

Fukushima

Grenzwerte und Richtwerte

Wiederholungs
unterweisung
2011/12

Dr. Thomas Haug

Isotopenlabor der Universität Tübingen,
Auf der Morgenstelle 24, 72076 Tübingen
Tel.: 07071-29 77874, Fax 07071-29 4193,
e-mail: thomas.haug@uni-tuebingen.de
www.uni-tuebingen.de/Isotopenlabor



ISOTOPENLABOR
& STRAHLENSCHUTZ

Fukushima_Grenz- & Richtwerte 111011, 11.10.11

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN



- **Einleitung**
 - ◆ Ereignisablauf
 - ◆ Maßnahmen
- **Grenz- und Richtwerte**
 - ◆ Strahlendosisgrenzwerte für Tätige
 - ◆ Dosisrichtwerte im Notfallschutz
 - ◆ Abgeleitete Grenzwerte & Richtwerte
- **Natürliche & zivilisatorische Strahlenexposition**
- **Fazit**

11.3.2011 – Tsunami nach dem Erdbeben

11.3.2011 14:46 / 2:46
p.m.



ARD, 2011-03-20



City of Natori – Flutkatastrophe



City von Minamisanriku in Miyagi – Auswirkungen des Tsunami



Diese atomare Katastrophe findet inmitten der Verwüstung statt, die der Tsunami angerichtet hat, hier in der Stadt Minamisanriku in Miyagi. Allein in der Präfektur Miyagi sind mehr als 10.000 Menschen vermisst. Die Zahl der Todesopfer ist noch ungewiss.

ARD, 2011-03-20
(Foto: dapd)

Was geschah am 11.03.2011

11.3.2011 14:46 / 2:46 p.m.

■ Erdbeben erschüttert das Gebiet um den Tohoku Distrikt

Das Erdbeben im Pazifischen Ozean erschütterte u.a. den Tohoku Distrikt und die darauffolgende Tsunami Wellen überfluteten die Fukushima Dai-ichi and Fukushima Dai-ni Kernkraftwerke ("Fukushima NPS") der Tokyo Electric Power Co. (TEPCO) um **14:46 (JST) am 11.03. 2011**. Ein nuklearer Unfall folgte in noch nie da gewesenen Ausmaß und über einen längeren Zeitraum.

Das Erdbeben ereignete sich in einem Gebiet wo die Pazifische Platte sich unter die North Amerikanische Plate schiebt. Die **Erdbebenstärke nahmen Werte bis 9.0** der Richterskala an. Das waren die höchste Stärke, die jemals in Japans Geschichte gemessen wurde. Seismische Zentrum befand sich bei Breitengrad 38.1 Nord, Langengrad 142.9 Ost und 23.7km Tiefe.

■ Die Küste des Tohoku Distrikt wurden samt den Fukushima Dai-ichi and Fukushima Dai-ni Kernkraftwerke überflutet

In Folge brachen **Tsunamis** in einer Serie von 7 Wellen über die Küste des Tohoