehoben.

Maßnahmen in der Landwirtschaft und im Bereich Lebensmittel

- Ein umfassendes Programm zur Lebensmittelüberwachung wurde erstellt.
- Einschränkungen beim Konsum und/oder beim Inverkehrbringen von Lebensmitteln entsprechend den japanischen Grenzwerten.
- Die in Kapitel 2 dargestellten japanischen Grenzwerte für die Kontamination von Lebensmitteln wurden Ende Februar 2012 von der japanischen Regierung gesenkt.
- Monitoring und Dekontaminierung von landwirtschaftlichen Böden, basierend auf einer detaillierten Bodenkontaminationskarte.
- Finanzielle Unterstützung von betroffenen Land- und Forstwirtschaften sowie Fischereibetrieben.

Information der Bevölkerung und Psychosoziale Beratung

- Im Rahmen der allgemeinen Information der Bevölkerung wurde vor allem über die Trinkwassersituation und Sicherheit von Lebensmitteln informiert.
- Einrichtung einer umfassenden Webseite zur Information der Bevölkerung.
- Spezielle Radioprogramme (Lokalsender mit Fragen und Antworten).
- Teams zu psychologischen Betreuung wurden eingesetzt.

Überwachung der Personenkontamination

- Bei 230.000 Personen wurde bis Anfang Dezember 2011 ein Kontaminationscreening durchgeführt.
- Seit Oktober 2011 werden Ultraschalluntersuchungen der Schilddrüse bei Jugendlichen in der Provinz Fukushima durchgeführt.
- Messungen mit Ganzkörperzählern wurden in den höher kontaminierten Siedlungsgebieten der Provinz Fukushima (wie z.B. in Iitate) durchgeführt.

3.3 SANIERUNGSMASSNAHMEN DER BETROFFENEN GEBIETE IN DER SPÄTPHASE

Bei dem Unfall in der Nuklearanlage Fukushima 1 kam es zu einer Freisetzung von Radionukliden an die Umwelt. Die Radionuklide die mittel- und langfristig eine zusätzliche Dosis für die Bevölkerung verursachen sind Cäsium-134 und Cäsium-137. Durch den radioaktiven Zerfall verringert sich die Dosis entsprechend den jeweiligen Halbwertszeiten (Cs-137 mit ca. 30 Jahren und Cs-134 mit ca. zwei Jahren). Der Bedarf an Sanierungsarbeiten wird demnach durch die zeitliche Entwicklung der Dosis bestimmt, die dafür abgeschätzt wurde. Für die Dosisabschätzung wurde interne und externe Strahlenexposition unterschieden. Die interne Strahlenexposition nach dem Unfall wurde vorwiegend durch die Ingestion von Nahrungsmitteln hervorgerufen. Die Inhalation von aufgewirbelten Radionukliden aus dem Erdreich wurde nur für Arbeiter in der Landwirtschaft und für Personal der radiologischen Sanierung zusätzlich in Betracht gezogen. Die externe Exposition in der Zeit nach dem Unfall wurde vorwiegend durch die Strahlung von künstlichen oberflächennahen Radionukliden, die sich nach der Freisetzung in der Umwelt abgesetzt haben, verursacht.

Im Unterschied zum Reaktorunfall von Tschernobyl ist bei Fukushima nur die externe Exposition hauptverantwortlich für die Dosis der Bevölkerung. Das ist mit der Zeitdauer und der Art der Freisetzung zu begründen. Die Sanierungsbemühungen fokussierten sich auf die intensive Dekontaminierung von öffentlichen Einrichtungen und Wohngebieten. Bei der Überwachung und Kontrolle der internen Dosis wurde der Fokus auf Einschränkungen des Konsums von Nahrungsmitteln, die Überwachung von Lebens- und Futtermitteln sowie die radiologische Sanierung von Agrarflächen gelegt.

Sanierungsstrategie und Dosiskriterium

Nachdem umfangreiche Abschätzungen der Dosis durchgeführt wurden, wurden im Herbst 2011 zwei Kategorien für die zu dekontaminierenden Gebiete eingeführt:

Die speziell zu dekontaminierenden Gebiete (Abkürzung: SDA – special decontamination area) umfassen im Wesentlichen die Gebiete der zuvor beschränkten Bereiche (Evakuierungszone 20 km um die Nuklearanlage) und Gebiete wo die zusätzliche Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung 20 mSv im ersten Jahr übersteigen konnte.

Die Gebiete, die nach einer intensiven Kontaminationserhebung (Abkürzung: ICSA – intensive contamination survey area) zu Dosen für Einzelpersonen der Bevölkerung von 1 bis 20 mSv im ersten Jahr führen hätten können und außerhalb der Evakuierungszone liegen, bilden die zweite Kategorie. Als konservatives Kriterium wurde die Dosisleistung von 0,23 $\mu\text{Sv/h}$ (0,12 $\mu\text{Sv/h}$ durch natürliche Strahlung (1,05 mSv/a) und 0,11 $\mu\text{Sv/h}$ durch künstliche Radionuklide (1 mSv/a)) herangezogen.

Sanierungsmaßnahmen in den ICSA - Intensive Contamination Survey Area

Die häufigsten Sanierungsmaßnahmen in bewohnten Gebieten umfassen für Häuser die Reinigung von Dächern, Dachrinnen und Terrassendielen durch Abwischen, Schleifen oder durch Waschen mittels Hochdruckwasserstrahltechniken. Auf Schulplätzen, in Gärten oder Parks wurden zumeist die obersten Erdschichten abgetragen bzw. der Bewuchs entfernt. Die Sanierung der Straßen erfolgte durch das Entfernen von Ablagerungen in Straßengraben und das Waschen der Straße mittels Hochdruckwasserstrahl. Die Agrarflächen wurden durch Bodenumkehr, dem Entfernen der obersten Erddeckschicht oder

der Behandlung des Bodens durch Verwendung von Düngemittel saniert bzw. gesichert. Diese und andere Sanierungsmaßnahmen wurden unter Einbeziehung der dabei erreichbaren vermeidbaren Dosis, der Kosten, der Verfügbarkeit von passenden Sanierungsalternativen, der Wichtigkeit das Verbrauchervertrauen zu erhalten, der Verfügbarkeit von Deponien und der sozialen und kulturellen Unterschiede, durchgeführt. Der Großteil der geplanten Sanierungen war auf die Dekontamination von Häusern und öffentlichen Einrichtungen fokussiert. Der Selbsthilfeansatz wurde in vielen Ortschaften innerhalb der ICSA praktiziert.

Mit Ende März 2015 waren 80 % der ICSA-Bereiche außerhalb der Präfektur Fukushima und etwa 90 % der öffentlichen Einrichtungen, 60 % der Wohnanlagen und etwa 50 % der Straßen innerhalb der Präfektur dekontaminiert.

Sanierungsmaßnahmen in den SDA – Special Decontamination Area

Das Gebiet der SDA wurde in weitere drei Zonen unterteilt (SDA 1 bis SDA 3), wobei die SDA 1 einerseits den Anforderungen der ICSA-Gebiete entspricht und andererseits die Evakuierungsanordnung wieder aufgehoben wurde. In der SDA 2 Zone war die erwartete Dosis zwischen 20 und 50 mSv im ersten Jahr und die Evakuierungsanordnung noch aufrecht. Die Zone SDA 3 umfasst Gebiete in denen anzunehmen ist, dass eine Rückkehr der Bevölkerung für eine lange Zeit nicht möglich sein wird, die Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung 50 mSv im Jahr überschreitet und die erwartete Dosis nach sechs Jahren mehr als 20 mSv entspricht.

Der Zeitplan für die Sanierung der Zonen SDA 1 und 2 sieht ein Ende der Sanierungsmaßnahmen mit Ende 2016 vor und kann Großteils voraussichtlich eingehalten werden. Die dabei gesetzten Maßnahmen entsprechen jenen in den ICAS Gebieten mit der Ausnahme, dass für die Durchführung der Arbeiten Unternehmen von der japanischen Regierung beauftragt wurden.

Im Dezember 2013 wurden die Sanierungsstrategien für die SDA 3 Gebiete unter Einbeziehung von lokalen Interessengruppen diskutiert und angepasst. Die Diskussion basierte auf folgenden Aspekten:

- die abgeschätzte zukünftig reduzierbare Dosis basierend auf Erfahrungen bei Pilotsanierungen innerhalb der SDA 3 Gebiete
- die geplante Entwicklung von Zukunftsbranchen
- der geplante Wiederaufbau
- der Bereitschaft von evakuierten Menschen wieder zurückzukehren

Dekontaminierungs-/Sanierungsmaßnahmen:

Im Fukushima-Bericht der IAEA 2015 [6] werden Sanierungsmaßnahmen aufgelistet, die in den hochkontaminierten Gebieten außerhalb der Anlage in großem Umfang implementiert wurden:

- Häuser und Gebäude: Dekontaminierung von Wänden und Dächern durch Abwaschen, Hochdruckreinigen, Sandstrahlen
- Schulgelände, Gärten und Parks: Abtragen der obersten Erdschicht, Entfernen der Vegetation
- Straßen: Hochdruckreinigen, Entfernen der Kontamination in Straßengraben
- Gärten und Bäume: Mähen, Entfernen des Laubes, Abtragen der obersten Erdschicht, Hochdruckreinigen
- Landwirtschaftlich genutzte Flächen: Unterpflügen, Abtragen der (obersten) Erdschicht, Bodenbehandlung (Einsatz von Düngemittel um die Aufnahme radioaktiver Stoffe in Pflanzen zu reduzieren), Entfernen der Vegetation
- Nutztierhaltung: kontrollierten Fütterung (Kontrolle der Cs-Konzentration)
- Waldgebiete: Entfernen des Laubes und der unteren Äste, Zurückschneiden der Vegetation

Radioaktiver Abfall

Sowohl innerhalb als auch außerhalb des KKW Fukushima ist das Abfallmanagement eines der zentralen Probleme bei den Aufräumungsarbeiten.

Abfallproblematik außerhalb der Anlage:

Mit dem Ziel die externe Exposition in den kontaminierten Gebieten zu verringern wurden, wie bereits dargestellt, umfassende Sanierungsarbeiten, insbesondere Dekontaminierungsarbeiten, durchgeführt. Gemäß Fukushima-Bericht der IAEA [6] fielen bis jetzt bei den Sanierungsmaßnahmen sehr große Mengen an schwach radioaktivem Abfall oder an leicht kontaminiertem Material an (16-22 Millionen m³, nach der Volumenreduktion in Verbrennungsanlagen). Dieser Abfall wurde bis vor kurzem in den betroffenen Ortschaften zwischengelagert. Derzeit werden zentrale Zwischenlager in Futaba und in Okuma in Betrieb genommen.

Abfallproblematik innerhalb der Anlage:

Bis jetzt fielen auch hier große Mengen an radioaktivem Abfall an. Besonders problematisch sind die großen Mengen an flüssigen radioaktiven Abfällen, die am Anlagengelände zwischengelagert werden [6].

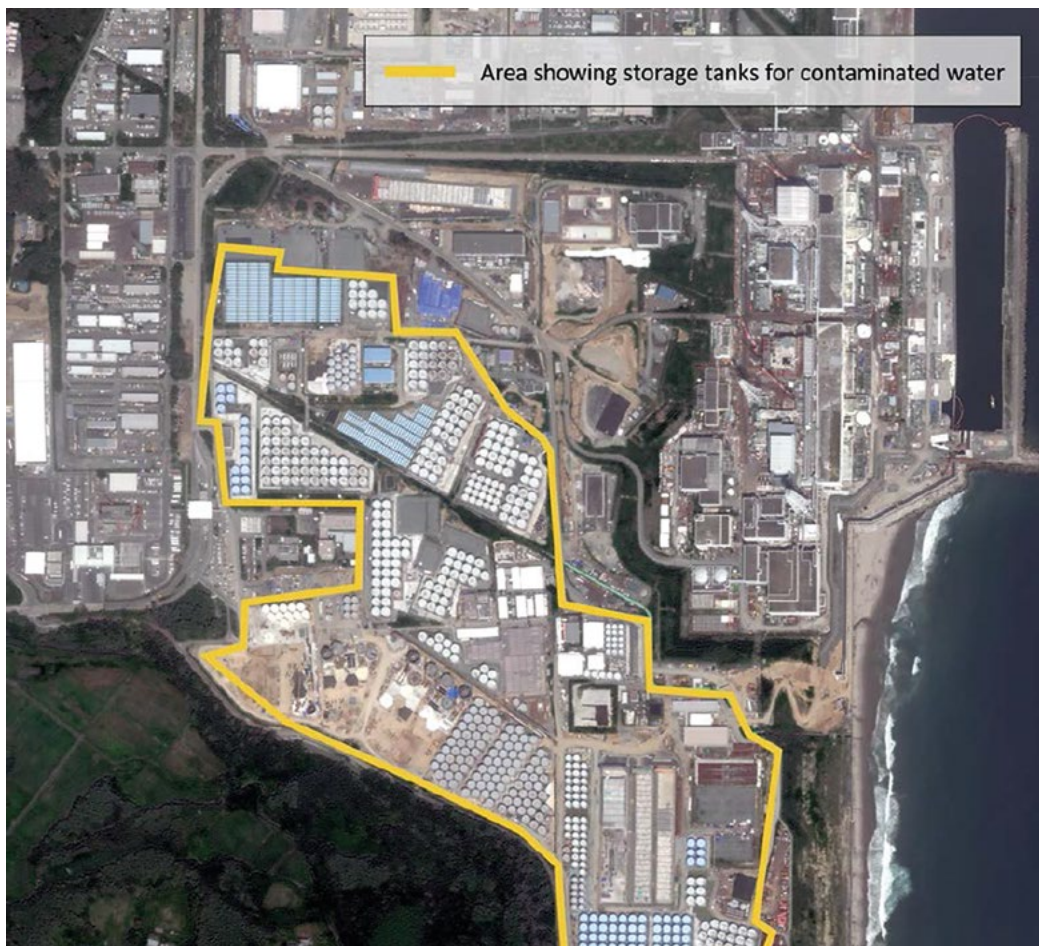


Abbildung: Foto vom Anlagengelände des KKW Fukushima 1, das die Speicherbehälter mit flüssigen radioaktiven Abfällen zeigt

3.4 PLAN ZUR SANIERUNG NACH DEM UNFALL IM KKW FUKUSHIMA 1

Am 17. April 2011 gab die Betreiberfirma TEPCO einen Plan (Roadmap [4, 5].) bekannt, der die Überführung von einer Not- bzw. Unfallsituation in eine bekannte und kontrollierte Situation beschreibt. Die dabei ergriffenen Maßnahmen beinhalten die fortgesetzte Kühlung der Kernreaktoren und der Brennelementlagerbecken, das Management des kontaminierten Wassers, die Verringerung der Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Atmosphäre, in den Boden und in das Meer, die radiologische Überwachung und Dekontaminierung.

Dabei wurden zwei Meilensteine definiert:

- Meilenstein 1: Die Strahlendosis wird ständig reduziert.
- Meilenstein 2: Die Freisetzung von radioaktivem Material ist unter Kontrolle und die Strahlendosis wird signifikant niedrig gehalten.

Die Erreichung des Meilensteins 2 wurde vom Betreiber TEPCO und der japanischen Regierung mit 16. Dezember 2011 verkündet. Am 21. Dezember gab der Betreiber TEPCO die Mittel- und Langzeitplanung bzgl. der Dekommissionierung der Kraftwerksblöcke 1 bis 4 in der Anlage Fukushima 1 bekannt.

Die Mittel- und Langzeitplanung wurde in die folgenden drei Phasen unterteilt:

- Phase 1 beschreibt den Zeitraum bis die Brennelemente aus den Brennelementlagerbecken entfernt werden. Im November 2013 wurde begonnen die Brennelemente aus den Brennelementlagerbecken des 4. Reaktorblocks zu entfernen, womit die Phase 1 endete.
- Phase 2 beschreibt den Zeitraum bis mit der Entfernung von Brennelementbruchstücken begonnen wird. Die Dauer wurde mit zehn Jahren abgeschätzt und das Ende dieser Phase ist für das Jahr 2023 geplant.
- Phase 3 beschreibt den Zeitraum der Dekommissionierung der Kernkraftwerksblöcke 1 bis 4 und ist mit 30–40 Jahren projektiert.

3.5 LITERATUR

- [1] Erster Bericht der japanischen Regierung an die IAEA über den Unfall in TEPCOs KKW Fukushima, Juni 2011, Nukleare Notfallzentrale, Japanische Regierung
www.kantei.go.jp/foreign/kan/topics/201106/iaea_houkokusho_e.html
- [2] Zusätzlicher (Zweiter) Bericht der japanischen Regierung an die IAEA über den Unfall in TEPCOs KKW Fukushima, Sept. 2011, Nukleare Notfallzentrale, Japanische Regierung
http://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/iaea/iaea_110911.html
- [3] Der Unfall in Fukushima Zwischenbericht zu den Abläufen in den Kernkraftwerken nach dem Erdbeben vom 11. März 2011, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS), August 2011
www.grs.de/sites/default/files/pdf/GRS-293.pdf
- [4] Mid-and-long-Term Roadmap towards the Decommissioning of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Units 1-4, TEPCO
http://www.tepcoco.jp/en/press/corp-com/release/betu11_e/images/111221e10.pdf
- [5] The Fukushima Daiichi accident – Technical Volume 5 – Post-Accident Recovery; (ISBN 978-92-0-107015-9 set), Vienna 2015
<http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10962/The-Fukushima-Daiichi-Accident>
- [6] IAEA 2015, The Fukushima Daiichi Accident, Report by the Director General, GC(S9)/14
<http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10962/The-Fukushima-Daiichi-Accident>

4. AUSBREITUNGSBERECHNUNGEN (ZAMG)

ALS AM 12. März 2011 um 6:36 Uhr die erste Wasserstoff-Explosion den Block 1 des KKW Fukushima Dai-ichi erschütterte, war die ZAMG bereits bestens vorbereitet, die atmosphärische Ausbreitung der Radioaktivität zu simulieren. Eine erste Modellsimulation wurde noch am Morgen des 12. März gestartet und gegen Mittag ins Netz gestellt. Am 14. März wurde vom Direktor der ZAMG die „Task Force Fukushima“ ins Leben gerufen. Bis auf die Verwaltung war jeder Bereich der ZAMG involviert, von der Direktion über Daten/Methoden/Modelle (Stabstelle GEO Sekretariat, Abteilung Geophysik), Kundenservice (Fachabteilung Umwelt, Fachabteilung Wetter) bis zur IT. Die Task Force wurde von der Stabstelle GEO Sekretariat geleitet. Die operationellen Tätigkeiten der ZAMG umfassten neben täglichen Ausbreitungsrechnungen auch tägliche Wetterberichte/-prognosen für die Krisenregion (Wetterlage, Windrichtungen und Niederschläge für die nächsten 48 Stunden).

4.1 MODELL

Die ZAMG betreibt das FLEXPART Modell für die Berechnung der Ausbreitung von Luftbeimengungen [1]. FLEXPART ist ein Lagrange'sches Partikeldiffusionsmodell und wird national wie international für zahlreiche Anwendungen verwendet, darunter für das österreichische nationale Krisenfall-Modell-Paket TAMOS [2] sowie für die operationellen Backtracking-Berechnungen der CTBTO in Wien [3].

Für die Fukushima Berechnungen wurde FLEXPART Version 8 basierend auf meteorologischen Analysen und Prognosen des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersage (EZMW) mit einer horizontalen Auflösung von $1^\circ \times 1^\circ$ und einer zeitlichen Auflösung von drei Stunden verwendet. Das Ausgabegitter des Modelles war $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ und hatte eine unterste Modellschicht von 200 m Dicke, eine zweite Modellschicht von 800 m Dicke, sowie neun weitere Schichten die jeweils 1.000 m dick waren.

Die Modellierung umfasste, stellvertretend für das Spektrum an freigesetzten Radionukliden, insgesamt drei Schlüssel-Spezies. Spezies #1 ist das Edelgas Xenon-133, welches die leichtflüchtigen, nicht deponierbaren Gase repräsentiert und eine Halbwertszeit von 5,243 Tagen besitzt. Spezies #2 ist das Partikel-gebundene Spaltprodukt Iod-131 mit einer Halbwertszeit von 8,0197 Tagen, welches stellvertretend für mäßig-flüchtige Radionuklide mit mittlerer Halbwertszeit gerechnet wurde. Spezies #3 ist das Partikel-gebundene Spaltprodukt Cäsium-137 mit einer Halbwertszeit von 30 Jahren, welches mäßig-flüchtige langlebige Radionuklide repräsentiert. Schwere und wenig flüchtige Substanzen wurden nicht gerechnet, da sie in der Regel in der Umgebung des Reaktors deponiert werden und daher für regionale und großräumige Transporte irrelevant sind.

Als die ZAMG die Fukushima-Modellierung begann, gab es keine klaren Anhaltspunkte bezüglich des Startzeitpunktes der Freisetzungen und die Freisetzungstärken der Schlüssel-Nuklide. Als Startzeitpunkt wurde daher zunächst der 12.3.2011 8:00 UTC angenommen. Für die Freisetzung wählte die ZAMG ein ernstes Unfall-Szenario, nämlich den Fall, dass in allen drei Reaktoren eine Kernschmelze mit zumindest teilweisem Versagen des Containments aufgetreten ist. Es wurde daher für die Berechnungen eine Freisetzung von 1018 Bq Xenon-133, 1017 Bq Iod-131 und 1016 Bq Cäsium-137 pro Tag angenommen.

4.2 DARSTELLUNG DER MODELLERGEBNISSE

Speziell in den ersten zehn Tagen nach der Katastrophe war weitgehend unklar, welche Freisetzungen in Fukushima tatsächlich stattfinden beziehungsweise bereits stattgefunden haben. Es wurden daher keine Radionuklide mit Aktivitäts-Konzentrationen dargestellt, sondern das Schlüssel-Nuklid Iod-131 in einer fiktiven Skala, welche die Verdünnung von Fukushima weg darstellt. Die Farbskalierung zeigte insgesamt fünf Farben (siehe Abbildung 1). Die „Area A“ begrenzte eine Region mit einer maximalen Belastung von 0,3 Mikro-Sievert pro Stunde. Dieser Wert entspricht der maximalen Dosisleistung der natürlichen Hintergrundbelastung. Bei „Area B“ (blau) wäre die Belastung 3 Mikro-Sievert, bis man schließlich bei „Area E“ bei einem Wert 3 Milli-Sievert pro Stunde ankommt. Dieser Wert war die – fiktiv angenommene – maximale Belastung in der Gitterzelle, in der der Reaktor liegt.

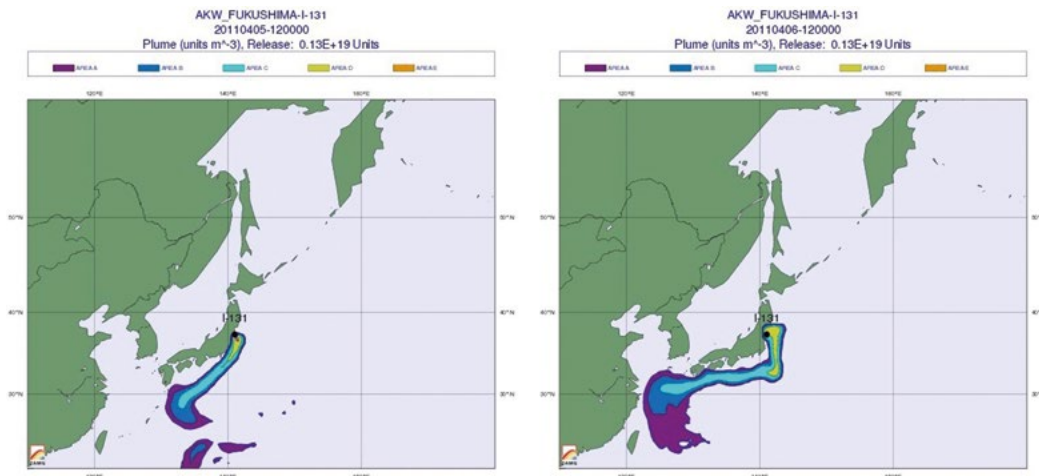


Abbildung 1: Darstellung der ZAMG-Modellergebnisse in den fünf Farbskalen

Quelle: ZAMG.

4.3 VERWENDUNG VON CTBTO RADIONUKLID-DATEN

Seit mehr als einem Jahrzehnt wird ein weltweites Netzwerk an Sensoren aufgebaut, welches wie kein anderes dazu geeignet war, den Ablauf der Ereignisse in Japan zu erfassen, nämlich das Internationale Überwachungssystem, welches von der Vorbereitenden Kommission für den Vertrag zu einem Umfassenden Verbot von Kernwaffen-Tests (CTBTO) betrieben wird. Die CTBTO (<http://www.ctbto.org>) hat ihren Sitz in Wien und besitzt Stationen, welche die Erdbebewegungen, Infraschallwellen, hydroakkustische Wellen und atmosphärische Radioaktivität kontinuierlich und in Echtzeit beobachten. Von den heftigen Erdstößen bis zum Tsunami, den Explosionen in den Reaktorblöcken und der nachfolgenden Ausbreitung der Radioaktivität wurden von den Sensoren alle Aspekte des Unglücks erfasst, welches im März 2011 über Japan kam.

Das Radionuklidnetz der CTBTO umfasst im Endausbau 79 Stationen für Aerosol-Messungen. 39 dieser Stationen werden zusätzlich mit Edelgas-Überwachungsinstrumenten ausgerüstet. Mehr als 55 CTBTO Stationen waren 2011 eingerichtet und haben Daten nach Wien geliefert (siehe Abbildung 2). Zusätzlich gab es noch Daten von etwa 27 bereits operationellen Edelgas-Sensoren. Die Genauigkeit der CTBTO Messdaten ist weltweit einzigartig. Im Falle von Cäsium-137 und Iod-131 wird eine minimale detektierbare Konzentration (MDC-Wert) von einigen $\mu\text{Bq m}^{-3}$ erreicht. Die Dauer einer Messung (Sampling-Dauer) beträgt jeweils 24 Stunden. Dabei werden mit Hilfe eines High Volume Samplers etwa 15.000 bis 20.000 m^3 Luft durch einen Filter geblasen. Im Falle von Xenon-133 (Edelgas-Systeme) beträgt der MDC-Wert etwa $0,1 \text{ mBq m}^{-3}$. Die Dauer einer Messung beträgt hier meistens zwölf Stunden, manchmal auch 24 Stunden.



Abbildung 2: Standorte der Radionuklidstationen, welche von der CTBTO in Wien betrieben werden

Quelle: <http://www.ctbto.org>.

Die ZAMG fungiert im Auftrag des Bundesministeriums für Europäische und Internationale Angelegenheiten (BMEIA) als Nationales Datenzentrum für den Atomtest-Stopp-Vertrag in Österreich (NDC-AT). Die Aufgabe des Nationalen Datenzentrums ist es, Daten und Produkte der CTBTO zu beziehen, zu analysieren und vertragsrelevante Vorkommnisse umgehend dem BMEIA zu melden. Das NDC-AT wird von der Abteilung Geophysik im Bereich Daten/Methoden/Modelle (DMM) geleitet und stellt auch einen guten Teil der österreichischen Delegierten in den CTBTO-Organen und Expertengruppen. In Rücksprache mit dem BMEIA, Abteilung Abrüstung, wurde entschieden, die CTBTO Daten zwar nicht direkt zu publizieren, aber in die öffentliche Lagebeurteilung voll mit einzubeziehen. Das umfasst auch die Einschätzung der Freisetzungstärken von Fukushima. Gemäß nationaler Politik war die Lagebeurteilung ständig für die Öffentlichkeit verfügbar.

4.4 REGIONALE UND HEMISPHERISCHE TRANSPORTE

In den ersten Wochen des Unfalles, als es zu mehreren größeren Freisetzungen kam, wehte der Wind vorwiegend in Richtung Osten, also vom japanischen Festland weg Richtung Pazifik. Das führte zu der interessanten Situation, dass die Ausläufer der Radioaktivitätswolke die CTBTO Stationen Petropawlowsk/Russland und Sacramento/USA fast genauso schnell erreichten wie die Japanische Station Takasaki (Abbildung 3), welche nur etwa 215 km vom KKW entfernt liegt. Die vorherrschende Wetterlage war sehr günstig für Japan, sollte aber nicht über die Schwere des Unfalles und seiner Folgen hinwegtäuschen.

Im Zeitraum der ersten Wasserstoff-Explosionen in der Atomanlage (12.-14. März) waren westliche Winde vorherrschend, welche Radioaktivität in Richtung Pazifik verfrachteten. Am 14. März bildete sich ein Tiefdruckgebiet über dem Süden Japans, welches mit einem größeren Tief nordöstlich von Hokkaido verbunden war. Das kleinere Tief entwickelte sich am 15. März über Honshu, und die Radioaktivitätswolke geriet in der Folge in seinen Einflussbereich. Am 14. März gegen 18:00 UTC wurde die Wolke daher Richtung Süden transportiert und gegen 00:00 UTC am 15. März Richtung Südwesten. Die Wolke bedeckte damit große Teile des zentralen und östlichen Honshu, inklusive des Großraumes Tokio. Zum Zeitpunkt des Wolkendurchzuges regnete es jedoch in Tokio und den anderen großen Siedlungsgebieten in der Region glücklicherweise nicht, wodurch es zu keinen großen Depositionen kam. Am 15. März um 18:00 UTC drehte die Strömung bereits wieder zurück, und die Radioaktivität wurde wieder auf den offenen Pazifik hinaus geweht. Das ZAMG Modell gab diese Entwicklung generell sehr gut wieder (siehe Abbildung 4), und die ZAMG warnte in den Aussendungen bereits ab dem 12.3. vor diesem Szenario.

Beginnend am 20. März überquerte erneut ein Tiefdruckgebiet Japan. Das Frontensystem verursachte starke Niederschläge über dem Südteil Honshus. Durch die auf Nordost drehenden Winde im Katastrophengebiet wurden bis 20. März 16:00 UTC weite Teile des östlichen Honshu von der Strahlungswolke erfasst, die allerdings bereits schwächer ausgeprägt war als am 14./15. März. Die Wolke überquerte Tokio und reichte bis Osaka. Am 21. März hielt die nordöstliche Strömung an. Durch die starken Niederschläge wurde auch im Großraum Tokio eine Deposition von Cäsium registriert. Während der Folgetage wurde die Radioaktivität wieder Großteils zum Pazifik transportiert, jedoch gerieten zeitweise auch küstennahe Gebiete nördlich und südlich des Reaktors in den Einflussbereich der Wolke. Auch die zweite Episode wurde vom ZAMG-Modell gut erfasst (siehe Abbildung 5).

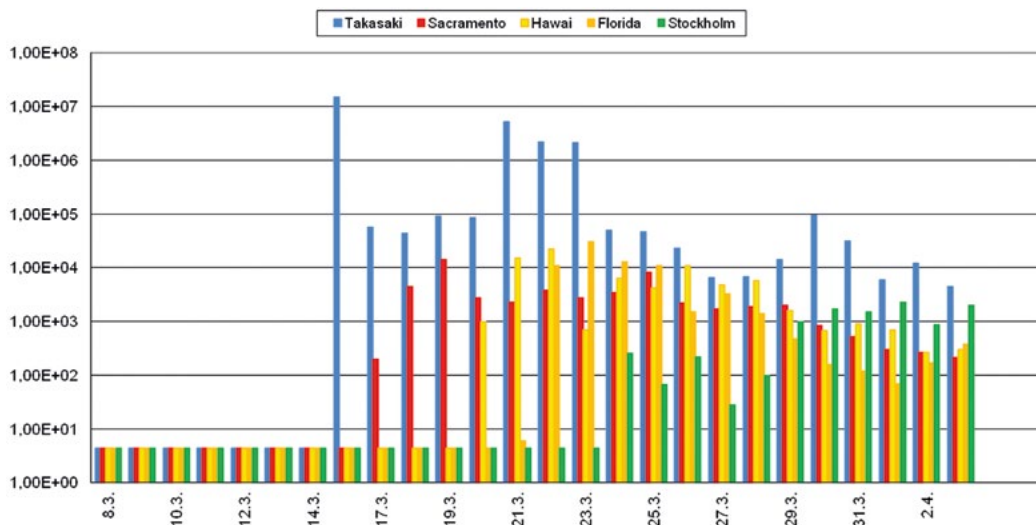


Abbildung 3: Messungen von Iod-131 an einigen ausgewählten Stationen im CTBTO Messnetz (in μBqm^{-3})

Quelle: ZAMG.

Was die großräumige Ausbreitung betrifft, zeigen die CTBTO Daten, dass die Westküste der USA am 18. März von der Strahlungswolke erreicht wurde (Station Sacramento, Kalifornien), die Ostküste und Florida um den 21. März (Station Melbourne, Florida), und Europa bereits um den 24. März (Station Stockholm, Schweden). Zu diesem Zeitpunkt wurden Spuren von Iod, Cäsium und Xenon bereits an jeder einzelnen CTBTO Station in der nördlichen Hemisphäre registriert. Bis zum 13. April, vier Wochen nach dem Unfall, haben sich die Radionuklide schließlich auch über die Südhalbkugel verteilt, wobei hier vor allem Xenon-133 nachweisbar war, das sehr inert ist und weder ausgewaschen noch deponiert wird.

Die ZAMG Modellsimulation (Re-Analyse) zeigt, dass die Radioaktivitäts-Wolke am 15. März bereits mitten über dem Pazifik lag, und am 18. bereits die Westküste der USA überquerte (siehe Abbildung 6). Am 21. März lag ein Ausläufer der Wolke bereits über Florida und dem Atlantik. Die ersten Ausläufer erreichten am 24. März Europa von Nordwesten her (Abbildung 7).

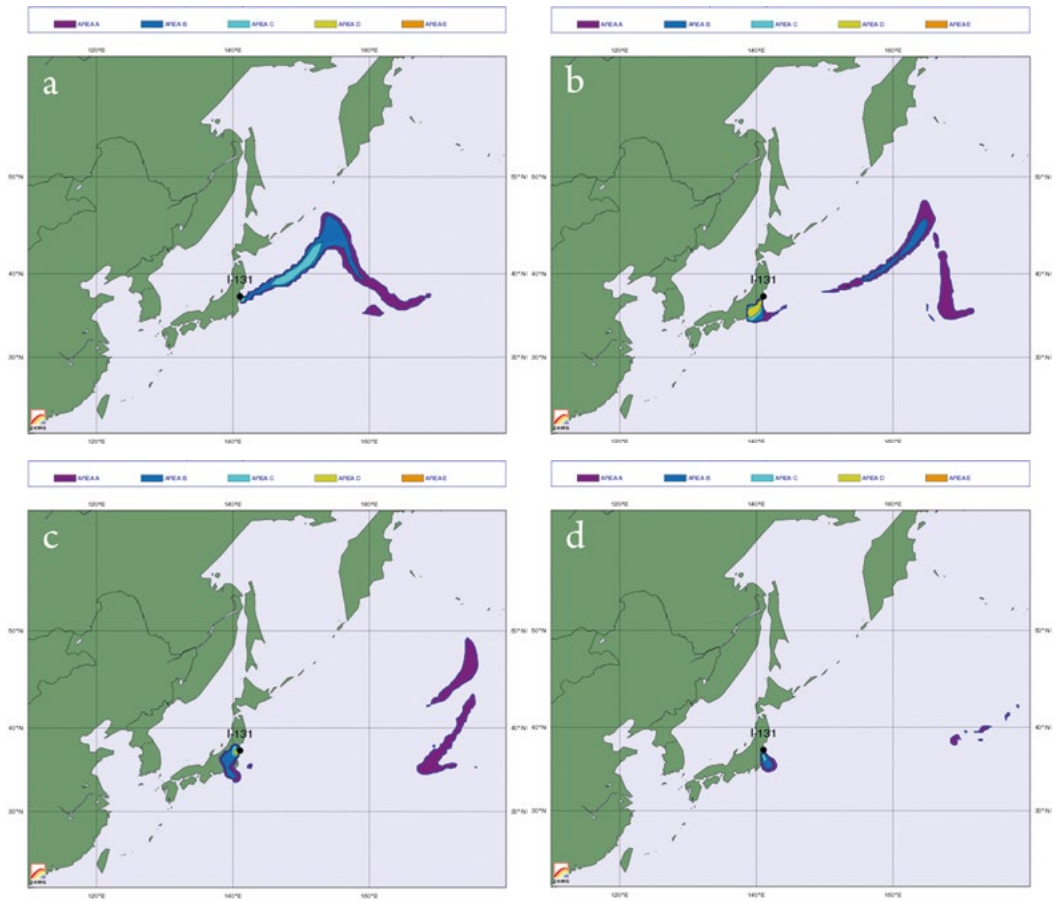


Abbildung 4: Von der ZAMG modellierte bodennahe Konzentrationen von Iod-131 ($\mu\text{Bq m}^{-3}$) am 14. März 2011 12:00 UTC a), am 15. März 00:00 UTC b), am 15. März 12:00 UTC c) und am 16. März 00:00 UTC d)

Quelle: ZAMG.

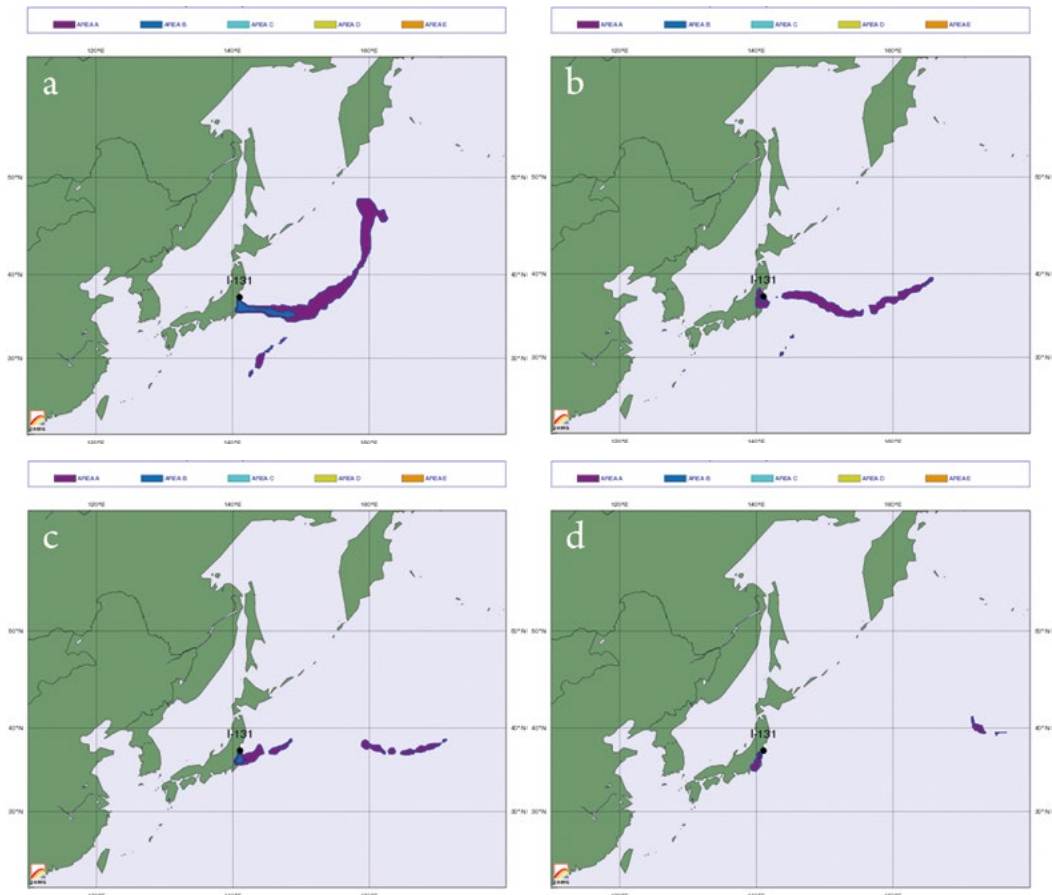


Abbildung 5: Von der ZAMG modellierte bodennahe Konzentrationen von Iod-131 ($\mu\text{Bq m}^{-3}$) am 20. März 2011 00:00 UTC a), am 20. März 12:00 UTC b), am 21. März 00:00 UTC c) und am 21. März 12:00 UTC d)

Quelle: ZAMG.

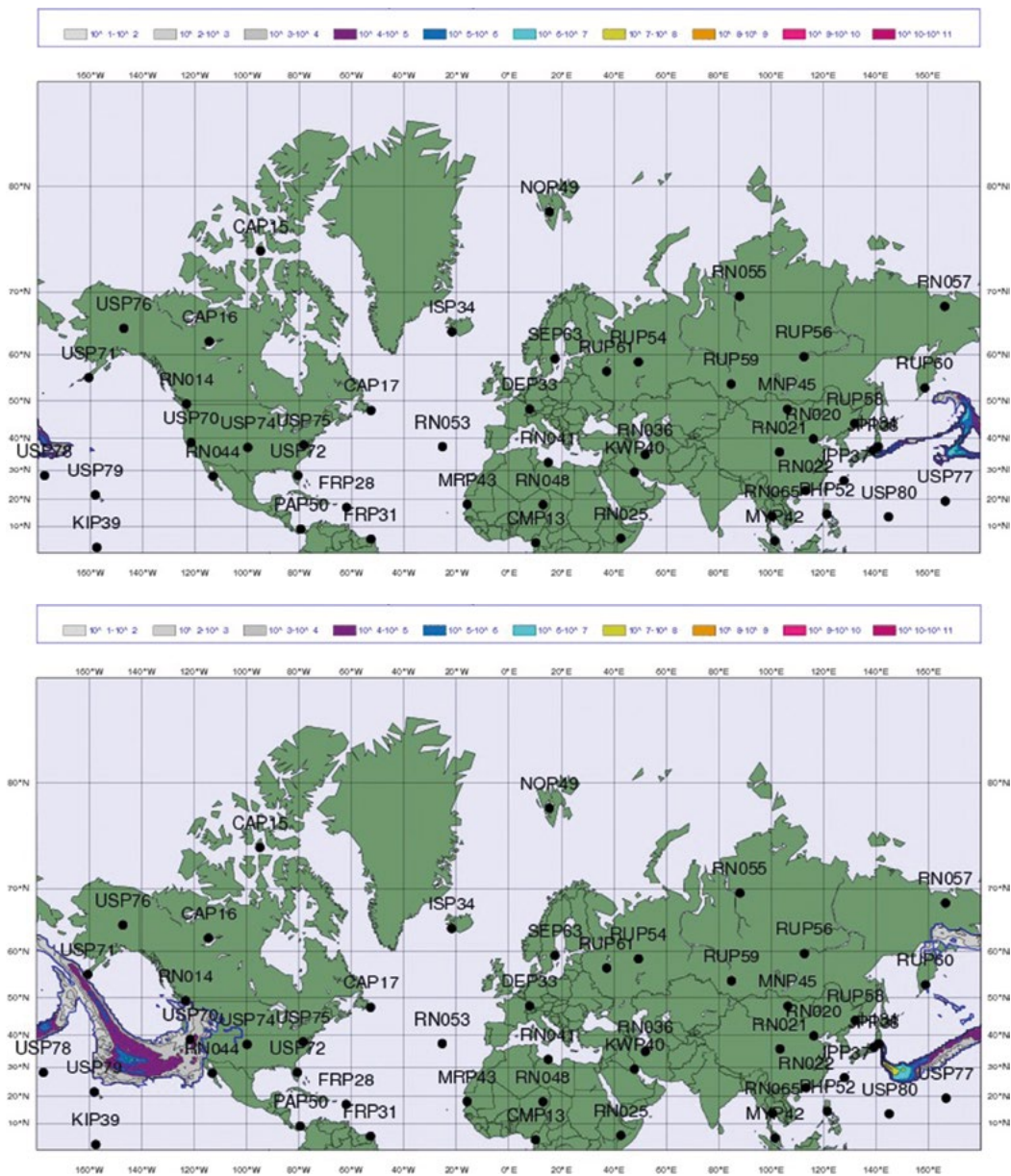


Abbildung 6: Von der ZAMG modellierte bodennahe Konzentrationen von Iod-131 ($\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) a) am 15. März 2011 12:00 UTC (Tag 3) und b) am 18. März 2011 12:00 UTC (Tag 6). Die Symbole zeigen die Standorte der Radio-nuklid-Stationen im Netzwerk der CTBTO.

Quelle: ZAMG.

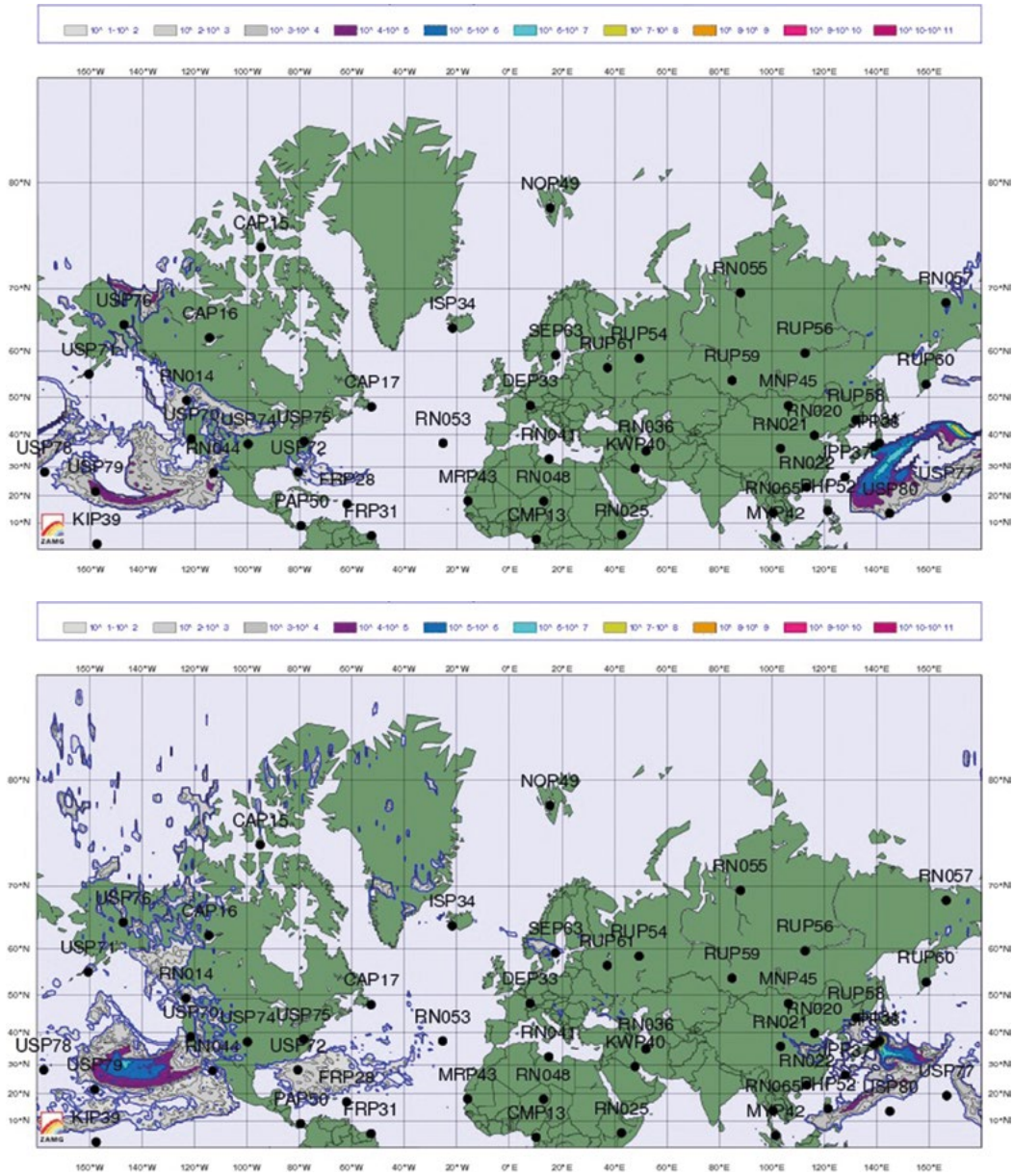


Abbildung 7: Von der ZAMG modellierte bodennahe Konzentrationen von Iod-131 ($\mu\text{Bq m}^{-3}$) a) am 21. März 2011 12:00 UTC (Tag 9) und b) am 24. März 2011 12:00 UTC (Tag 12). Die Symbole zeigen die Standorte der Radio-nuklid-Stationen im Netzwerk der CTBTO.

Quelle: ZAMG.

4.5 VALIDIERUNG

Der Vergleich der Ergebnisse des FLEXPART Modells mit den CTBTO-Radioaktivitätsdaten an verschiedenen Stationen zeigte, dass die ZAMG die hemisphärische Ausbreitung der Radioaktivitätswolken im Zeitverlauf korrekt vorausgesagt hat. Als erste Station wurde Takasaki in Japan erfasst (Abbildung 3). Das wurde vom Modell sehr gut wiedergegeben (Abbildung 8). Danach blieb das gemessene Konzentrationsniveau in Takasaki allerdings auch dann konstant hoch, wenn der Wind aus der anderen Richtung kam. Das lag, zumindest zum großen Teil, daran, dass der Detektor der Station durch die Strahlungswolke, die über die Klimaanlage ins Innere vordrang, kontaminiert wurde. Das Eintreffen der Wolke am 15./16. März an der U.S. Westküste wurde vom Modell ebenso richtig vorhergesagt wie das Eintreffen an der U.S. Ostküste am 19. März und in Nord-Europa ab dem 23. März. Lediglich die Ankunft in Hawaii wurde um einen Tag verspätet prognostiziert (Abbildung 9).

Was das Konzentrationsniveau betrifft, so war die grundsätzliche Übereinstimmung in den USA noch gut, aber Richtung Europa wurden die Konzentrationen vom FLEXPART Modell mehr und mehr unterschätzt. Es gibt einige mögliche Gründe dafür, die in ihrer Kombination noch eingehend untersucht werden müssen. Eine mögliche Ursache ist eine Überschätzung der Niederschläge durch das Europäische Wetterzentrum. Bei FLEXPART Simulationen basierend auf den Daten der U.S. National Centers for Environmental Prediction (NCEP) gelangte wesentlich mehr Radioaktivität Richtung Europa [4]. Zweitens war ein wesentlicher Teil des freigesetzten Iods gasförmig, wodurch die Deposition in der Realität deutlich geringer war als im Modell. Drittens muss aber auch die nasse Deposition im FLEXPART Modell einer weiteren Validierung unterzogen werden. Der Fukushima-Datensatz bietet eine ausgezeichnete Möglichkeit, Modelle zu vergleichen und verschiedene Parametrisierungen und Prozesse im Modell zu validieren.

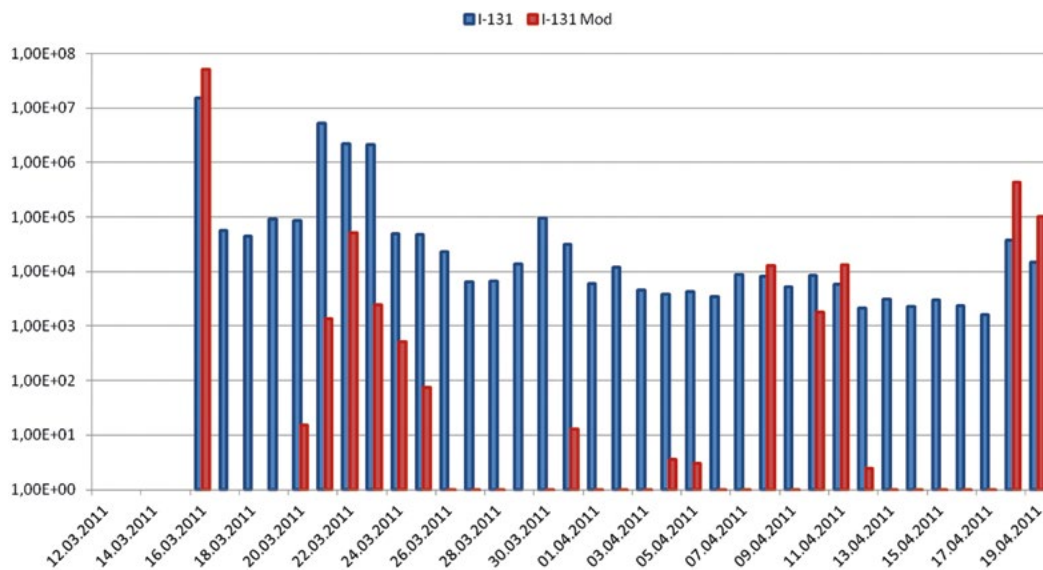


Abbildung 8: Gemessene und modellierte Konzentrationen von Iod-131 an der CTBTO Station Takasaki

Quelle: ZAMG.

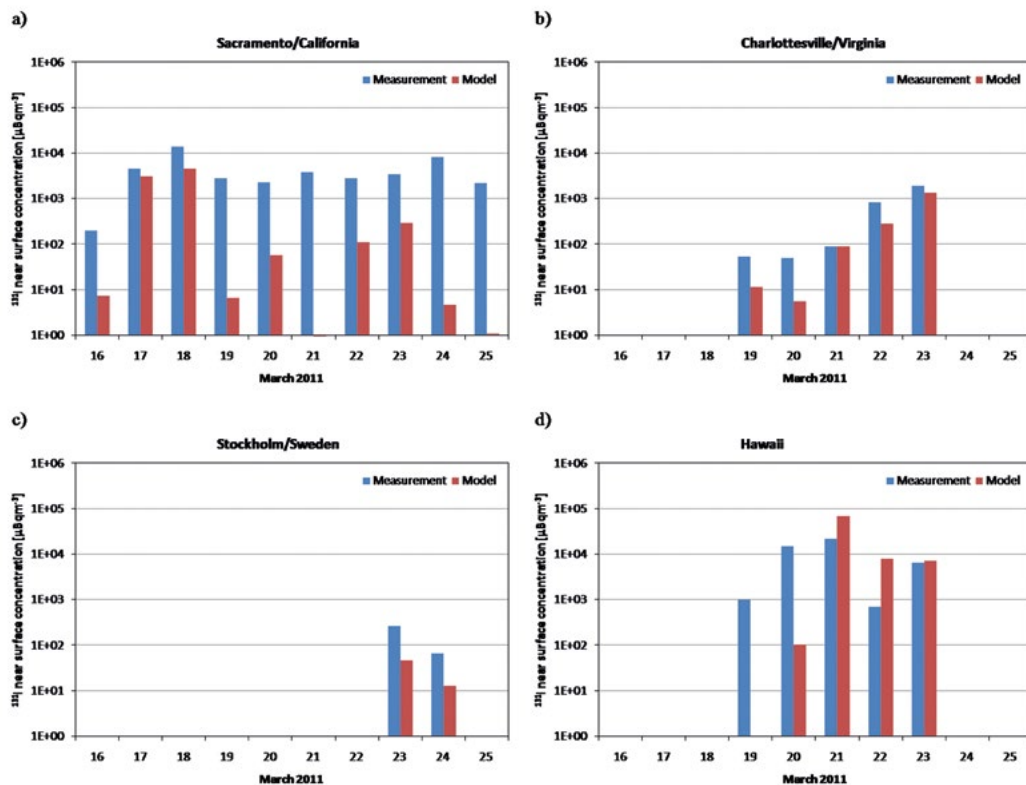


Abbildung 9: Gemessene und modellierte Konzentrationen von Iod-131 an den CTBTO Stationen Sacramento/Kalifornien a), Charlottesville, Virginia b), Stockholm, Schweden c) und Hawaii d)

Quelle: ZAMG.

Neben der Validierung der Punktmessungen wurde später auch eine Validierung der regionalen Deposition im Unglücksgebiet durchgeführt. Dieser Vergleich erfolgte im Rahmen der Arbeit eines Task Teams der World Meteorological Organization (WMO), welches sich aus Experten aus Japan, den USA, Kanada, Großbritannien und Österreich zusammensetzte [5]. Als Grundlage des Vergleiches zwischen den operationellen Modellen wurden Depositions-Kartierungen von Cäsium-137 herangezogen. Diese Kartierungen wurde einige Monate nach dem Unfall vom Japanischen Wissenschaftsministerium (MEXT) in Zusammenarbeit mit dem U.S. Department of Energy (DOE) durchgeführt [6]. Sie basierten auf Hubschrauber- und Flugzeugmessungen. Eine solche Kartierung ist jedoch klarerweise nur über dem Land möglich und sinnvoll, da Deposition über Wasser aufgrund der Strömungen sofort verteilt wird. Die ZAMG-Simulation mit FLEXPART war in der Lage, das Gebiet mit den höchsten Belastungen mit guter Genauigkeit wiederzugeben [7], sowohl was das Maximum der Deposition als auch was die Lage der betroffenen Gebiete betrifft (Abbildung 10).

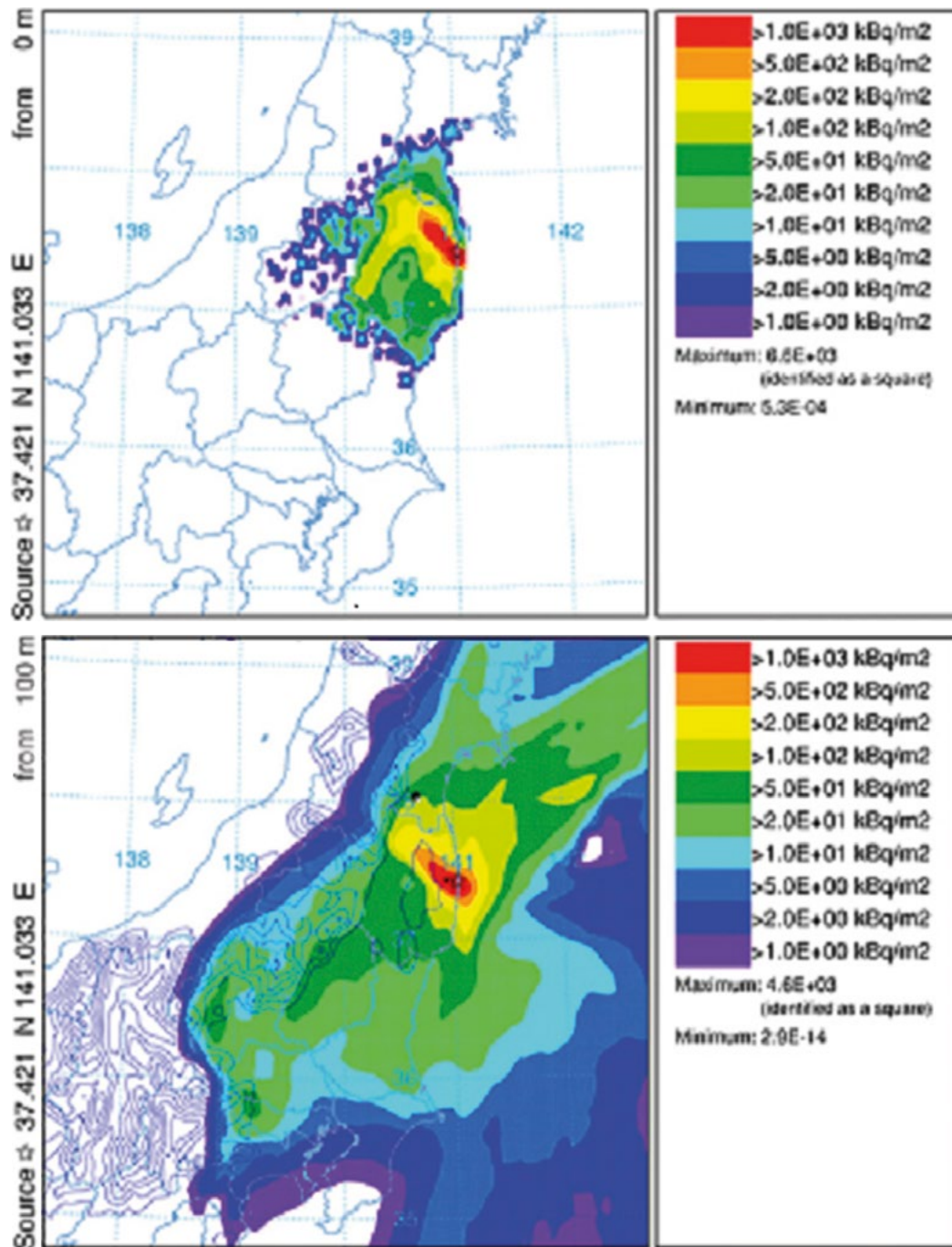


Abbildung 10: Vergleich zwischen den gemessenen Depositionswerten von Cäsium-137 (oben) und entsprechenden ZAMG Simulationen (unten) mit dem FLEXPART Modell (siehe [7])

Quelle: ZAMG.

4.6 QUELLSTÄRKENABSCHÄTZUNG

Die ZAMG war weltweit die erste Institution, die in der Größenordnung zutreffende Abschätzungen der Freisetzung von Iod-131 und Cäsium-137 veröffentlicht hat (22. März 2011). Diese Abschätzungen basierten auf den ersten verfügbaren CTBTO-Messdaten aus Takasaki und Sacramento/Kalifornien und den vom Modell jeweils berechneten Verdünnungsfaktoren.

Die Abschätzungen legten nahe, dass es in den ersten 3–4 Tagen in Fukushima Dai-ichi Emissionen von Iod-131 in der Größenordnung 1017 Bq pro Tag und von Cäsium-137 in der Größenordnung von 1016 Bq/Tag gab. Damit lagen die Emissionen zumindest in derselben Größenordnung wie die Freisetzungen dieser Substanzen bei der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl 1986. Eine weitere wichtige Erkenntnis war, dass große Emissionen nicht erst am 14./15. März begannen, sondern schon sehr früh (12. März). Beide Erkenntnisse erwiesen sich in weiterer Folge als korrekt. Als die ZAMG die Ergebnisse auf der Webseite publizierte, kam es zum größten Download in der Geschichte der Organisation. Allein am 22. März betrug das gesamte Downloadvolumen beinahe sieben Terabyte (siehe auch Kapitel 4 und Abbildung 14).

Beinahe gleichzeitig mit der ZAMG veröffentlichte IRSN in Frankreich mit Hilfe einer anderen Methode (Modellierung der Prozesse in den Reaktoren) eine ähnliche Einschätzung der Situation. Erste, zunächst inoffizielle Abschätzungen der Internationalen Atomenergiebehörde IAEO und der CTBTO lagen um Größenordnungen niedriger, mussten dann aber schrittweise nach oben korrigiert werden [8].

Im Herbst 2011 wurde von der ZAMG eine Studie über die Emissionen des radioaktiven Edelgases Xenon-133 und des Aerosol-gebundenen Cäsium-137 beim KKW-Unfall von Fukushima präsentiert, welche in Zusammenarbeit mit dem Norwegischen Institut für Atmosphärenforschung (NILU) und der Universität für Bodenkultur durchgeführt wurde [4]. Diese Studie berücksichtigte eine große Anzahl von Messungen in Japan und in anderen Teilen der Welt, Ergebnisse von atmosphärischen Transportrechnungen mit dem FLEXPART Modell, sowie alle verfügbaren Informationen über das Inventar der Nuklide in den Reaktoren und über den zeitlichen Ablauf des Unfalles. Ein wesentliches Rückgrat der Studie waren wiederum die CTBTO Messungen.

Das Hauptergebnis der Studie war, dass die Emissionen von Fukushima 1 früher begannen und länger dauerten als erwartet, und dass die Gesamtemissionen daher größer waren als in vielen bisherigen Studien und Berichten angenommen. Der zeitliche Verlauf der Freisetzungen ist in Abbildung 11 dargestellt. Bezüglich des radioaktiven Edelgases Xenon-133 geht man von einer gesamten Freisetzung von 16.700 Peta-Becquerel aus (1 Becquerel entspricht einem radioaktiven Zerfall pro Sekunde, 1 Peta-Becquerel sind 10¹⁵ Becquerel). Das wäre die größte zivile Freisetzung in der Geschichte der Menschheit, sie überstiege die Emission von Tschernobyl um den Faktor 2,5. Es gibt Hinweise darauf, dass die Freisetzung bereits am 11. März 2011 nach 6:00 UTC begann, also sehr rasch nach dem Erdbeben beziehungsweise Tsunami. Bezüglich Cäsium-137 zeigte die neue Abschätzung ebenfalls, dass die Freisetzungen früher begannen und später aufhörten als in vielen bisherigen Studien angenommen. Die gesamte Emission betrug etwa 36 Peta-Becquerel. Das entspricht etwa 40 % der beim Unfall in Tschernobyl freigesetzten Menge. Aufgrund der meteorologischen Bedingungen gingen jedoch nur etwa 20 % des Cäsiums über Japan nieder, während 80 % über dem Meer deponiert wurden. In die USA und nach Europa gingen nur geringfügige Mengen.

Nach derzeitigem Stand des Wissens, publiziert vom UNSCEAR-Komitee [8], lagen die atmosphärischen Cäsium-137 Freisetzungen von Fukushima wahrscheinlich zwischen 6 und 20 PBq. Die Xenon-133 Quellterme wurden vom UNSCEAR-Komitee mit etwa 7,3 EBq abgeschätzt. Auch fünf Jahre nach dem Unfall besteht immer noch eine recht große Unsicherheit über die tatsächlichen Emissionen. Neben den atmosphärischen Emissionen von Cäsium-137 und Iod-131 wurden auch große Mengen ins Meer eingebracht [8], und dort verdünnt.

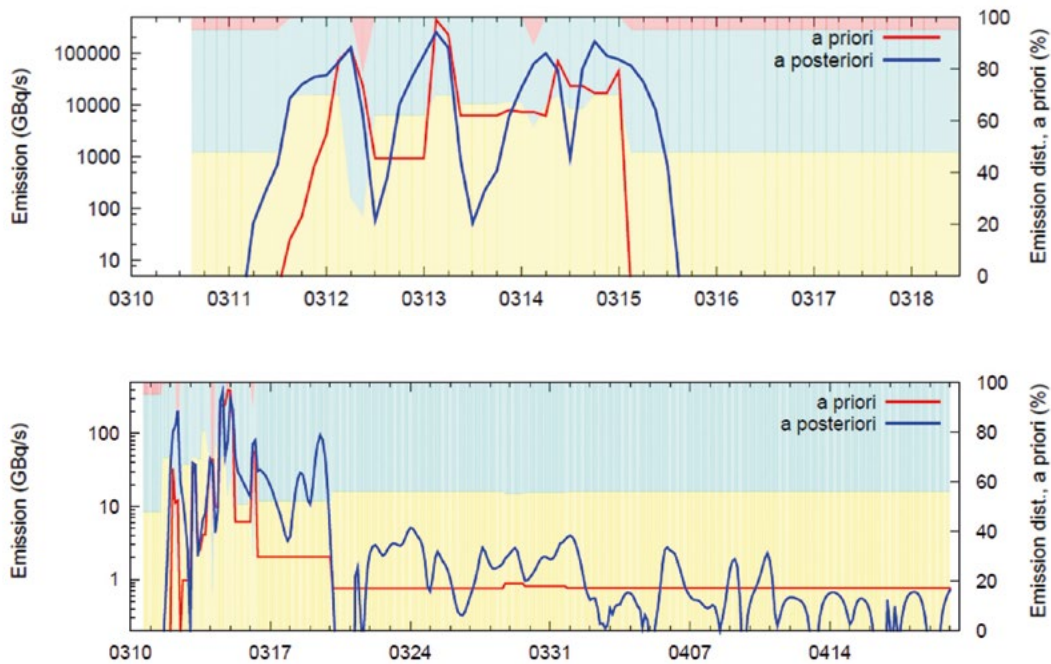


Abbildung 11: Zeitlicher Verlauf der Emissionen von Xenon-133 (oben) und Cäsium-137 (unten) nach der Studie von Stohl et al. [9], welche auf inverser Modellierung beruhte.

Quelle: ZAMG.

4.7 AKTIVITÄTEN IM RAHMEN DER WMO

Neben den nationalen Aktivitäten führte die ZAMG 2011 und in den Folgejahren auch viele internationale Aufgaben im Rahmen der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) durch. Auf Ersuchen des WMO Generalsekretärs wurde nach dem Fukushima-Unfall das „Incident and Emergency Center“ (IEC) der IAEO mit meteorologischer Expertise unterstützt. In der ersten Woche wurden täglich Mitarbeiter der ZAMG in das IEC entsandt. Zweitens unterstützte die ZAMG die CTBTO im Rahmen ihrer Aufgabe als WMO „Regional Specialized Meteorological Center Vienna“ bei den atmosphärischen Rückwärtssimulationen („back-tracking“), um sicherzustellen, dass alle Messungen, die durch den Fukushima Unfall beeinflusst wurden, entsprechend gekennzeichnet werden, um nicht im „Schatten der Strahlungswolke“ heimliche Kernwaffentests zuzulassen. Drittens war die ZAMG auch im „Task Team (TT) on Meteorological Analyses for Fukushima Dai-ichi NPP accident“ der WMO vertreten (Abbildung 12), welches Berechnungen und Analysen des Unfallszenarios durchführte, die operationellen Modelle anhand von Messungen validierte, und Vorschläge für zukünftige Verbesserungen der WMO/RSMC Produkte für die Atomenergiebehörde IAEO ausarbeitete [5, 9, 10].

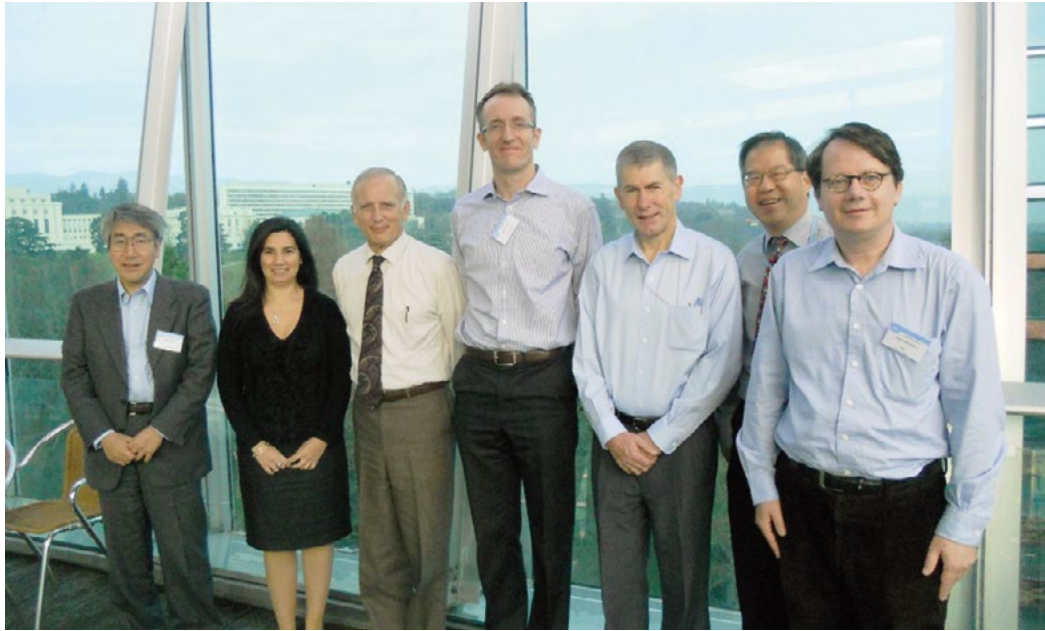


Abbildung 12: Das WMO „Technical Task Team“ über den Fukushima Unfall bei seinem ersten Treffen in Genf (von links: Kazuo Saito/Japan, Alice Soares/WMO, Roland Draxler/USA, Matthew Hort/UK, Geoff Love/WMO, Peter Chen/WMO und Gerhard Wotawa/Österreich)

4.8 WEBSEITE

Die von der ZAMG veröffentlichten Modellergebnisse und Wetterprognosen für Japan führten zu einer nie dagewesenen Belastung der ZAMG Web Seite. Während die Anzahl der Besuche und Hits in etwa konstant blieb, verzehnfachte sich im März 2011 das Download-Volumen (siehe Abbildung 13). Der vom Web-Traffic her stärkste Tag aller Zeiten war der 22. März 2011 mit einem Download-Volumen von beinahe sieben Terabyte (siehe Abbildung 14). An diesem Tag veröffentlichte die ZAMG – als erste Institution weltweit – eine Einschätzung der Freisetzungsraten von wichtigen Radionukliden (siehe Kapitel 4.6). Trotz der großen Belastung gab es keine nennenswerten Probleme bezüglich der Aufrechterhaltung der Services.

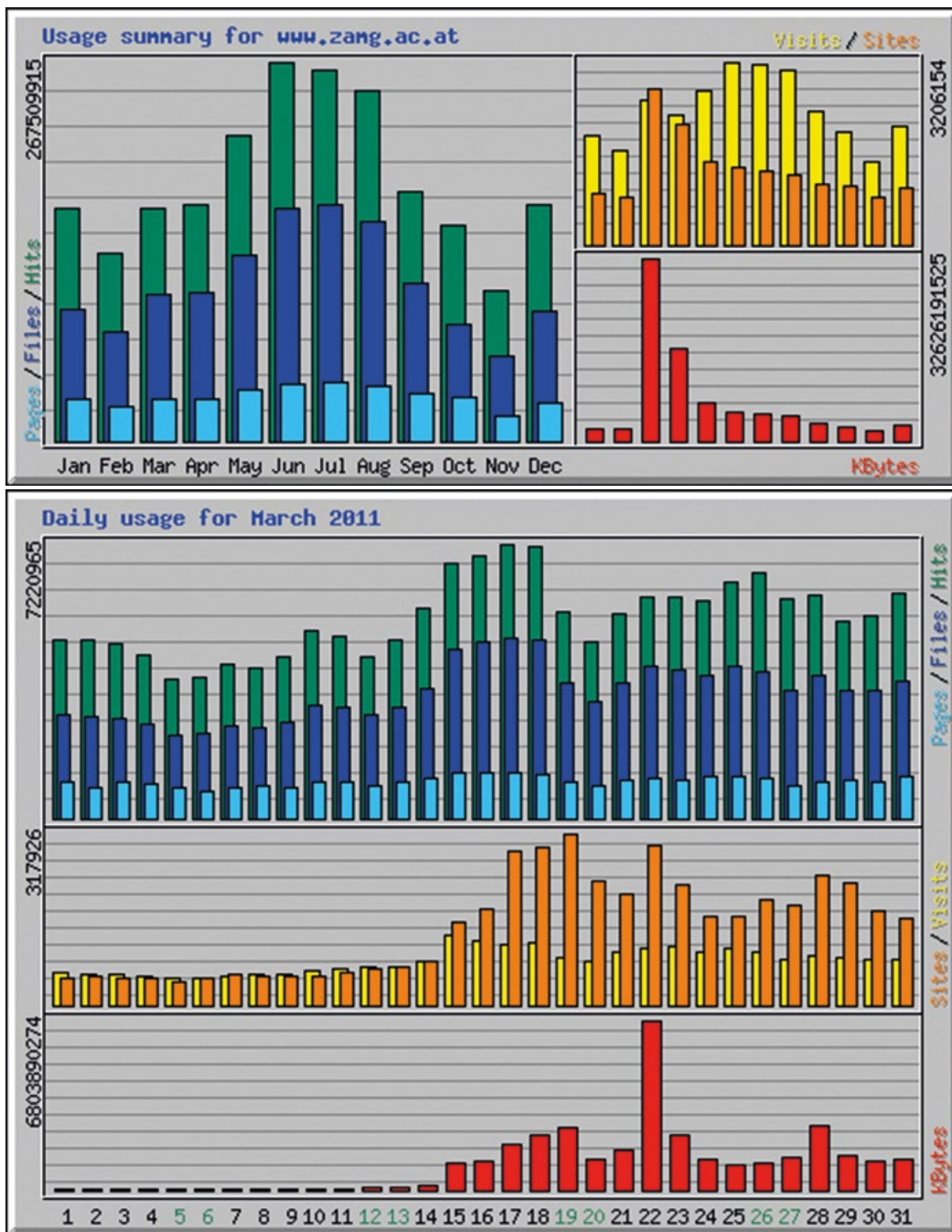


Abbildung 13 und 14: Web-Statistik der ZAMG für März 2011

Quelle: ZAMG.

4.9 ORGANISATORISCHE UND TECHNISCHE WEITERENTWICKLUNGEN

Die Zusammenarbeit zwischen ZAMG und Abt. I/7 Strahlenschutz im BMLFUW stellt sicher, dass die Modellsysteme zur Krisenfallvorsorge im nuklearen Bereich ständig aktualisiert und weiterentwickelt werden. Die erfolgreiche Arbeit bei der Bewältigung von Krisenfällen, wie z.B. bei Fukushima 2011 und beim Ausbruch des Eyjafjallajökull 2010 führt zu neuen Erkenntnissen, welche Schritt für Schritt in die operationellen Dienste der ZAMG einfließen. Verbesserte Funktionalitäten der ZAMG Modelle ermöglichen die Bereitstellung von Produkten für die Behörden bei Nuklearunfällen und Atomtests weltweit, die Bereitstellung von Produkten für den Flugverkehr bei Vulkanausbrüchen, sowie die Berechnung des atmosphärischen Transportes bei Waldbränden und anderen Freisetzung-Ereignissen weltweit. Derzeit wird daran gearbeitet, auch im Falle von nuklearen Freisetzungen Produkte für den Flugverkehr bereitzustellen zu können. Unmittelbar vor der operationellen Implementierung beim Strahlenschutz steht eine Software, welche bei schweren Unfällen in grenznahem KKW's aufgrund von Messungen an Österreichischen Strahlenmess-Stationen eine größenordnungsmäßige Abschätzung der Freisetzungsraten von Radionukliden wie Cäsium-137 und Iod-131 mit Hilfe des atmosphärischen „back-tracking“ (Rückwärts-Simulationen) ermöglichen wird. Alle diese Arbeiten stellen sicher, dass die ZAMG auch in Zukunft auf Ereignisse wie Fukushima bestmöglich reagieren kann, unabhängig davon wann und wo sie passieren.

4.10 LITERATUR

- [1] Stohl, A., C. Forster, A. Frank, P. Seibert, and G. Wotawa, 2005: Technical Note: The Lagrangian particle dispersion model FLEXPART version 6.2. *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 2461-2474
- [2] Pechinger U., M. Langer, K. Baumann and E. Petz, 2001: The Austrian Emergency Response Modelling System TAMOS, *Phys. Chem. Earth (B)*, 2, 99-103
- [3] Wotawa, G., et al. (2003): Atmospheric transport modelling in support of CTBT verification - Overview and basic concepts. *Atmos. Environ.* 37, 2529-2537
- [4] Stohl A., Seibert P., Wotawa G., Arnold D., Burkhart J. F., Eckhardt S., Tapia C., Vargas A., Yasunari T.J.: Xenon-133 and caesium-137 releases into the atmosphere from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant: determination of the source term, atmospheric dispersion, and deposition. In: *Atmos. Chem. Phys.* Vol 12 / 2012, pp. 2313-2343
- [5] World Meteorological Organization (WMO): Evaluation of Meteorological Analyses for the Radionuclide Dispersion and Deposition from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. WMO-No. 1120, ISBN 978-92-63-11120-3, Geneva, Switzerland, 2013
- [6] MEXT, 2011: Results of the 2nd Airborne Monitoring by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology and the U.S. Department of Energy. Scientific report. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology http://radioactivity.mext.go.jp/en/1270/2011/06/1304797_0616e.pdf
- [7] Arnold, D. et al.: Influence of the meteorological input on the atmospheric transport modelling with FLEXPART of radionuclides from the Fukushima Daiichi nuclear accident, In: *Journal of Environmental Radioactivity* (2014) <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.02.013>
- [8] UNSCEAR, 2014: UNSCEAR 2013 Report, Volume I, REPORT TO THE GENERAL ASSEMBLY, SCIENTIFIC ANNEX A: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami. New York, 2014, ISBN 978-92-1-142291-7
- [9] G. Wotawa, Special issue „WMO task team on meteorological analyses for Fukushima Daiichi nuclear power plant accident“. *Journal of Environmental Radioactivity*, DOI: 10.1016/j.jenvrad.2014.09.008
- [10] Draxler, R. et al., World Meteorological Organization's model simulations of the radionuclide dispersion and deposition from the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, DOI: 10.1016/j.jenvrad.2013.09.014

5. MESSUNGEN UND DOSISABSCHÄTZUNG IN ÖSTERREICH (AGES, BMLFUW)

5.1 MESSWERTE

Im Zeitraum vom 21.03. bis zum 23.05.2011 wurden in Österreich künstliche Radionuklide, die aus der Nuklearanlage in Fukushima 1 freigesetzt wurden, mittels hochauflösender Gammaskpektrometrie nachgewiesen. Innerhalb dieses Zeitraumes konnten aerosolgebundene Aktivitätskonzentrationen für I-131, Cs-137 und Cs-134 nachgewiesen werden. Als Mittelungszeitraum wird der 21.03 bis 02.05.2011 herangezogen, da innerhalb dieses Zeitraumes in beinahe allen Stationen die drei künstlichen Radionuklide nachgewiesen wurden. Sämtliche Messwerte in diesem Bericht werden mit einem Vertrauensbereich von 1,65 Sigma angegeben.

	I - 131 [$\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$]			Cs-137 [$\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$]			Cs-134 [$\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$]		
	NWG	Mittel.	Max.	NWG**	Mittel.	Max.	NWG	Mittel.	Max.
Wien	< 3	238	716	1-5	26	63	< 1,4	24	59
Retz	< 4	225	632	1-5	23	39	< 2,1	21	37
Alt-Prerau	< 3	335	740	1-5	28	78	< 1,9	27	76
Graz	< 4	137	361	1-5	14	33	< 2,1	11	28
Straß	< 4	201	592	1-5	21	41	< 2,1	17	33
Klagenfurt	< 4	90	217	1-10	16	26	< 1,8	11	21
Salzburg	< 4	122	330	1-5	21	39	< 2,1	13	29
Linz	< 4	228	572	1-5	21	36	< 2,1	14	28
Innsbruck	< 4	141	342	1-5	20	34	< 2,1	15	26

** Im Unterschied zu den künstlichen Radionukliden I-131 und Cs-134 wurde Cs-137 vor dem Zwischenfall in Fukushima regelmäßig gemessen. Bei den vor und nach dem Unfall ermittelten Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 handelt es sich um Resuspensionen der von Tschernobyl herrührenden Kontamination, in der Größenordnung von 1-5 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$. An der Sammelstation Klagenfurt werden seit jeher tendenziell höhere Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 (1-10 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$) als an den anderen Sammelstationen gemessen.

Tabelle: Nachweisgrenze (NWG), die durchschnittliche und die maximale Aktivitätskonzentration im Zeitraum von 21.03. bis 02.05.2011 bzw. KW 12 bis KW 17 für I-131, Cs-137 und Cs-134

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

Künstliche Radionuklide, welche nicht an Aerosolpartikel gebunden bzw. darin gelöst sind, wurden an den Standorten Wien und Linz ermittelt. Die gemittelte und maximale nicht aerosolgebundene I-131 Aktivitätskonzentration für Linz beträgt 604 und 1447 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, für Wien 611 und 1430 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Anhand der am Standort Wien-Spargelfeldstraße und Linz ermittelten Aktivitätskonzentrationen von nicht aerosolgebundenen und von aerosolgebundenen Iod-Verbindungen kann ein Verhältnis von etwa 3 zu 1 abgeleitet werden. Unter der Einbeziehung der sonst in Österreich gemessenen Cs-137 Aktivitätskonzentrationen (1-10 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) kann kein verlässliches Verhältnis von Cs-137 zu anderen gemessenen künstlichen Radionukliden hergestellt werden. Das Verhältnis der aerosolgebundenen Aktivitätskonzentrationen von I-131 und Cs-134 ist anfangs sehr hoch (20:1) und nimmt mit der Dauer der Immission stark ab (KW12 10:1, KW13 6:1, KW16 2,5:1).

Nach Niederschlägen wurden Messungen durchgeführt, die jeweils Momentaufnahmen der nassen Deposition darstellen und je nach Regenmenge erheblich variieren.

Messwerte im Detail

Die folgenden Abbildungen stellen die Messwerte (mit Fehlerbalken) sowie die Nachweisgrenzen (ohne Fehlerbalken) der einzelnen Radionuklide dar. Der Betrachtungszeitraum erstreckt sich von 07.03.2011–23.05.2011. Die Darstellung der Aktivitätskonzentrationen erfolgt in einer Abbildung, sodass die Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide Cs-137 und Cs-134 auf der linken Achse und die Aktivitätskonzentrationen von I-131 auf der rechten Achse abgelesen werden können.

Unter den Abbildungen sind die Mittelwerte der gemessenen künstlichen Radionuklide für den Zeitraum von 21.03.2011–02.05.2011 sowie die Maximalwerte und die Nachweisgrenzen angegeben. Bei der vor und nach dem Unfall üblicherweise ermittelten Aktivitätskonzentration von Cs-137 handelt es sich um Resuspension der von Tschernobyl herrührenden Kontamination in der Größenordnung von 1-10 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$.

Messwerte der Sammelstation Wien-Spargelfeld

ASS-1000:

Am Standort Wien ist seit 2007 ein Aerosolsammler (ASS-1000) mit einem Durchsatz von 800 m³/h in Betrieb. Aufgrund des hohen Luftdurchsatzes konnte die ASS-1000 mit verkürzten Sammelintervallen von 24–48 Stunden betrieben werden. Um die Daten mit den anderen in Österreich ermittelten Messwerten vergleichen zu können wurden diese für diesen Bericht über den Zeitraum einer Woche gemittelt. Im Folgenden ist ein Vergleich der beiden benachbarten Sammler dargestellt (Luftsammler Wien, Luftsammler Wien groß).

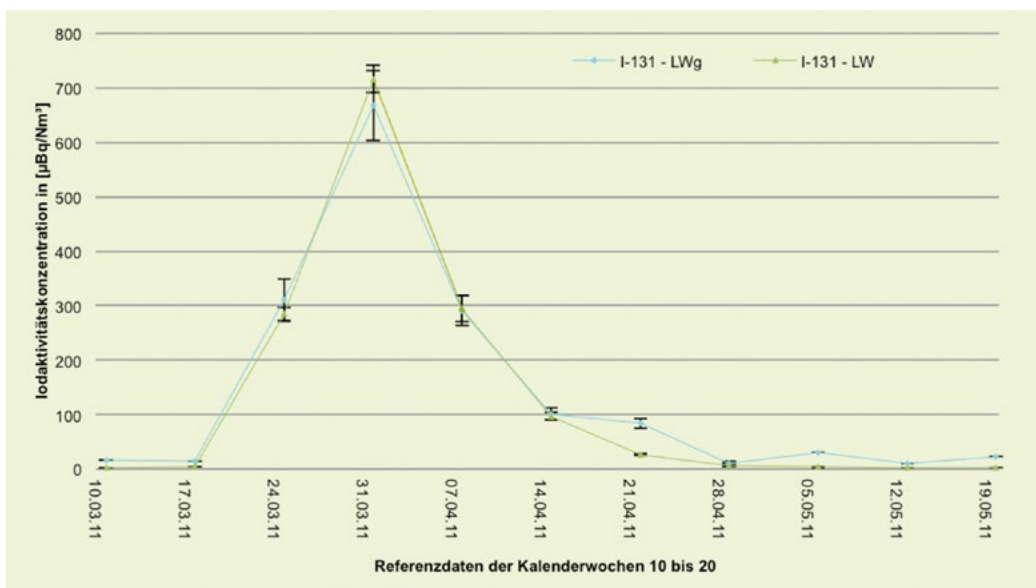


Abbildung: Vergleich der aerosolgebunden I-131 Aktivitätskonzentrationen am Standort Wien

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

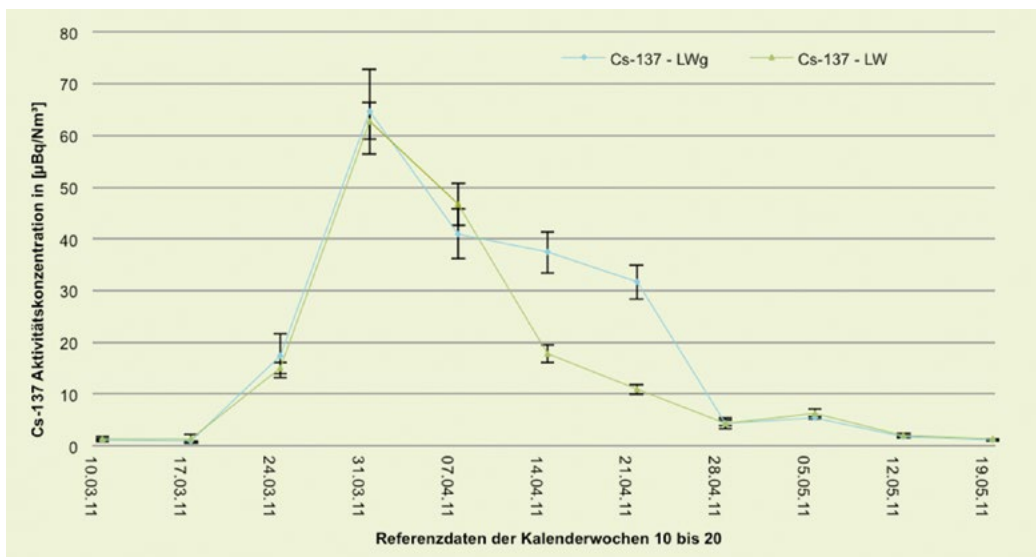


Abbildung: Vergleich der aerosolgebunden Cs-137 Aktivitätskonzentrationen am Standort Wien

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

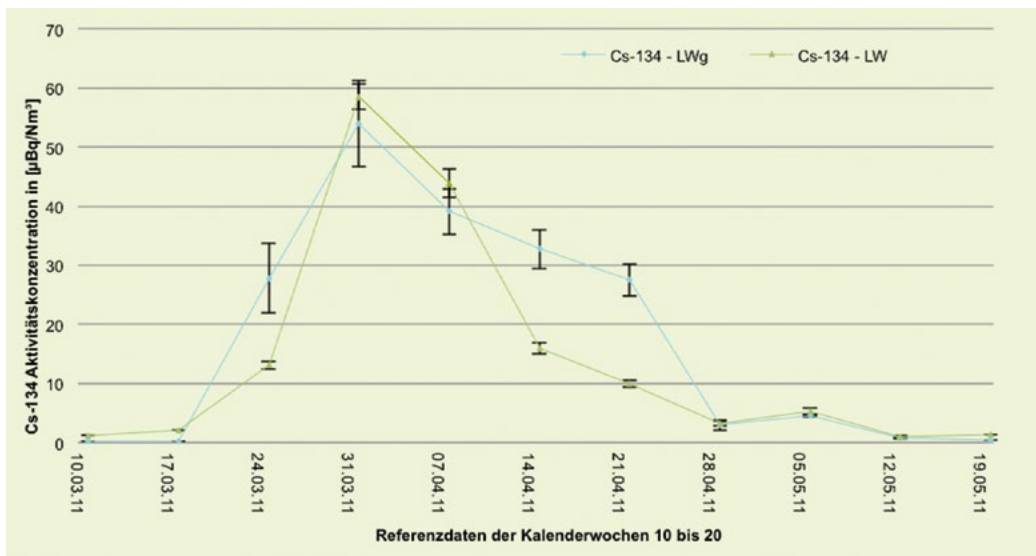


Abbildung: Vergleich der aerosolgebunden Cs-134 Aktivitätskonzentrationen am Standort Wien

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

Die durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von 21.03.2011–02.05.2011 für I-131, Cs-137 und Cs-134 betragen $244 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$, $33 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und $31 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$. Die maximalen Werte für denselben Zeitraum für I-131, Cs-137 und Cs-134 wurden mit $668 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$, $65 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und $54 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ bestimmt. Die Nachweisgrenzen für die künstlichen Radionuklide I-131 und Cs-134 liegen bei $< 18 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für I-131 und $< 0,8 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für Cs-134.

DF-22E:

An den Standorten Wien und Linz sind zusätzlich zwei Luftsammler in Betrieb, welche die Umgebungsluft über einen Vorfilter und eine Aktivkohlepatrone führen. Die Luftdurchsätze liegen im Bereich von 3 bis $5 \text{ m}^3/\text{h}$. Das Sammelmedium, TEDA imprägnierte Aktivkohle erlaubt es elementares und organisch gebundenes Iod zu erfassen.

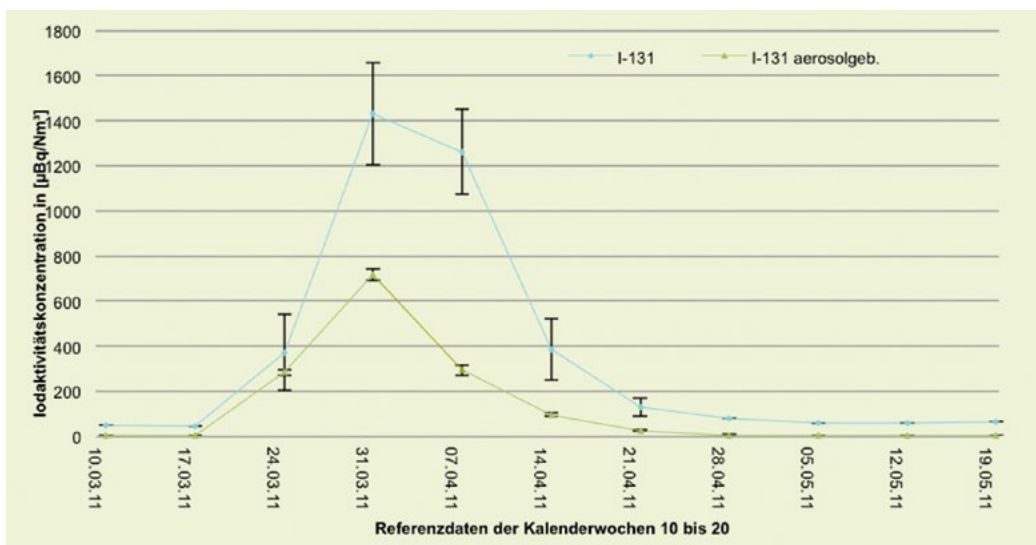


Abbildung: Aerosolgebundene (LW) und nicht aerosolgebundene Iod-131 Aktivitätskonzentrationen am Standort Wien

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

Die durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von 21.03.2011–02.05.2011 für aerosolgebundenes I-131 (herkömmlicher Sammler) und nicht aerosolgebundenes I-131 (DF-22E) betragen 238 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und 611 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$. Die maximalen Werte für denselben Zeitraum für aerosolgebundenes und nicht aerosolgebundenes I-131 wurden mit 716 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und 1430 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ bestimmt. Die Nachweisgrenze für das künstliche, nicht aerosolgebundene Radionuklid I-131 liegt bei $< 53 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$.

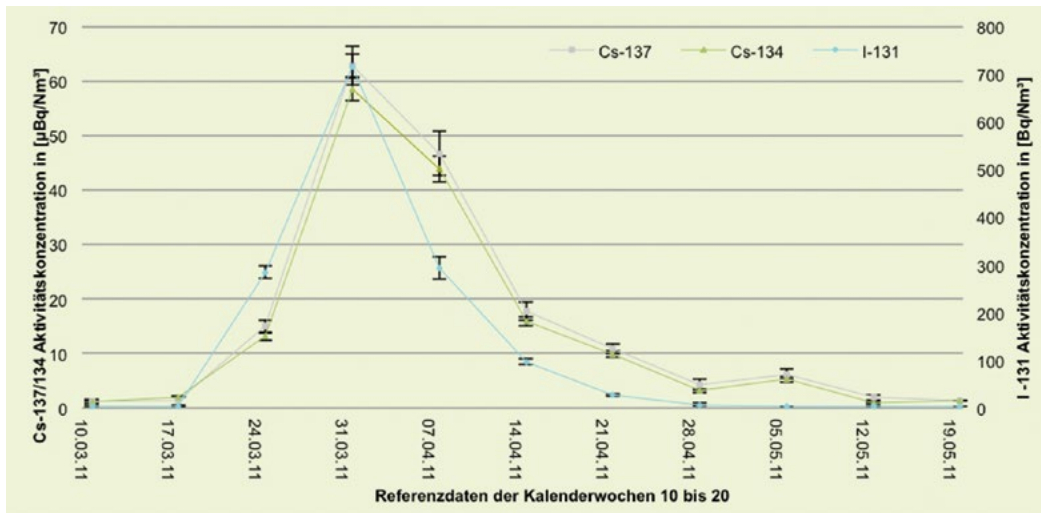


Abbildung: Aerosolgebundene Radionuklide des Aerosolsammlers (LW) am Standort Wien

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

Die durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von 21.03.2011–02.05.2011 für I-131, Cs-137 und Cs-134 betragen 238, 26 und 24 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$. Die maximalen Werte für denselben Zeitraum für I-131, Cs-137 und Cs-134 wurden mit 716 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$, 63 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und 59 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ bestimmt. Die Nachweisgrenzen für die künstlichen Radionuklide I-131 und Cs-134 liegen bei $< 3 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für I-131 und $< 1,4 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für Cs-134.

Messwerte der Sammelstation Linz

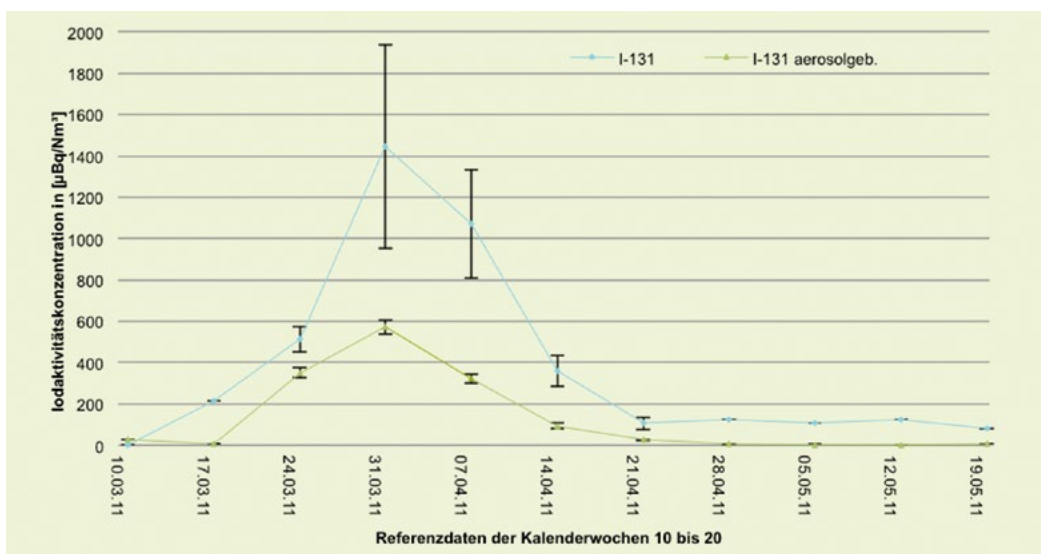


Abbildung: Aerosolgebundene und nicht aerosolgebundene Iod-131 Aktivitätskonzentrationen am Standort Linz

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

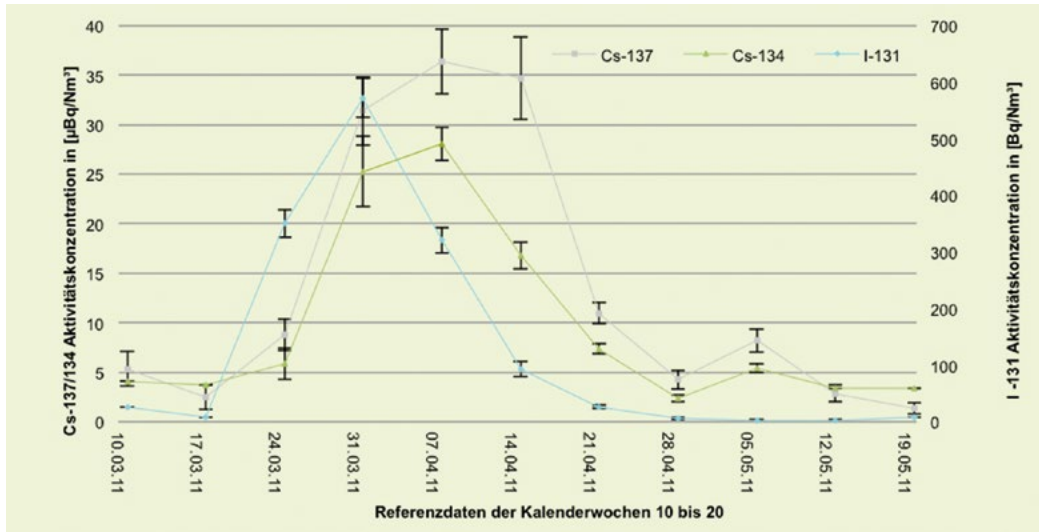


Abbildung: Aerosolgebundene Radionuklide des Aerosolsammlers am Standort Linz

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

Die durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von 21.03.2011–02.05.2011 für aerosolgebundenes I-131 (herkömmlicher Sammler) und nicht aerosolgebundenes I-131 (DF-22E) betragen $228 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und $603 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$. Die maximalen Werte für denselben Zeitraum für aerosolgebundenes und nicht aerosolgebundenes I-131 wurden mit $572 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und $1447 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ bestimmt. Die Nachweisgrenze für das künstliche, nicht aerosolgebundene Radionuklid I-131 liegt bei $< 53 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$.

Die durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von 21.03.2011–02.05.2011 für I-131, Cs-137 und Cs-134 betragen $228 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$, $21 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und $14 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$. Die maximalen Werte für denselben Zeitraum für I-131, Cs-137 und Cs-134 wurden mit $572 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$, $36 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und $28 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ bestimmt. Die Nachweisgrenzen für die künstlichen Radionuklide I-131 und Cs-134 liegen bei $< 4 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für I-131 und $< 2,1 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für Cs-134.

Messwerte der Sammelstation Alt Prerau

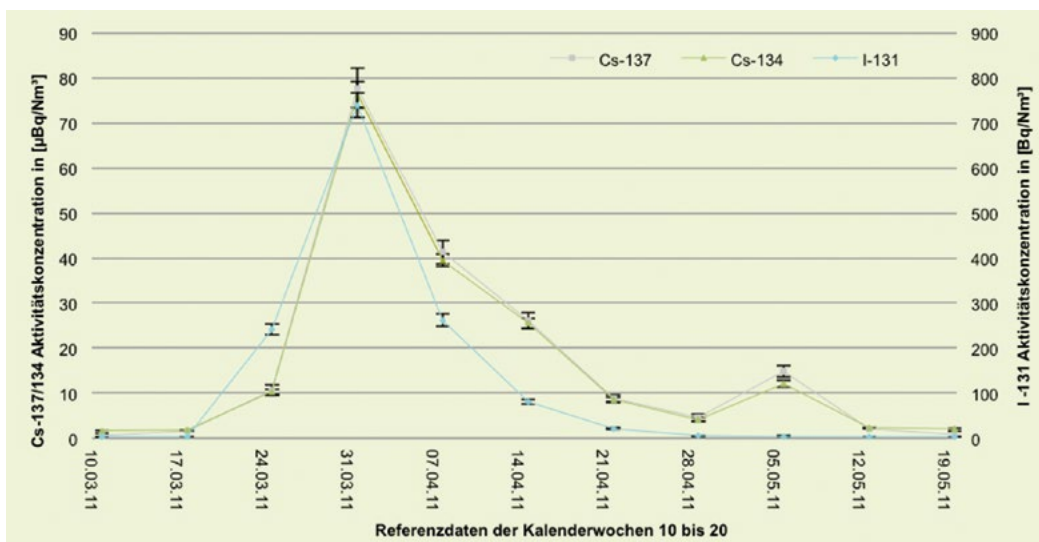


Abbildung: Aerosolgebundene Radionuklide des Aerosolsammlers, Alt Prerau

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

Die durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von 21.03.2011–02.05.2011 für I-131, Cs-137 und Cs-134 betragen $225 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$, $28 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und $27 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$. Die maximalen Werte für denselben Zeitraum für I-131, Cs-137 und Cs-134 wurden mit $740 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$, $78 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und $76 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ bestimmt. Die Nachweisgrenzen für die künstlichen Radionuklide I-131 und Cs-134 liegen bei $< 3 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für I-131 und $< 1,9 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für Cs-134.

Messwerte der Sammelstation Retz

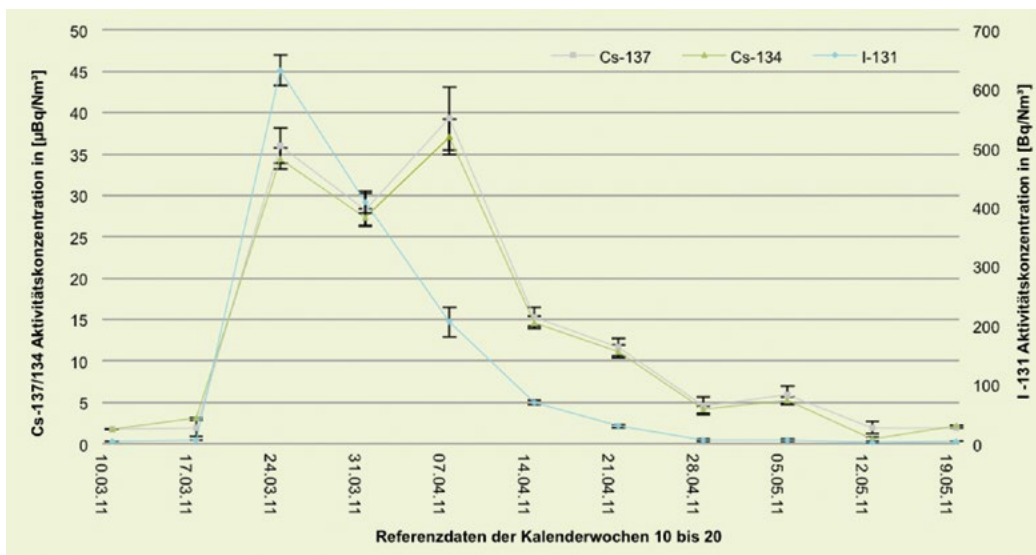


Abbildung: Aerosolgebundene Radionuklide des Aerosolsammlers, Retz

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

Die durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von 21.03.2011–02.05.2011 für I-131, Cs-137 und Cs-134 betragen $225 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$, $23 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und $21 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$. Die maximalen Werte für denselben Zeitraum für I-131, Cs-137 und Cs-134 wurden mit $632 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$, $39 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und $37 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ bestimmt. Die Nachweisgrenzen für die künstlichen Radionuklide I-131 und Cs-134 liegen bei $< 4 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für I-131 und $< 2,1 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für Cs-134.

Messwerte der Sammelstation Innsbruck

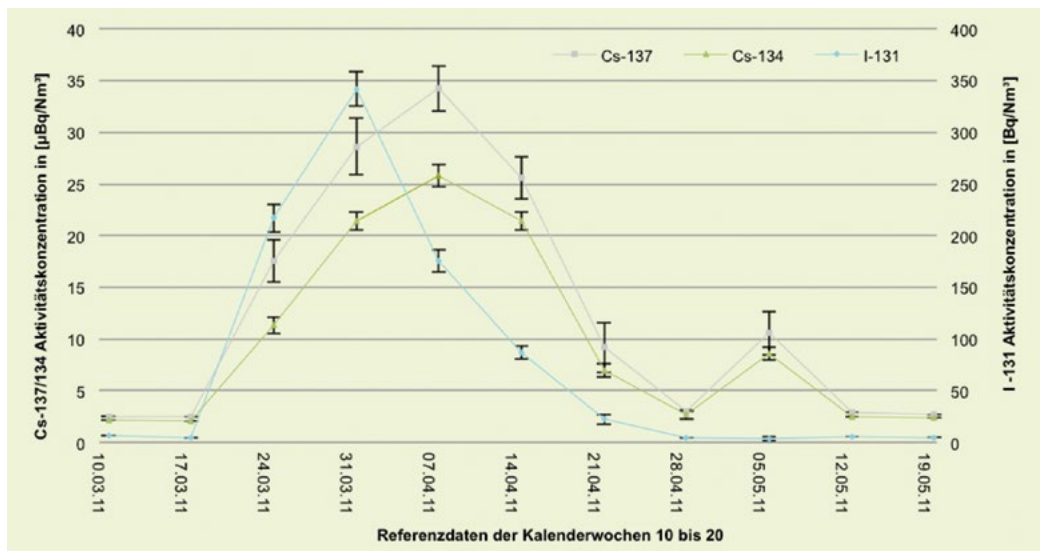


Abbildung: Aerosolgebundene Radionuklide des Aerosolsammlers am Standort Innsbruck

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

Die durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von 21.03.2011–02.05.2011 für I-131, Cs 137 und Cs-134 betragen 141 µBq/Nm³, 20 µBq/Nm³ und 15 µBq/Nm³. Die maximalen Werte für denselben Zeitraum für I-131, Cs-137 und Cs-134 wurden mit 342 µBq/Nm³, 34 µBq/Nm³ und 26 µBq/Nm³ bestimmt. Die Nachweisgrenzen für die künstlichen Radionuklide I-131 und Cs-134 liegen bei < 4 µBq/Nm³ für I-131 und < 2,1 µBq/Nm³ für Cs-134.

Messwerte der Sammelstation Salzburg

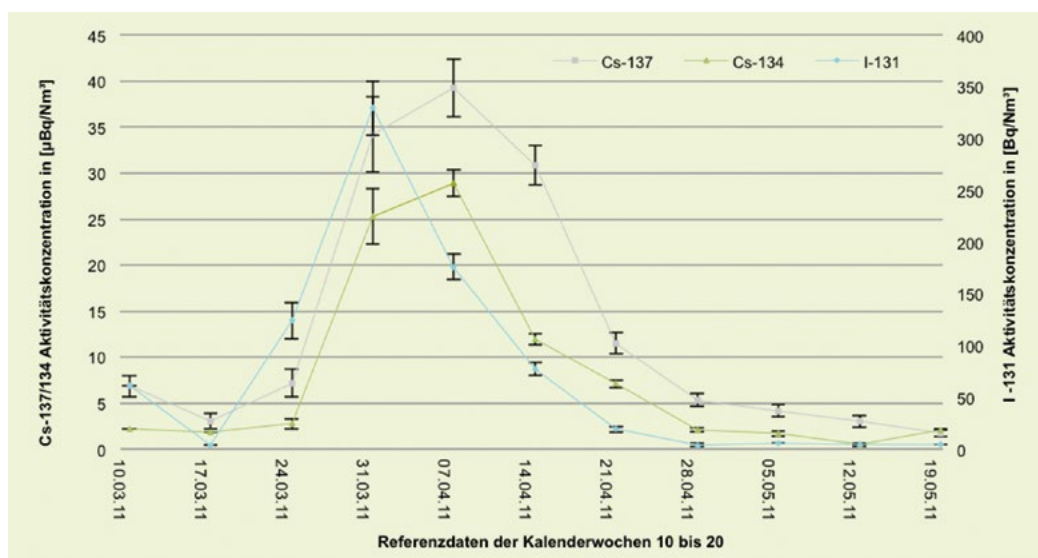


Abbildung: Aerosolgebundene Radionuklide des Aerosolsammlers, Salzburg

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

Die durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von 21.03.2011–02.05.2011 für I-131, Cs-137 und Cs-134 betragen 122 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$, 21 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und 13 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$. Die maximalen Werte für denselben Zeitraum für I-131, Cs-137 und Cs-134 wurden mit 330 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$, 39 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und 29 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ bestimmt. Die Nachweisgrenzen für die künstlichen Radionuklide I-131 und Cs-134 liegen bei $< 4 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für I-131 und $< 2,1 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für Cs-134.

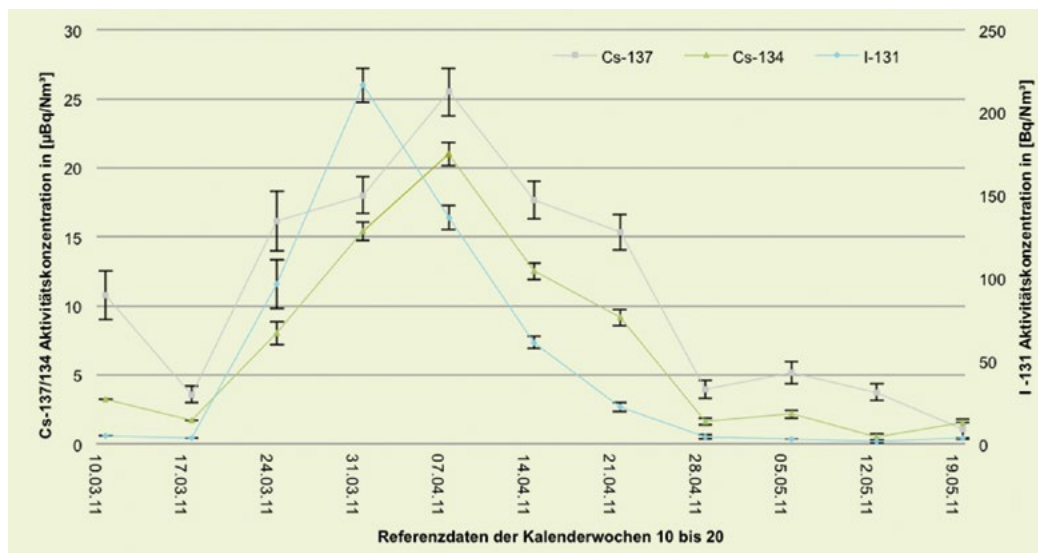


Abbildung: Aerosolgebundene Radionuklide des Aerosolsammlers, Klagenfurt

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

Messwerte der Sammelstation Klagenfurt

Die durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von 21.03.2011–02.05.2011 für I-131, Cs-137 und Cs-134 betragen 90 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$, 16 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und 11 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$. Die maximalen Werte für denselben Zeitraum für I-131, Cs-137 und Cs-134 wurden mit 217 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$, 26 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und 21 $\mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ bestimmt. Die Nachweisgrenzen für die künstlichen Radionuklide I-131 und Cs-134 liegen bei $< 4 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für I-131 und $< 1,8 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für Cs-134.

Messwerte der Sammelstation Graz

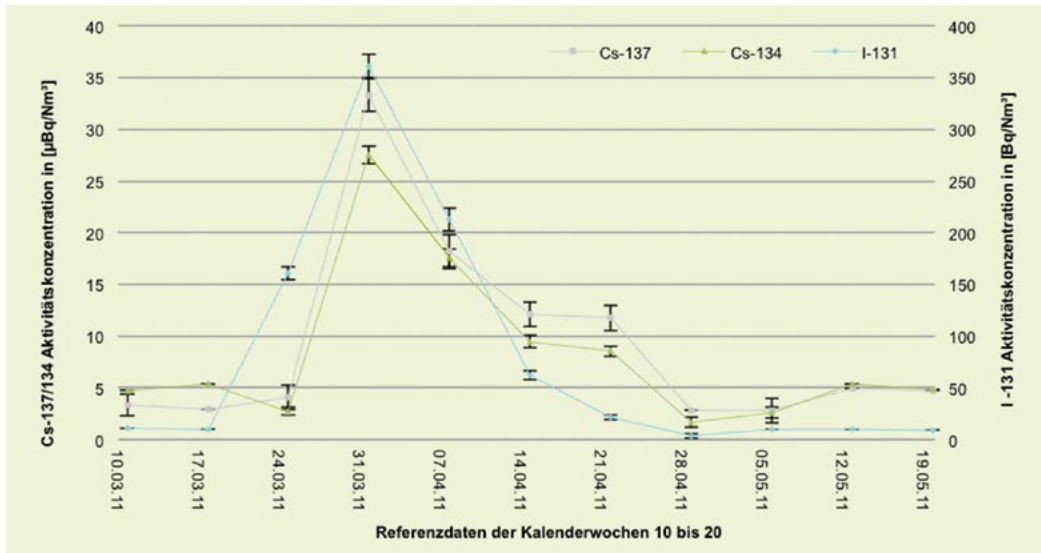


Abbildung: Aerosolgebundene Radionuklide des Aerosolsammlers am Standort Graz

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

Die durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von 21.03.2011–02.05.2011 für I-131, Cs-137 und Cs-134 betragen 137 µBq/Nm³, 14 µBq/Nm³ und 11 µBq/Nm³. Die maximalen Werte für denselben Zeitraum für I-131, Cs-137 und Cs-134 wurden mit 361 µBq/Nm³, 33 µBq/Nm³ und 28 µBq/Nm³ bestimmt. Die Nachweisgrenzen für die künstlichen Radionuklide I-131 und Cs-134 liegen bei < 4 µBq/Nm³ für I-131 und < 2,1 µBq/Nm³ für Cs-134.

Messwerte der Sammelstation Straß

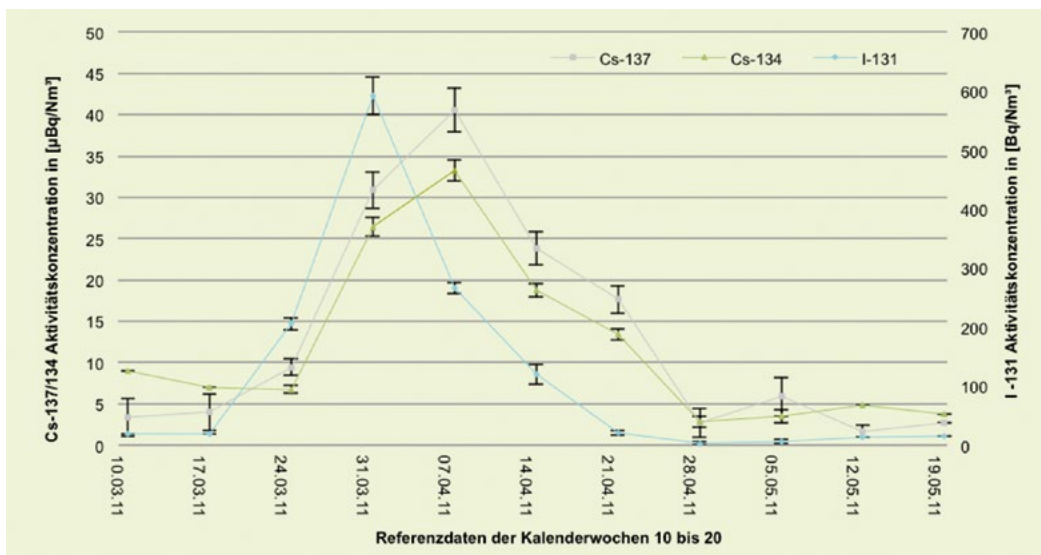


Abbildung: Aerosolgebundene Radionuklide des Aerosolsammlers, Straß

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

Die durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von 21.03.2011–02.05.2011 für I-131, Cs-137 und Cs-134 betragen $201 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$, $21 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und $17 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$. Die maximalen Werte für denselben Zeitraum für I-131, Cs-137 und Cs-134 wurden mit $592 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$, $41 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und $33 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ bestimmt. Die Nachweisgrenzen für die künstlichen Radionuklide I-131 und Cs-134 liegen bei $< 4 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für I-131 und $< 2,1 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ für Cs-134.

Zusammenfassung der Messwerte

Die folgenden sechs Abbildungen zeigen die aerosolgebundene Aktivitätskonzentration von I-131, Cs-137 und Cs-134 für jeden einzelnen Standort des laborgestützten Überwachungsnetzwerkes.

1. Verlauf der I-131 Aktivitätskonzentrationen (Kalenderwoche 10 bis 20 im Jahr 2011 für die einzelnen Standorte des laborgestützten Überwachungsnetzwerkes):

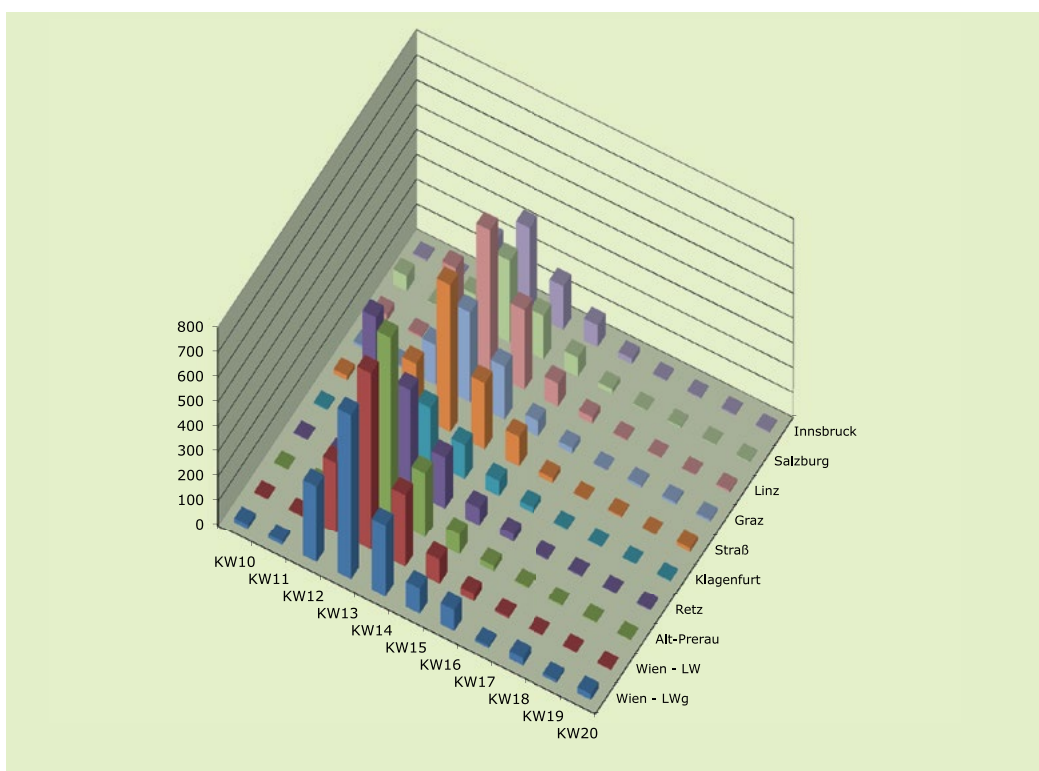


Abbildung: Verlauf der I-131 Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von Kalenderwoche 10 bis 20 im Jahr 2011 für die einzelnen Standorte des laborgestützten Überwachungsnetzwerkes

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

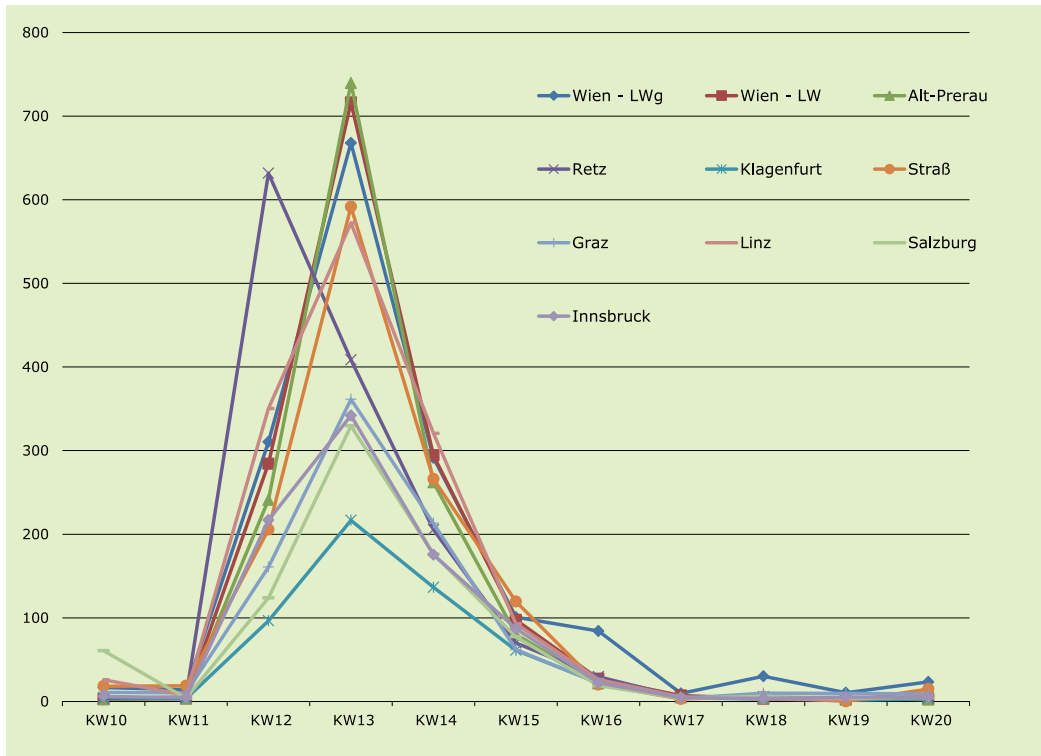


Abbildung: Verlauf der I-131 Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von Kalenderwoche 10 bis 20 im Jahr 2011 für die einzelnen Standorte des laborgestützten Überwachungsnetzwerkes

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

2. Verlauf der Cs-137 Aktivitätskonzentrationen (Kalenderwoche 10 bis 20 im Jahr 2011 für die einzelnen Standorte des laborgestützten Überwachungsnetzwerkes):

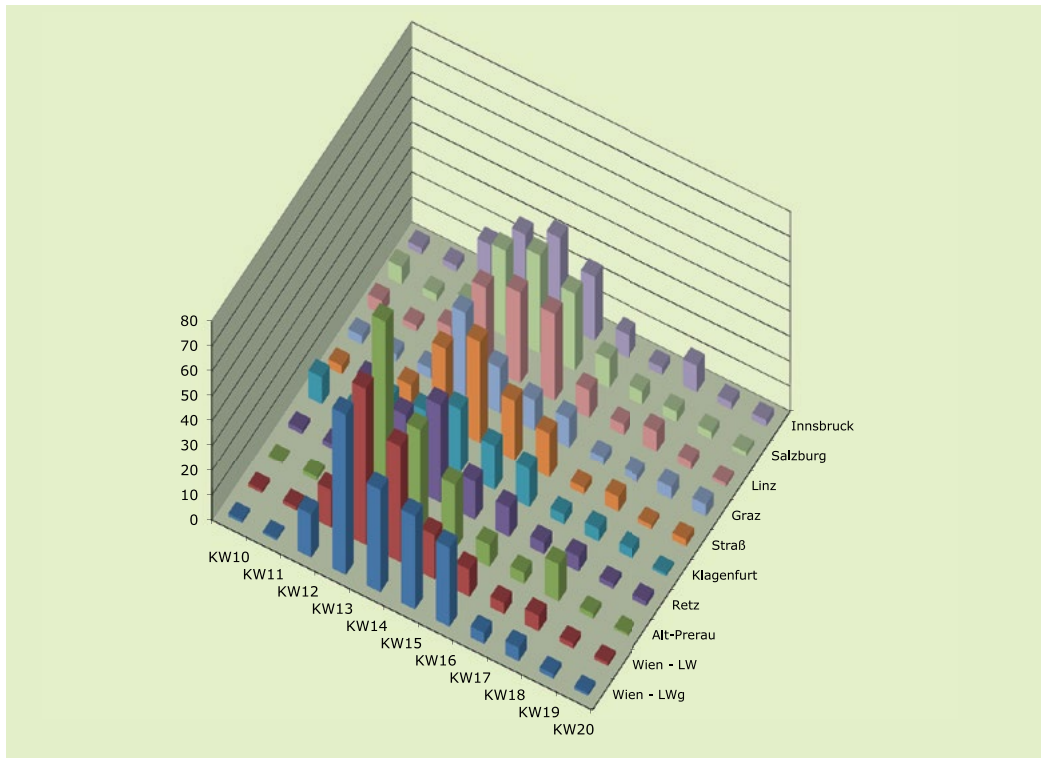


Abbildung: Verlauf der Cs-137 Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von Kalenderwoche 10 bis 20 im Jahr 2011 für die einzelnen Standorte des laborgestützten Überwachungsnetzwerkes

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

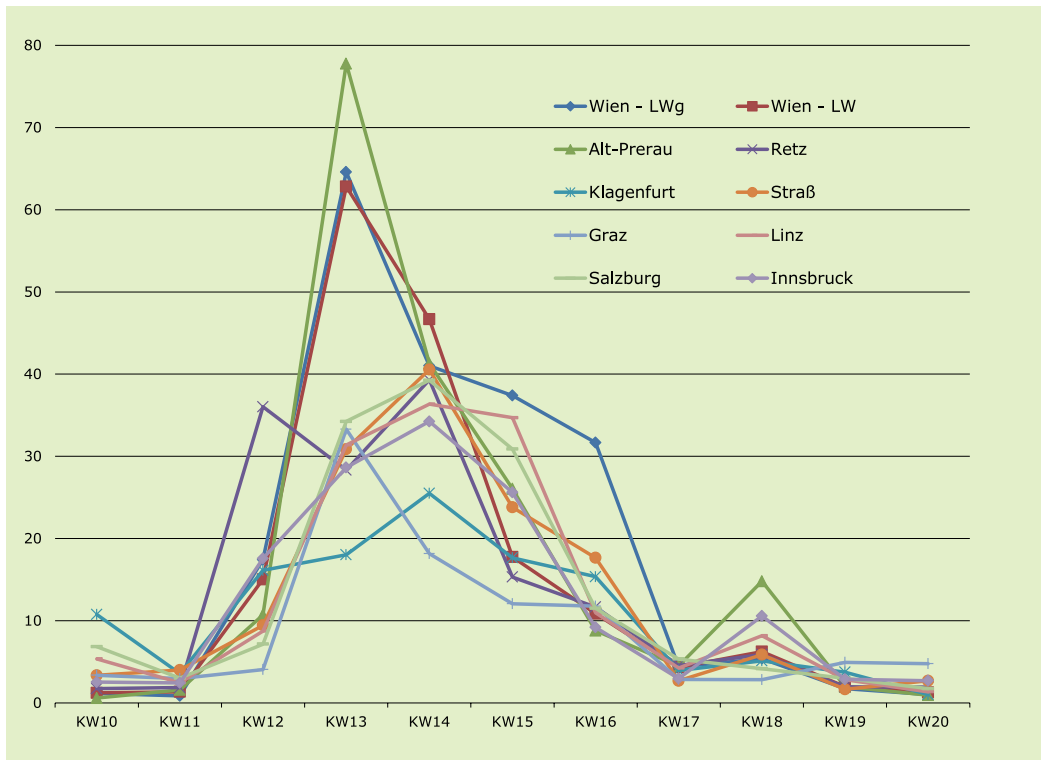


Abbildung: Verlauf der Cs-137 Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von Kalenderwoche 10 bis 20 im Jahr 2011 für die einzelnen Standorte des laborgestützten Überwachungsnetzwerkes

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

3. Verlauf der Cs-134 Aktivitätskonzentrationen (Kalenderwoche 10 bis 20 im Jahr 2011 für die einzelnen Standorte des laborgestützten Überwachungsnetzwerkes):

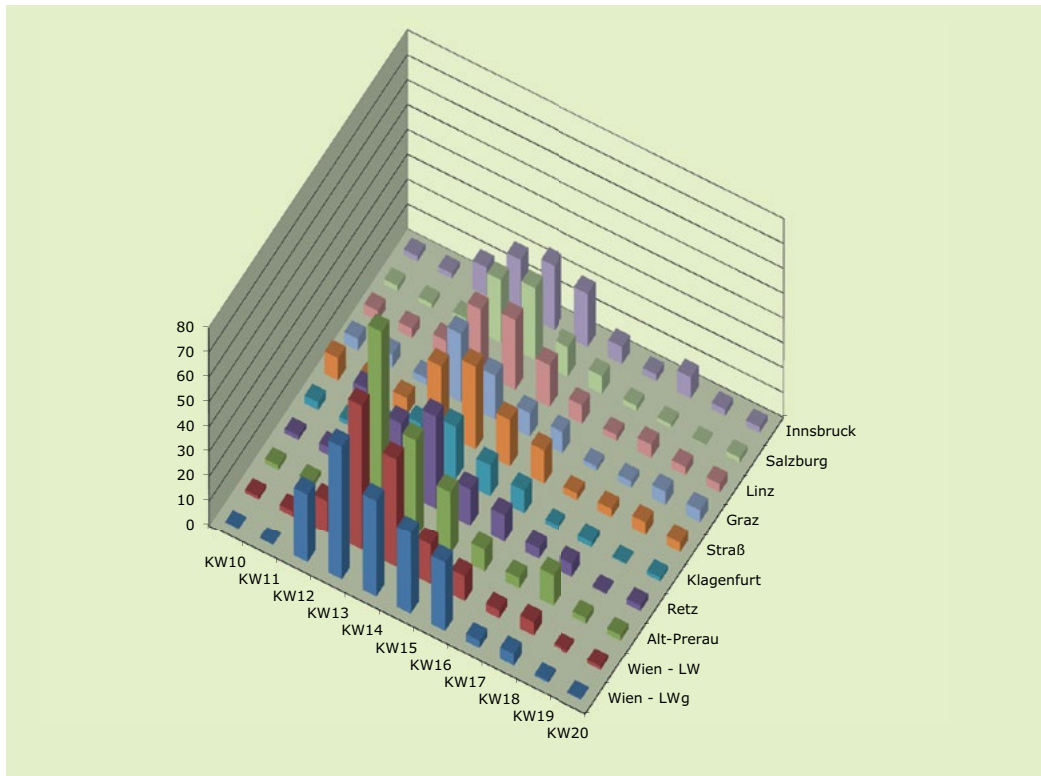


Abbildung: Verlauf der Cs-134 Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von Kalenderwoche 10 bis 20 im Jahr 2011 für die einzelnen Standorte des laborgestützten Überwachungsnetzwerkes

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

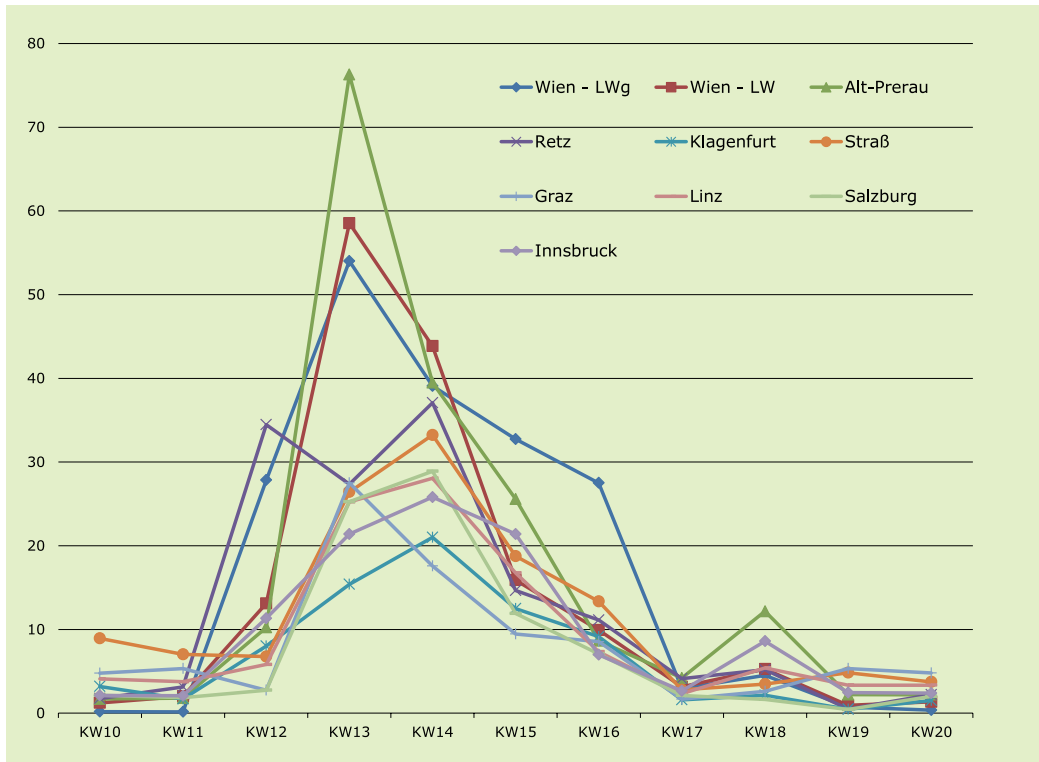


Abbildung: Verlauf der Cs-134 Aktivitätskonzentrationen im Zeitraum von Kalenderwoche 10 bis 20 im Jahr 2011 für die einzelnen Standorte des laborgestützten Überwachungsnetzwerkes

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

Aus den Abbildungen ist ersichtlich, dass in der 18. Kalenderwoche noch einmal Cs-137 und Cs-134 im Gegensatz zu I-131 nachgewiesen werden konnten. Die durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen für Cs-137 und Cs-134 in dieser Woche betragen $6 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und $5 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$. Die ermittelten Maxima betragen für Cs-137 und Cs-134, $15 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ und $12 \mu\text{Bq}/\text{Nm}^3$ in Alt-Prerau. Die durchschnittliche Flächendeposition am Standort Wien beträgt für die künstlichen Radionuklide im Zeitraum von 01.03.2011 bis 06.06.2011 für I-131 mit $1,7 \text{ Bq}/\text{m}^2$, Cs-137 mit $47 \text{ mBq}/\text{m}^2$ und Cs-134 mit $57 \text{ mBq}/\text{m}^2$.

4. Künstliche Radionuklide in der nassen Deposition am Standort Wien:

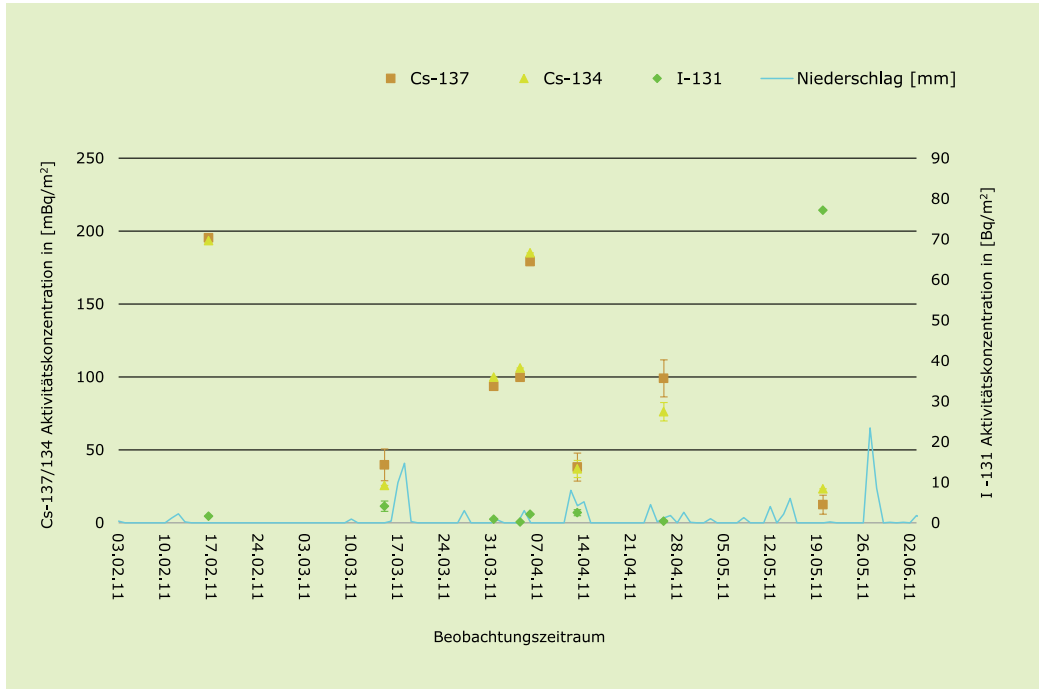


Abbildung: Künstliche Radionuklide in der nassen Deposition am Standort Wien

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz (Messwerte ohne Fehlerbalken sind ermittelte Nachweisgrenzen).

Die durchschnittliche Flächendeposition am Standort Wien kann für die künstlichen Radionuklide im Zeitraum von 01.03.2011 bis 06.06.2011 für I-131 mit 1,7 Bq/m², Cs-137 mit 47 mBq/m² und Cs-134 mit 57 mBq/m² angegeben werden.

5.2 DOSISABSCHÄTZUNGEN FÜR ÖSTERREICH AUFGRUND DER EREIGNISSE IN JAPAN

Auf Basis der in Österreich vorliegenden Messungen der Radioaktivität in der Luft wurde von der Abt. I/7 Strahlenschutz des BMLFUW mit den dort installierten Entscheidungshilfesystemen (Oecosys, RODOS) eine Abschätzung für die folgenden Parameter durchgeführt:

- abgelagerte Aktivität am Boden (Deposition)
- Ortsdosisleistung
- Aktivität in Gras, (Freiland-) Blattgemüse, Milch, Fleisch
- Dosis für die österreichische Bevölkerung

Deposition

Aus den registrierten Aktivitätsmesswerten in der Luft kann eine Ablagerung dieser Stoffe auf dem Boden abgeschätzt werden. Diese Deposition findet sowohl in trockener (Staubablagerung) als auch in nasser Form (Auswaschen durch Niederschlag) statt.

Die Deposition aufgrund der Aktivitätseinträge kann mit etwa 5 Bq/m² I-131 und 0,7 Bq/m² Cs-137 und Cs-134 abgeschätzt werden.

Ortsdosisleistung

Durch radioaktive Stoffe in der Luft, die auch teilweise am Boden abgelagert werden, ergibt sich eine Erhöhung der Ortsdosisleistung gegenüber dem normalen Pegel. Im Fall der in Japan freigesetzten Aktivität ist diese Erhöhung allerdings aufgrund der starken Verdünnung durch den weiten Transport extrem gering: Gemäß den Modellrechnungen würde sie in der Größenordnung von weniger als 0,001 nSv/h (Nanosievert pro Stunde) liegen. Diese Erhöhung ist keinesfalls erkennbar, da der

natürliche Pegel der Ortsdosisleistung in Österreich zwischen 70 und 200 nSv/h liegt und darüber hinaus auch deutlichen Schwankungen, z.B. bedingt durch Regenfälle, unterliegt.

Aktivität in Gras und Lebensmitteln

Auf Basis der Deposition radioaktiver Stoffe aus der Luft wurde der Radioaktivitätsgehalt in Pflanzen und in der Folge auch in weiteren Gliedern der Nahrungskette berechnet. Die so ermittelten Aktivitätskonzentrationen sind ohne gesundheitliche Relevanz.

Die abgeschätzten Aktivitäten liegen im Bereich von etwa 3 Bq/kg I-131 und 0,1 Bq/kg Cs-137 für Gras und Blattgemüse. Die I-131-Konzentration in Milch würde maximal etwa 0,03 Bq/l I-131 betragen.

Zum Vergleich: Der Gehalt an natürlichem Kalium-40 der Milch beträgt etwa 50 Bq/kg. Der EU-Höchstwert für I-131 in Säuglingsnahrung beträgt 150 Bq/kg, für I-131 in Milch 500 Bq/kg.

Zusätzliche Gesamtdosis durch Fukushima in Österreich

Gemäß den obigen Berechnungen beträgt die zusätzliche Dosis für die österreichische Bevölkerung durch die bisherigen Kontaminationen etwa 0,0001 Millisievert (100 Nanosievert), also unter einem Zehntausendstel der durchschnittlichen jährlichen Strahlenbelastung der Bevölkerung (die etwa vier Millisievert pro Jahr beträgt). Der durch das radioaktive Cäsium verursachte Dosisanteil beträgt dabei etwa zehn Prozent. In dieser Rechnung ist sowohl die Belastung durch das Einatmen der Luft als auch durch den Verzehr von kontaminierter Nahrung berücksichtigt.

Eine Auswirkung auf die Gesundheit von Personen oder die Umwelt ist demnach auszuschließen.

DURCHSCHNITTLICHE STRAHLENEXPOSITION DER BEVÖLKERUNG

Effektive Dosis pro Einwohner und Jahr ca. 4,3 mSv

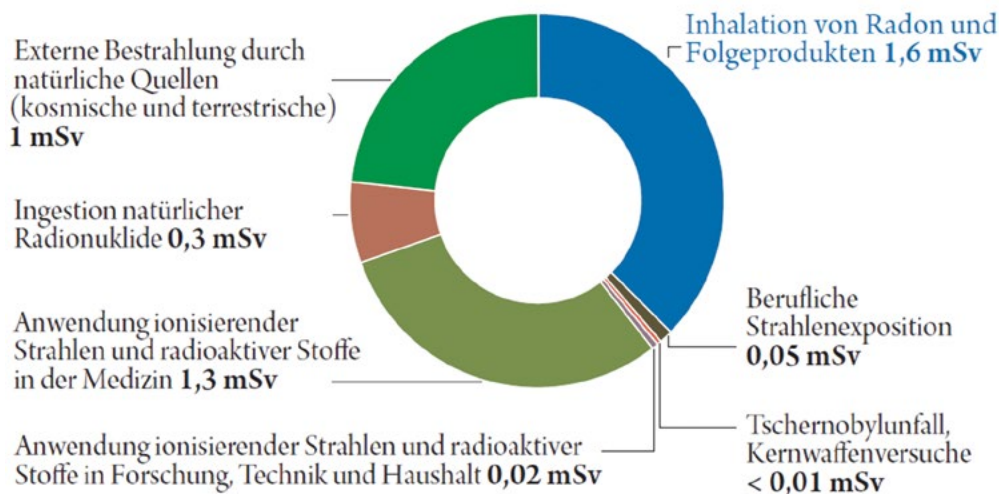


Abbildung: Durchschnittliche Jahresbelastung der österreichischen Bevölkerung

Quelle: BMLFUW, Strahlenschutz.

Andere europäische Länder kamen zu vergleichbaren Abschätzungen der Effektivdosis für die Bevölkerung aufgrund der Auswirkungen von Fukushima [1].

- Frankreich: $2 \text{ E-}4 \text{ mSv}$
- Deutschland: $3 \text{ E-}5 \text{ mSv}$

5.3 LITERATUR

[1] UNSCEAR 2013 Report, Volume I, Report to the General Assembly, Scientific Annex A: Levels and effects of the radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and Tsunami
http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2013_1.html

6. MASSNAHMEN IN ÖSTERREICH UND INTERNATIONAL (BMLFUW)

6.1 MASSNAHMEN IN ÖSTERREICH BETREFFEND LEBENSMITTEL, FUTTERMITTEL, PASSAGIERE UND WAREN

Lebens- und Futtermittel (EU)

„Schubladenverordnungen“ der EU

Die EU-Kommission hat für nukleare Unfälle und andere radiologische Notstandssituationen für Nahrungs- und Futtermittel „Schubladenverordnungen“ mit Höchstwerten vorbereitet, um diese im Anlassfall EU-weit möglichst schnell umsetzen zu können. Die folgenden Verordnungen sorgen dafür, dass im Anlassfall keine Nahrungs- und Futtermittel, deren Radioaktivitätsgehalt über den Höchstwerten liegt, auf den Markt gelangen dürfen. Diese Verordnungen sollen eine sichere Versorgung der Bevölkerung gewährleisten – unter der Annahme, dass nach einem nuklearen Unfall oder einer anderen radiologischen Notstandssituation ein großer Teil der Produkte kontaminiert ist. Nahrungsmittel oder Futtermittel, bei denen die Höchstwerte überschritten werden, dürfen nicht in Verkehr gebracht werden. Enthält die EU-Kommission eine offizielle Mitteilung von einem Unfall oder einer anderen radiologischen Notstandssituation bei dem die Höchstwerte im Sinne der Verordnungen erreicht werden könnten oder bereits erreicht worden sind, so erlässt sie unverzüglich eine Verordnung zur Anwendung dieser Höchstwerte.

- Verordnung (Euratom) Nr. 3954/87 des Rates vom 22. Dezember 1987 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation (Änderung: Verordnung (Euratom) Nr. 2218/89 des Rates vom 18. Juli 1989).
- Verordnung (Euratom) Nr. 770/90 der Kommission vom 29. März 1990 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Futtermitteln im Fall eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation.
- Verordnung (Euratom) Nr. 944/89 der Kommission vom 12. April 1989 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln von geringer Bedeutung im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation. Diese Verordnung enthält eine Liste von Nahrungsmitteln von geringerer Bedeutung, d. h. Nahrungsmitteln, die nur einen geringfügigen Anteil des Nahrungsmittelverbrauchs der Bevölkerung ausmachen. Für diese Nahrungsmittel liegen die Höchstwerte um das Zehnfache über denjenigen für „andere Nahrungsmittel außer Nahrungsmitteln von geringerer Bedeutung“ im Sinne der Verordnung (Euratom) Nr. 3954/87.
- Anfang 2016 wurden diese drei Verordnungen in eine Verordnung (Euratom) 2016/52 des Rates vom 15. Januar 2016 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Lebens- und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder eines anderen radiologischen Notfalls zusammengefasst. Die vorgesehenen Höchstwerte für Lebens- und Futtermittel wurden dabei nicht geändert [1].

EU-Verordnungen nach Fukushima

Am 26. März 2011 trat die Durchführungsverordnung (EU) Nr. 297/2011 betreffend die Einfuhr von Lebens- und Futtermitteln, deren Ursprung oder Herkunft Japan ist, in Kraft. Ihre Gültigkeit war auf drei Monate beschränkt. Als Höchstwerte wurden der Verordnung die maximal zulässigen Werte der Verordnung (Euratom) Nr. 3954/1987 zugrunde gelegt.

Die wichtigsten Punkte der Verordnung in Kürze:

- Diese Verordnung gilt für Lebens- und Futtermittel deren Ursprung oder Herkunft Japan ist, ausgenommen Erzeugnisse, die Japan vor dem 28. März 2011 verlassen haben, und Erzeugnisse, die vor dem 11. März 2011 geerntet und/oder verarbeitet wurden.
- Produkte aus zwölf Provinzen (inklusive der vier hauptsächlich betroffenen) müssen vor dem Export von den japanischen Behörden gemessen und deren Unbedenklichkeit in Übereinstimmung mit der Verordnung in einer Erklärung bescheinigt werden.
- Die Herkunft von Produkten aus den anderen 35 Provinzen muss bescheinigt werden.

- Den zuständigen Behörden an der Grenzkontrollstelle muss die Ankunft jeder Sendung mindestens zwei Arbeitstage vor der tatsächlichen Ankunft der Sendung im Voraus mitgeteilt werden.
- Die zuständigen Behörden der Grenzkontrollstelle führen Dokumentenprüfungen sowie stichprobenartig Warenuntersuchungen, einschließlich Laboranalysen zum Nachweis von Iod-131, Cäsium-134 und Cäsium-137, durch.
- Werden die zulässigen Höchstwerte überschritten, müssen die Produkte gefahrlos entsorgt oder in das Ursprungsland zurückgebracht werden.
- Alle Analyseergebnisse werden über RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed) und ECURIE (European Commission Urgent Radiological Information Exchange) kommuniziert.

Mit der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 351/2011 (und einer Berichtigung) wurden am 12. April 2011 die Höchstwerte an die in Japan geltenden Grenzwerte angepasst. Am 25. Mai 2011 trat die Durchführungsverordnung (EU) Nr. 506/2011 in Kraft, damit wurde die Gültigkeit der Verordnung (EU) Nr. 297/2011 in ihrer geänderten Fassung bis zum 30. September 2011 verlängert und die Kontrollpflicht auf Lebensmittel aus einer weiteren japanischen Provinz ausgedehnt, zudem sind auch Lebensmittel der Küstenregionen Japans (z.B. Fische) von den Vorgaben erfasst.

Am 7. Juli 2011 wurde aufgrund der bisherigen Kontrollergebnisse die Liste der Provinzen, für welche das strengste Kontrollregime gilt, geringfügig verändert. Eine Provinz kam hinzu, zwei wurden gestrichen (Durchführungsverordnung (EU) Nr. 657/2011).

Im September wurde die Verordnung nochmals ohne inhaltliche Änderungen bis 31. Dezember 2011 verlängert (Durchführungsverordnung (EU) Nr. 961/2011) im Dezember mit geringfügigen Änderungen bis 31. März 2012 (Durchführungsverordnung (EU) Nr. 1371/2011). Die Kontrollvorgaben und Höchstwerte müssen weiterhin von der EU monatlich überprüft werden.

Überwachung der Importe von Lebens- und Futtermitteln auf Radioaktivität in Österreich

In Österreich ist für die Lebensmittelkontrolle das Bundesministerium für Gesundheit (BMG) und für die Kontrolle der Futtermittel das BMLFUW zuständig. Das BMG und das BMLFUW haben auf Basis der EU-Verordnungen in Österreich (im Gegensatz zu den vorgeschriebenen 10 % bzw. 20 %) eine lückenlose Kontrolle von Lebensmittel- und Futtermitteldirektimporten aus Japan veranlasst. Die Messungen werden von der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) durchgeführt.

Österreich hat zwei zugelassene Grenzeintrittsstellen für Waren aus Drittstaaten (Flughafen Schwechat, Flughafen Linz). Auf der Homepage des BMG [1] werden seit März 2011 alle Ergebnisse dieser Lebensmittelimportkontrollen veröffentlicht. Futtermittel aus Japan werden nicht nach Österreich importiert.

In Österreich werden außerdem seit 23.03.2011 auch alle amtlichen Fischproben aus dem Pazifik zusätzlich auf Radioaktivität untersucht. Die EU-Kommission hat eine entsprechende Empfehlung zur Prüfung von Pazifikfisch und Fischprodukten am 15. April 2011 veröffentlicht. Somit erfolgt diese Überprüfung seitdem auch in anderen Mitgliedsstaaten. Die Ergebnisse der Überprüfungen sind an die EU-Kommission zu melden. Eine entsprechende aktuell gehaltene Ergebnisliste der Pazifikfisch-Überwachung ist auf der Homepage des BMG [2] zu finden.

Überwachung von Passagieren, Gepäck und Transporten

Da es zunächst keine einheitlichen Regelungen oder Empfehlungen der EU gab, waren die Warenkontrollen und das Erstellen entsprechender Kriterien den einzelnen Mitgliedsstaaten überlassen.

Die japanischen Behörden ihrerseits initiierten rasch Messungen (Überprüfung von Schiffen und Containern, Luftmessungen und Beprobung des Wassers in Häfen). Es wurden entsprechende, detaillierte Richtlinien und Formulare für die Erstellung von Zertifikaten ausgearbeitet. Als Richtwerte für eine Dekontamination wurde das Dreifache der Hintergrundstrahlung festgelegt; ab einer Ortsdosisleistung von 5 µSv/h bestand eine Meldepflicht.

Ende März 2011 veröffentlichte die ICAO (International Civil Aviation Organization) eine gemeinsame Erklärung der IAEA (International Atomic Energy Agency), IMO (International Maritime Organization), WHO (World Health Organization) und WMO (World Meteorological Organization), in der die Sicherheit des Transports von Passagieren und Waren bestätigt wurde.

Die EU-Kommission empfahl schließlich am 15. April 2011 den Mitgliedstaaten, in den europäischen Häfen Schiffe und Schiffscontainer aus Japan auf mögliche Kontaminationen zu überprüfen. Zum Zeitpunkt der Empfehlung wurde mit dem Eintreffen der ersten Schiffe, die nach dem Erdbeben am 11. März 2011 aus japanischen Häfen ausliefen, in Europa gerechnet. Bei Nachweis einer Kontamination waren die EU-Kommission und die anderen Mitgliedsstaaten (über das europäische Alarmierungssystem ECURIE) zu informieren. Als Richtwert wurde eine Ortsdosisleistung von 0,2 µSv/h in 1 m Entfernung (zusätzlich zum Hintergrund) angegeben. Weiters teilte die EU-Kommission mit, dass die aus den Häfen der betroffenen Region ins Ausland auslaufenden Schiffe und ihre Güter auf Radioaktivität überprüft und Zertifikate erstellt werden.

Direktimporte von Waren aus Japan über Lufthäfen nach Österreich wurden nach Angaben der betroffenen Luftlinien auf freiwilliger Basis vor Ort in Japan gemessen. Es gab keine gesonderte Empfehlungen des BMLFUW bezüglich einer Überwachung von Importwaren, da Waren sowohl von Seiten japanischer Behörden als auch beim Eintritt in die EU auf dem Wasserweg bereits kontrolliert wurden.

Bezüglich einer Überwachung von Reisenden oder Gepäck gab es keine Empfehlungen des BMLFUW, allerdings ließen die Fluglinien in Eigeninitiative Messungen bei Flügen aus Japan durchführen. Das Land NÖ ließ am Flughafen Schwechat beim ersten Flug aus Japan nach Unfallbeginn Passagiere und Gepäck durch Strahlenspürer der Polizei und der Feuerwehr überprüfen. Es wurden dabei keine Kontaminationen nachgewiesen.

6.2 WEITERE MASSNAHMEN IN ÖSTERREICH / FÜR ÖSTERREICHISCHE STAATSBÜRGER

Aktivierung der Notfallzentrale im BMLFUW

Ab 11. März 2011 wurde im BMLFUW ein Vor-Ort Schichtbetrieb eingeführt. Da dieser die Ressourcen der Abt. I/7 Strahlenschutz im BMLFUW überforderte, wurden teilweise auch Kräfte aus der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) und dem Umweltbundesamt (UBA) zugezogen. Nach einigen Wochen wurde auf aktive Nachtdienste per Fernzugriff von Zuhause umgestellt. Ab 5. April war die Notfallzentrale tagsüber Montag bis Samstag und Sonntag stundenweise besetzt, der aktive Nachtdienst ging in eine Bereitschaft über. Erst ab 21. April wurde der Samstags- und Sonntagsdienst ebenfalls zu einem Bereitschaftsdienst im Rahmen des routinemäßigen Beiratschaftsdienstes der Abteilung.

Hauptaufgaben waren die Erstellung regelmäßiger Lageinformationen über die Situation in Japan basierend auf den Meldungen der IAEA, der EU, anderer Behörden und zusätzlicher Informationsquellen (z.B. Wetterprognosen der ZAMG, Betreiberinformationen TEPCO, Medien) und daraus resultierend die Empfehlung von Maßnahmen österreichischer Behörden. In den ersten Wochen wurden je nach Informationsstand täglich durchschnittlich zwei (öffentlich verfügbare) Lageinformationen und zwei BMLFUW-interne Lageupdates erstellt. Zusätzlich wurden telefonische und schriftliche Anfragen der Bevölkerung beantwortet.

Reisen nach Japan/Auslandsösterreicher in Japan (BMEIA – Außenministerium)

Folgende Anweisungen wurden gegeben:

- den Anweisungen der lokalen Behörden Folge leisten
- partielle Reisewarnung für den Nordosten von Japan (der Insel Honshu) ab 15. März
- Empfehlung für Österreicher den Nordosten von Japan zu verlassen ab 15. März (auch Großraum Tokio)
- Auslandsösterreicher wurden aufgefordert, ihren Aufenthaltsort der österreichischen Botschaft bekannt zu geben.

Empfehlungen für die Botschaften

Ähnlich wie andere Botschaften wurde auch die österreichische Botschaft temporär am 14. März von Tokio nach Osaka verlegt. Für die Rückkehr nach Tokio wurde eine Bewertung der Abt. I/7 Strahlenschutz im BMLFUW eingeholt. Da die Botschaften der Schweiz und Deutschlands ebenfalls temporär nach Osaka verlegt worden waren, wünschten die deutschsprachigen Botschaften ein mit den Experten Österreichs, der Schweiz und Deutschlands gemeinsames Vorgehen, was schließlich am 28. März zu einer abgestimmten radiologischen Bewertung führte und die Botschaften daraufhin wieder nach Tokio zurückkehrten.

Die Bewertung der Situation (BMLFUW unter Mitwirkung des BMG) stützte sich auf die aktuelle radiologische Lage in Tokio. Zur Abschätzung einer möglichen Gefährdung durch weitere Freisetzungen wurden Worst Case Szenarien angenommen.

Grundlagen für die Bewertung bildeten:

- Berechnungen mit dem Entscheidungshilfeprogramm RODOS (Adaptierung durch das Karlsruher Institut für Technologie um Rechnungen für Japan zu ermöglichen)
- vorliegende Informationen von:
 - IAEA
 - Japanische Aufsichtsbehörde (NISA)
 - Messergebnisse des Japanischen Strahlenfrühwarnsystems (SPEEDI) und anderer japanischer Messergebnisse (Umweltmessungen)

Es erfolgte keine Empfehlung zur Einnahme von KI-Tabletten an die Mitarbeiter der österreichischen Botschaft (KI-Tabletten sind in den österreichischen Botschaften für das österreichische Botschaftspersonal, deren Angehörige sowie Angestellte der Botschaften standardmäßig vorverteilt).

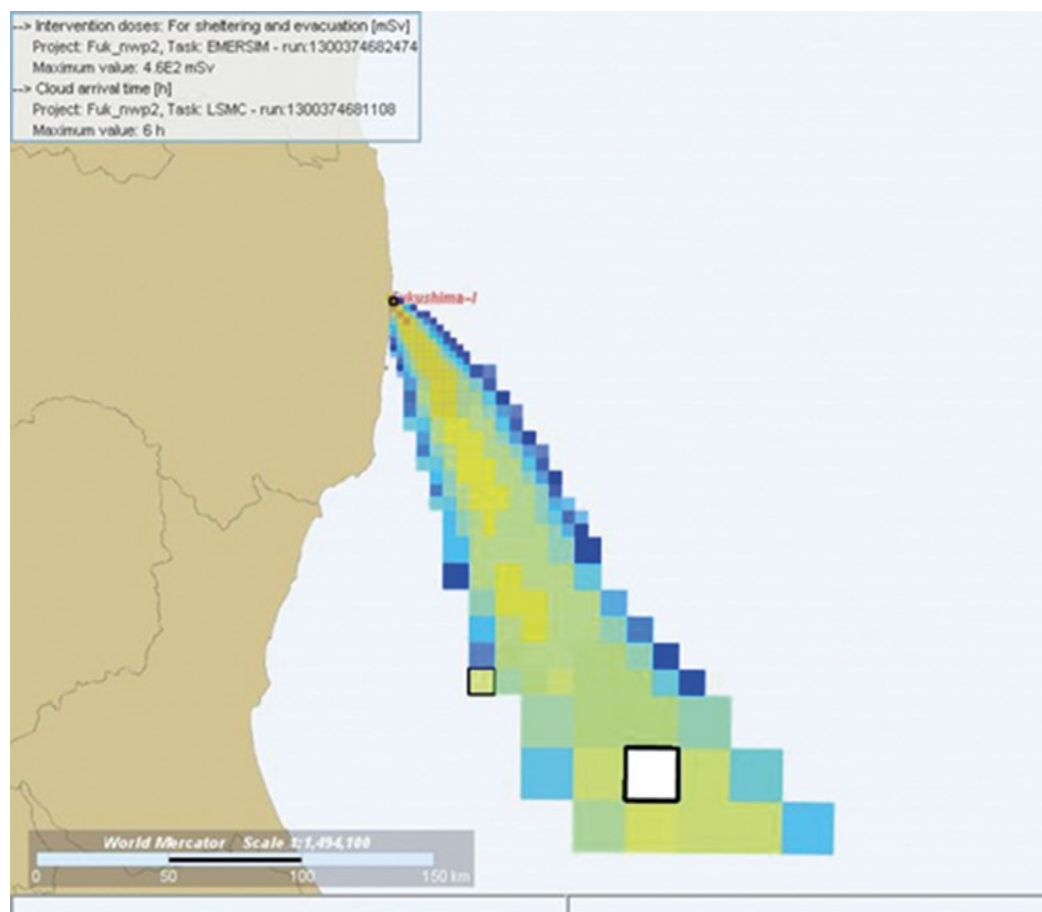


Abbildung: Berechnungsergebnisse mit dem Entscheidungshilfeprogramm RODOS

Quelle: BMLFUW.

GO-Team Einsatz (BMEIA, BM.I)

Zwei Polizisten (ein Offizier des Einsatzkommandos Cobra sowie ein Spezialist für Katastrophenopferidentifikation) und ein Strahlenschutzexperte des BM.I waren vom 12. März bis zum 3. April 2011 zur logistischen Unterstützung der österreichischen Vertretungsbehörde sowie zur Hilfestellung von eventuell betroffenen Österreicherinnen und Österreichern in Japan.

Der Einsatzort war anfänglich die vorübergehend nach Osaka in das österreichische Honorargeneralkonsulat verlegte Botschaft. Nach einer mehrtägigen Mission in Tokio (zur radiologischen Überprüfung der Botschaft) und dem persönlichen Aufsuchen von Auslandsösterreicherinnen und -österreichern kehrte das GO-Team wieder nach Osaka zurück und begleitete anschließend die Rückverlegung der Botschaft nach Tokio.

Weitere Aufgaben waren die fachliche Beratung bei der Interpretation der zahlreichen Fachinformationen, Internet- und Medienquellen, die radiologische Sicherung des Einsatzes durch standardisierte Dosisleistungsmessungen, Nuklidanalysen sowie die Überprüfung von Gebäuden der österreichischen Vertretungen und die Mitwirkung im Expertenteam der deutschen und Schweizer Vertretungen.

Die Strahlenmessdaten wurden in das EU-Krisennetzwerk eingepflegt. Die österreichischen Strahlenmessdaten waren die ersten Meldungen, die von den Messungen des EU-Civil Protection Teams bestätigt wurden.

Intensivierung der Umweltmessungen in Österreich

Für die Messungen der bodennahen Luft wurden die Sammelintervalle teilweise verkürzt.

ZEITRAUM: MESSUNGEN MIT TÄGLICHEM FILTERTAUSCH

Ort	von	bis
Wien	21. März	15. April
Linz	24. März	11. April
Seibersdorf	23. März	15. April
Sonnblick	20. März	22. April

Tabelle: Zeitraum für verschiedene Orte in Österreich, an denen täglich (statt normalerweise wöchentlich) ein Filtertausch vorgenommen wurde

Quelle: AGES Fachbereich Strahlenschutz.

Nach den angegebenen Zeiträumen wurden die Filter schrittweise wieder einem wöchentlichen Rhythmus angepasst. Niederschlagsproben wurden ebenfalls (abhängig von der Wetterlage) in kürzeren Intervallen gemessen. Detaillierte Informationen zu den Umweltmessungen sind im Kapitel 5 zu finden.

Information an andere Behörden

Die von der Abt. Strahlenschutz im BMLFUW verfassten Lageinformationen wurden über das EKC (BMI) an die betroffenen Ministerien und an die Bundesländer (über die Landeswarnzentralen) verteilt. Zusätzlich wurden regelmäßig Dokumente der japanischen Behörden oder der IAEA auf die „Radiologische Lagedarstellung“ hochgeladen.

Auf Wunsch der Bundesländer fand am 16. März 2011 ein Informationstreffen mit Strahlenschutzexperten aus den Bundesländern, dem BMLFUW und dem BMG statt. Regelmäßige Treffen der sogenannten „7er Lage“ sorgten für einen Informationsaustausch zwischen den folgenden offiziellen Stellen: BKA, BMEIA, BMG, BM.I, BMLFUW, BMLVS und BMUKK.

Information der Öffentlichkeit

Am 12. März 2011 wurde im BM.I ein Call-Center eingerichtet, wobei der fachliche Input laufend durch die fachlich zuständigen Behörden erfolgte. Trotz der Existenz und starken Nutzung des Call-Centers war dennoch eine große Anzahl von telefonischen und schriftlichen Anfragen durch die Mitarbeiter der Abt. I/7 Strahlenschutz des BMLFUW zu bearbeiten. Viele Informationen wurden auch im Internet auf den Seiten des BMLFUW und BMG bereitgestellt. Die aktuellen Lageinformationen wurden auf der Homepage des BMLFUW veröffentlicht (www.strahlenschutz.gv.at).

Die wichtigsten kommunizierten Inhalte betrafen die folgenden Punkte:

- die Lage im KKW Fukushima
- die Lage (und Abschätzung einer Lageentwicklung) in den betroffenen Regionen
- Lebensmittelüberwachung in Österreich
- Empfehlungen und Ratschläge für die Bevölkerung
- Umweltmessungen in Österreich (Ortsdosisleistung, Luft, Niederschlag)
- Dosisabschätzungen

6.3 VERGLEICH: MASSNAHMEN INTERNATIONAL

Von der NEA (Nuclear Energy Agency der OECD) wurde auf Initiative der IACRNE (Inter-Agency Committee on Radiological and Nuclear Emergencies) anhand eines Fragebogens eine Zusammenfassung erstellt, die die behördlichen Entscheidungen und Empfehlungen der einzelnen Staaten thematisch auflistet.

Die Themenbereiche umfassen folgende Punkte (fünf Fragenbereiche und zwei Zusätze):

- Maßnahmen in Bezug auf eigene Staatsbürger oder Besucher in Japan
- Überwachung von Rückkehrern aus Japan (Rückkehrer per Flugzeug)
- Überwachung von Lebensmittel und Waren aus Japan
- Maßnahmen in Bezug auf die Iodblockade für eigene Staatsbürger in Japan
- Empfehlungen bezüglich der Überwachung von Passagieren, Personal, Gepäck, Transporten, Kabinen und Außenflächen und deren technische Grundlagen
- Umweltüberwachung
- Aktivierung eines Call-Centers

Insgesamt beantworteten 34 Staaten (26 davon Mitgliedstaaten der NEA) den Fragebogen. Die hier wiedergegebene Zusammenfassung bezieht sich auf die Fassung vom 20. April 2011 und ist somit eine Momentaufnahme für die Zeit nach dem Unfall. Im Rahmen der NEA wurde beschlossen, trotz aller Einschränkungen durch fehlende oder unvollständige Angaben die Ergebnisse zu evaluieren um bei zukünftigen Ereignissen eine abgestimmte Herangehensweise zu begünstigen.

Themenbereich 1: Maßnahmen in Bezug auf eigene Staatsbürger oder Besucher in Japan

Der Großteil der im Fragebogen erfassten Staaten empfahl ihren Staatsbürgern zumindest, das betroffene und potentiell betroffene Gebiet zu verlassen und Reisen nach Japan nur im Notfall zu unternehmen, wobei sich die Auffassung, was „betroffene Gebiete“ sind oder sein könnten zum Teil stark unterschied. Im Allgemeinen waren aber 80 km um Fukushima Dai-ichi als zu vermeidende Zone angegeben, wobei auch der Großraum Tokio oft zu dem potentiell betroffenen Gebiet gezählt wurde. Einige Staaten empfahlen ihren Staatsbürgern generell Japan zu verlassen und stellten zum Teil auch den Transport zur Verfügung.

Viele Staaten forderten ihre Staatsbürger auf, sich bei der jeweiligen Botschaft zu melden. Teilweise wurde auch Information über die Botschaften angeboten oder Fachpersonal eingeflogen. Fast alle Staaten empfahlen ihren Staatsbürgern, die Anweisungen der japanischen Behörden Folge zu leisten.

Themenbereich 2: Überwachung von Rückkehrern aus Japan (Rückkehrer per Flugzeug)

Der Großteil der im Fragebogen erfassten Staaten sprach keine (gesonderte) Empfehlung zur Überwachung von Rückkehrern aus. Es wurden den Rückkehrern in vielen Staaten Informationen, in einigen Staaten auch die Möglichkeit einer Messung, angeboten.

Manche Staaten arbeiteten Fragebögen aus, die die Rückkehrer ausfüllen sollten, um das Risiko einer Belastung abschätzen und somit weiterer Maßnahmen, so nötig, planen zu können.

Norwegen beispielsweise empfahl Staatsbürgern, die sich innerhalb der 30 km Zone aufgehalten hatten, vor ihrer Rückkehr die Kleidung zu wechseln und zu duschen. Bereits zurückgekehrten Staatsbürgern aus der 30 km Zone wurde eine Kontaktmöglichkeit für die Beschaffung von weiteren Informationen gegeben. Spanien hingegen empfahl jedem Rückkehrer, der Bedenken hatte, das Waschen von Kleidung und gründliches Duschen.

Gänzlich anders reagierte das deutsche Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Am 23. März 2011 wurde eine Verordnung mit der Gültigkeit von zwei Monaten erlassen, in der ein Kontaminationsgrenzwert von 1 kBq/cm² für die Außenflächen von Flugzeugen (direkt aus Japan) angegeben war. Das entspricht einer Dosisleistung von 5 µSv/h in 1 m Entfernung. Darüber hinaus wurden Empfehlungen ausgesprochen, die Kontaminationsgrenzwerte für Haut und Kleidungsstücke, Fracht und Handgepäck zum Inhalt hatten (4 Bq/cm²). [Anmerkung: Dieser Wert entspricht dem in den „IAEA Safety Standards: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material“ (No. TS-R-1) angegebenen Wert für entfernbare Kontaminationen (Beta- und Gammastrahler sowie Alphastrahler mit niedriger Radiotoxizität).]

Themenbereich 3: Überwachung von Lebensmitteln und Waren aus Japan

Das meiste Augenmerk wurde naturgemäß auf den Import von Lebens- und Futtermitteln gelegt. Mitgliedstaaten der EU überprüften Lebens- und Futtermittel entsprechend der EU-Durchführungsverordnung und ihrer Anpassungen, wobei teilweise lückenlose Kontrollen durchgeführt wurden. In den Nicht-EU-Staaten wurden Lebens- und Futtermittel aus Japan ebenfalls überprüft, auch hier teilweise stichprobenartig, aber in manchen Staaten auch lückenlos. Korea, zum Beispiel, überprüfte an jedem Hafen importierte japanische Produkte aus den Bereichen landwirtschaftliche Produkte, forstwirtschaftliche Produkte, verarbeitete Nahrungsmittel und Nahrungsmittelzusätze bzw. -ergänzungen. Die angewandten Richtwerte lagen deutlich unter den japanischen Werten: für I-131 150 Bq/kg bei Milch und Milchprodukten und 300 Bq/kg bei allen anderen Lebensmitteln; für die Summe von Cs-134 und Cs-137 bei allen Lebensmitteln 370 Bq/kg.

Eine wichtige Rolle spielten die in Japan anhand von Messungen ausgestellten Zertifikate und Erklärungen – so wiesen einige Nicht-EU-Staaten gesondert darauf hin, dass auch sie Lebensmittel ohne Zertifikat nicht annehmen würden. Das Thema der Überwachung von Handelswaren (außer Lebens- und Futtermittel) wurde in den Staaten sehr unterschiedlich gehandhabt. Viele Länder argumentierten mit den bereits durchgeführten Messungen und Zertifikaten vor allem bei japanischen Handelswaren für die Unbedenklichkeit. Trotzdem wurden in etlichen Staaten zumindest stichprobenartige Kontrollen oder Messungen vor Ort mittels Portalmonitoren oder handgehaltenen Geräten durchgeführt. Deutschland hatte als einziges Land (laut Fragebogen der NEA) tatsächliche Grenzwerte für die Oberflächenkontamination von Fracht (4 Bq/cm², siehe auch Themenbereiche 2 und 5) eingeführt.

Die Empfehlung der EU-Kommission (15. April 2011), in den europäischen Häfen Schiffe und Schiffscontainer aus Japan auf eine mögliche Kontamination zu überprüfen, bezog sich nur auf eine Ortsdosisleistung mit einem Richtwert von 0,2 µSv/h in 1 m Abstand.

Themenbereich 4 (Maßnahmen in Bezug auf die Iodblockade für eigene Staatsbürger in Japan)

Obwohl die japanischen Behörden die Verteilung von Iod-Tabletten an die Bevölkerung im Bedarfsfall angekündigt hatten, sendeten viele Staaten Iod-Tabletten an die Botschaften, entweder nur für Botschaftspersonal oder teilweise auch für die eigenen Staatsangehörigen in Japan. Es wurde aber stets, bis auf eine Ausnahme, darauf hingewiesen, dass eine Einnahme nur auf Empfehlung der japanischen Behörden oder teilweise auch durch die zuständige Behörde im jeweiligen Staat erfolgen sollte.

Die Ausnahme hierzu bildete Schweden. Am 19. März 2011 empfahlen die schwedischen Behörden ihren Staatsbürgern, das Gebiet mit einem Radius von 250 km (beinhaltet den Großraum Tokio) um das KKW Fukushima Dai-ichi zu verlassen und bei Verbleib als Vorsichtsmaßnahme jeden dritten Tag eine Iod-Tablette mit der Dosierung laut Beipacktext einzunehmen. Diese Einnahme-Empfehlung wurde am 19., 23. und 25. März neu bewertet und bestätigt. Erst am 28. März 2011 wurde diese Empfehlung revidiert.

Themenbereich 5: Empfehlungen bezüglich der Überwachung von Passagieren, Personal, Gepäck, Transporten, Kabinen und Außenflächen (Flugzeuge und Schiffe) und deren technische Grundlagen

Die Vorgehensweisen der einzelnen Staaten waren sehr unterschiedlich. Viele Staaten erachteten eine Überwachung als nicht notwendig. Andere führten zwar keine Messungen durch, empfahlen aber dem Personal und/oder Passagieren Hygienemaßnahmen wie gründliches Händewaschen oder, wie im Falle von Belgien, zusätzlich vorsorglich das Deck der Schiffe mit Wasser abzuspritzen.

Wenn eine Überwachung bei Personen durchgeführt wurde, dann auf freiwilliger Basis. Transporte, sowie Innen- und Außenflächen von Schiffen wurden auch innerhalb der Gruppe der Staaten, die Messungen durchführten, unterschiedlich gehandhabt.

Korea verwendete für Personen und Gegenstände den von der IAEA empfohlenen Richtwert („Manual for First Responders to a Radiological Emergency“) von 1 $\mu\text{Sv/h}$ Ortsdosisleistung in 10 cm Entfernung.

Deutschland hatte seit dem 23. März die bereits erwähnte Verordnung betreffend die Außenflächen von Flugzeugen in Kraft (siehe auch Themenbereiche 2 und 3) gesetzt. Personen, die aus der Umgebung des KKW zurückkehrten, wurden in Deutschland auf freiwilliger Basis gemessen.

Zusatz: „Umweltüberwachung“

In allen Staaten, die auf den Fragebogen geantwortet haben, findet routinemäßig eine kontinuierliche Umweltüberwachung statt. In vielen Staaten wurden diese Messungen intensiviert.

Zusatz: „Aktivierung eines Call-Centers“

Die Antworten auf diesen zusätzlichen Punkt umfassten meistens mehr als nur die Einsetzung eines Call-Centers. Viele Staaten aktivierten Call-Center oder zumindest zusätzliche Leitungen, entweder permanent besetzt oder zu den normalen Arbeitsstunden. Es wurde aber offensichtlich davon ausgegangen, dass der Hauptteil an Information über das Internet abgerufen wird. Auch soziale Netzwerke wie Facebook oder Twitter wurden genutzt.

Nach einer ersten Zusammenfassung der NEA ergab sich Folgendes:

Insgesamt beantworteten 34 Staaten (26 davon Mitgliedstaaten der NEA) den Fragebogen. Die hier wiedergegebene Zusammenfassung bezieht sich auf die Fassung vom 20. April 2011 und ist somit eine Momentaufnahme für die Zeit nach dem Unfall.

Die in Klammern gesetzten Zahlen geben die Anzahl der Staaten an, die entsprechende Maßnahmen durchgeführt haben.

Betreffend Staatsbürger im Unfallland (Empfehlungen):

- den Anweisungen der japanischen Behörden Folge leisten (28)
- die 80 km Zone um Fukushima Dai-ichi verlassen (13)
- keine Empfehlungen zur Einschränkung des Flugverkehrs (25 Staaten sprachen Reisewarnungen/-empfehlungen aus)
- nicht notwendige Reisen nach Japan unterlassen und unter Umständen den Raum Tokio verlassen (13)
- Flugzeuge für Rückkehrer bereitstellen (7)
- Iodtabletten wurden an die Botschaften in Japan geschickt (13)
- Einnahme von Iodtabletten nur auf Anweisung der japanischen Behörden (16)

Betreffend die Überwachung (Personen, Lebensmittel, Waren, Umwelt ...):

- medizinische und radiologische Überwachung (auf freiwilliger Basis)
 - Schilddrüse und Ganzkörperzähler (7)
 - spezielle Anweisungen an den Zoll zur Überwachung von Passagieren, Gepäck, Transporten und Flugzeugen aus Japan (6)
 - Empfehlung an Personen aus betroffenen Gebieten sich einer Messung (nicht Vor-Ort) zu unterziehen (2)
- Überwachung von Lebensmitteln entsprechend den EU-Verordnungen (19)
- alle aus Japan importierten Waren müssen durch eine spezielle Zollstelle (2)
- kontinuierliche Umweltüberwachung intensiviert durch Erhöhung der Frequenz (8)

Kommunikation:

- Aktivierung von Call-Centers für die Bevölkerung (18)
- Dienstzeiten wurden erweitert (6)
- Bereitstellung von Informationen auf Webseiten (beinhaltet FAQs und Q&A) (15) und sozialen Netzwerken (Twitter und Facebook)
- Staaten lieferten unterschiedliche Mengen an Information zu unterschiedlichen Zeitpunkten in der Unfallentwicklung

6.4 LITERATUR

[1] Verordnung (Euratom) 2016/52 des Rates vom 15. Januar 2016 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Lebens- und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder eines anderen radiologischen Notfalls und zur Aufhebung der Verordnung (Euratom) Nr. 3954/87 des Rates und der Verordnungen (Euratom) Nr. 944/89 und (Euratom) Nr. 770/90 der Kommission

[2] Homepage des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG)

http://bmg.gv.at/home/Schwerpunkte/Gesundheitsfoerderung_Praevention/Strahlenschutz/Ueberwachung_von_Lebensmitteln_aus_Japan_auf_Radioaktivitaet

7. LESSONS LEARNT

AUS DEM KATASTROPHALEN Reaktorunfall in Tschernobyl wurden weltweit Erkenntnisse gewonnen und Verbesserungsmaßnahmen ergriffen. Auch nach Fukushima konnten eine Reihe von Maßnahmen zur Prävention und zur Eindämmung von Unfallfolgen identifiziert werden. Wichtig ist es diese Erfahrungen zu nutzen um noch effektiver für zukünftige Ereignisse gerüstet zu sein.

7.1 LESSONS LEARNT INTERNATIONAL

Im Gegensatz zu Tschernobyl wurde der Kernkraftwerksunfall im japanischen Fukushima durch eine Naturkatastrophe, ein anlagenexternes Ereignis, verursacht. Auslöser war bekanntlich ein sehr starkes Seebeben, das größte seit Beginn der japanischen Erdbebenaufzeichnungen. Dieses führte zu einem Tsunami, der im März 2011 weite Teile der Nordostküste der japanischen Hauptinsel Honshu überflutete und einen hunderte Kilometer langen Küstenstreifen komplett verwüstete. Mehr als 15.000 Menschen kamen durch diese Naturkatastrophe ums Leben [1]. Das Erdbeben und der nachfolgende Tsunami hatten darüber hinaus auch fatale Auswirkungen auf die im betroffenen Küstenabschnitt liegenden Kernkraftwerksanlagen, insbesondere auf die Anlage Fukushima 1.

Bedingt durch das Beben und den Tsunami kam es in Fukushima 1 zu einem Ausfall aller Sicherheitssysteme und dadurch zu einer massiven Freisetzung radioaktiver Stoffe. Erschwerend war der Umstand, dass in Fukushima nicht nur ein Reaktorblock betroffen, sondern gleich vier der insgesamt sechs Blöcke der Anlage außer Kontrolle gerieten (die beiden restlichen waren gerade wegen Wartungsarbeiten abgeschaltet). In drei Blöcken kam es dabei zur Kernschmelze. Zusätzlich waren die Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente in den Blöcken 1 bis 4 havariert.

Fukushima hat vor allem gezeigt, wie eingeschränkt die Handlungsmöglichkeiten des Notfallmanagements sein können, wenn gleichzeitig mit der radiologischen Schadensbegrenzung auch gegen die Auswirkungen einer Naturkatastrophe in und außerhalb der Anlage gekämpft werden muss. Es hat sich überdies gezeigt, dass die erste Phase des KKW-Unfalls durch einen gravierenden Mangel an wichtigen notfallrelevanten Informationen (Ausmaß der Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umwelt, Prognosen über deren Verfrachtung, Ausfälle von Messsonden, etc.) gekennzeichnet war und dass die damit einhergehenden Entscheidungsgrundlagen für Schutzmaßnahmen (vgl. [1]) weitgehend gefehlt haben.

Gemäß den nunmehrigen Dosisabschätzungen [1] ist damit zu rechnen, dass die gesundheitlichen Auswirkungen der Strahlung auf die Bevölkerung bei Fukushima im Vergleich zu Tschernobyl gering sind. Dies ist zum einen auf die niedrigere Freisetzungsmenge von radioaktiven Stoffen zurückzuführen, zum anderen auf bessere Schutzmaßnahmen. Zusätzlich wies die vorherrschende Windrichtung während des Unfalls Richtung offenes Meer und nicht in Richtung des dicht besiedelten Landesinneren. Fukushima hat aber auch wieder deutlich aufgezeigt, dass Nuklearunfälle stets massive nichtradiologische Auswirkungen bei den Betroffenen nach sich ziehen. So kam es durch die Evakuierung von bis zu hunderttausend Menschen während des raschen Abtransports und kurz danach vermehrt zu Todesfällen. Besonders viele Opfer verursachte die rasche Evakuierung von Krankenhäusern. Ebenso manifest wie nach Tschernobyl sind die massiven psychischen Auswirkungen bei den meisten Betroffenen [1].

Ähnlich wie bei Tschernobyl hat sich auch in Fukushima wieder gezeigt, dass bei den Dekontaminierungs- und Aufräumarbeiten große Mengen an radioaktivem Material anfallen, deren Lagerung und Entsorgung in der Spätphase der Katastrophe eine enorme Herausforderung darstellt.

In den beiden Berichten der japanischen Regierung an die IAEA nach dem Unfall im KKW Fukushima (vgl. Bericht der japanischen Regierung, Juni 2011 [2] und Sept. 2011 [3]) wurden insgesamt 28 Verbesserungspunkte in folgenden vier Bereichen identifiziert:

- präventive Maßnahmen zur Vermeidung schwerer KKW-Unfälle (z.B. durch besseren Schutz gegen Erdbeben, Tsunamis und andere Naturkatastrophen)
- Notfallmaßnahmen zur Eindämmung der Folgen schwerer Reaktorunfälle (z.B. durch anlageninterne Maßnahmen und durch Training des Anlagenpersonals für schwere Unfälle)
- Notfallmanagement außerhalb der Anlage und Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung nach KKW-Unfällen (beispielsweise durch Verbesserungen bei der Anlagen- und Umweltüberwachung und bessere internationale Kommunikation bei schweren Unfällen)
- Sicherheitsinfrastruktur bei den KKW und Sicherheitskultur (z.B. durch Stärkung der Aufsichtsbehörden, Verbesserungen im Regelwerk, Aufstockung des Personals und der Ressourcen für das Notfallmanagement)

Auf internationaler Ebene hat Fukushima eine Reihe an Verbesserungsmöglichkeiten im Bereich des Notfallmanagements nach schweren KKW-Unfällen aufgezeigt. Diese Verbesserungen sind in die neue Strahlenschutzgrundnorm der EU (Richtlinie 2013/59/EURATOM) [4] und in die aktuellen Sicherheitsstandards der IAEA (IAEA GSR Part 7) [5] eingeflossen. Sie umfassen folgend Eckpunkte:

- Erweiterung der Notfallplanung auf Szenarien, die durch Naturkatastrophen verursacht werden und welche die Handlungsfähigkeit des Notfallmanagements einschränken. Einbeziehung von Unfallszenarien, bei denen - wie bei Fukushima - gleichzeitig Probleme in mehreren Reaktorblöcken oder an Lagerbecken mit abgebrannten Brennelementen auftreten.
- Einrichtung eines umfassenden Notfallmanagementsystems, das regional und national auf klaren Zuständigkeiten basiert. Darüber hinaus klare Festlegungen, wie verschiedene Behörden und Notfallorganisationen zu kooperieren haben.
- Entwicklung von Schutzstrategien, die sich an den verschiedenen Phasen eines nuklearen Notfalls orientieren und die aufeinander abgestimmt sind, anstatt dem Ergreifen einzelner individueller Maßnahmen. Detaillierte Planung von Strategien für verschiedene Unfallszenarien, mit dem Ziel, die jeweils erforderlichen Schutzmaßnahmen im Anlassfall auch bei spärlich vorhandener Informationslage möglichst rasch und richtig zu ergreifen. Festlegung von einfachen und robusten Auslösekriterien für Schutzmaßnahmen, welche sich am Anlagenzustand und an den im Voraus festgelegten Messwerten orientieren.
- Ausweitung der Rolle der IAEA [6]:
 - aktive Rolle der IAEA bei der Bewertung von Notfällen (z.B. Analysen zum Unfallverlauf und den radiologischen Auswirkungen)
 - Stärkung der internationalen Kommunikation, insbesondere der frühzeitigen Informationsweitergabe, bei nuklearen Unfällen
 - Stärkung der Mechanismen zur internationalen Hilfeleistung bei Nuklearunfällen
 - Ausweitung der IAEA Missionen zur Überprüfung der Notfallplanungen (EPREV) und der Aufsichtsbehörden (IRRS) der Mitgliedsstaaten.
- Ausweitung der Zusammenarbeit zwischen Nachbarstaaten in der Vorbereitung auf und beim Eintritt eines nuklearen grenzüberschreitenden Notfalls. Engere Abstimmung aller betroffenen Staaten, was die Abschätzung möglicher Auswirkungen eines KKW-Unfalls sowie erforderliche Maßnahmen zum Schutz und zur Information der Bevölkerung angeht.
- Entwicklung von Strategien und Maßnahmen zur Eindämmung von psychologischen Auswirkungen von Nuklearunfällen. Umfassende Kommunikation mit der Bevölkerung zur Vorbereitung und im Verlauf eines nuklearen Notfalls. Zeitgerechte Information, die auch für Laien verständlich ist und die auf Verunsicherungen in der Bevölkerung eingeht. Einbeziehung von Interessenträgern im Rahmen des Notfallmanagementsystems, insbesondere bei der Ausarbeitung von Schutzstrategien.
- Regelungen die Abfallproblematik betreffend, die sich in der Spätphase eines schweren KKW-Unfalls infolge Dekontaminierungs- und Aufräumarbeiten ergibt.

Fukushima hat auch aufgezeigt, dass bei schweren Nuklearunfällen selbst in weit entfernten Staaten, wie in diesem Fall Österreich, Handlungsbedarf für die Behörden besteht. In Österreich war dies insbesondere bei der Information der Bevölkerung, bei Reiseempfehlungen bzw. Reisewarnungen, dem Schutz von Auslandsösterreichern im Unfallgebiet und der Verlegung von Botschaften und diplomatischem Personal der Fall. Diese Maßnahmen wurden von vielen Staaten weder untereinander noch mit dem Unfallland ausreichend koordiniert. Als eine Möglichkeit für eine bessere Abstimmung von Maßnahmen bei weit entfernten KKW-Unfällen im Voraus und im Anlassfall wären Vorgaben der EU für ihre Mitgliedsstaaten zielführend.

7.2 LESSONS LEARNT FÜR ÖSTERREICH

Einige zentrale Erkenntnisse aus Fukushima für Österreich sind im Folgenden dargestellt:

- Auch weit entfernte KKW-Unfälle ohne direkte Auswirkungen auf Österreich führen zu großer medialer und öffentlicher Aufmerksamkeit, nicht zuletzt durch die Globalisierung der Information. Eine transparente und pro-aktive Informationspolitik kann dazu beitragen, dass eine unnötige Verunsicherung der Bevölkerung vermieden wird. Für diesen Zweck wurde ein Krisenkommunikationsplan erstellt, der als Grundlage für eine möglichst gut aufeinander abgestimmte Koordination aller zuständigen Behörden und involvierten Dienststellen dient. Die Konzepte zur Information der Bevölkerung im Fall von nuklearen Unfällen wurden in diesem Sinn erweitert und werden vermehrt in Übungen auf ihre Praxistauglichkeit getestet.
- Wie bereits dargelegt wurde sind die Erfahrungen und Verbesserungsmaßnahmen aufgrund des KKW-Unfalls in Fukushima in die neue Strahlenschutzgrundnorm der EU (Richtlinie 2013/59/EURATOM) und die aktuellen Sicherheitsstandards der IAEA (IAEA GSR Part 7) eingeflossen. Derzeit laufen die Arbeiten an der Übernahme dieser Regelungen in österreichisches Recht - konkret in eine Neufassung des Strahlenschutzgesetzes und der zugehörigen Verordnungen.
- Die internationale Zusammenarbeit im nuklearen und radiologischen Notfallmanagement, insbesondere mit den Nachbarstaaten, soll weiter vertieft werden. Dies betrifft insbesondere
 - den Informationsaustausch in Anlassfällen,
 - die Abstimmung bei der Bewertung von möglichen Auswirkungen von KKW-Unfällen und der Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung (Maßnahmenstrategie) und
 - die vermehrte Durchführung gemeinsamer Notfallübungen, um die Vorkehrungen zu testen und zu verbessern.

7.3 LITERATUR

- [1] IAEA 2015, The Fukushima Daiichi Accident, Report by the Director General, GC(59)/14
<http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10962/The-Fukushima-Daiichi-Accident>
- [2] Bericht der japanischen Regierung, Juni 2011, Erster Bericht der japanischen Regierung an die IAEA über den Unfall in TEPCOs KKW Fukushima, japanische Regierung
http://www.kantei.go.jp/foreign/kan/topics/201106/iaea_houkokusho_e.html
- [3] Bericht der japanischen Regierung, Sept. 2011, Zusätzlicher (Zweiter) Bericht der japanischen Regierung an die IAEA über den Unfall in TEPCOs KKW Fukushima, japanische Regierung
http://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/iaea/iaea_110911.html
- [4] Richtlinie 2013/59/EURATOM, Richtlinie des Rates zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2014:013:0001:0073:DE:PDF>
- [5] IAEA GSR Part 7, General Safety Requirements GSR Part 7, 2015,
http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P_1708_web.pdf
- [6] IAEA Action Plan on Nuclear Safety, Sept. 2011
<https://www.iaea.org/sites/default/files/actionplan-ns.pdf>



**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH**

bmlfuw.gv.at

FÜR EIN LEBENSWERTES ÖSTERREICH.

UNSER ZIEL ist ein lebenswertes Österreich in einem starken Europa: mit reiner Luft, sauberem Wasser, einer vielfältigen Natur sowie sicheren, qualitativ hochwertigen und leistbaren Lebensmitteln.

Dafür schaffen wir die bestmöglichen Voraussetzungen.

WIR ARBEITEN für sichere Lebensgrundlagen, eine nachhaltige Lebensart und verlässlichen Lebensschutz.



**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH**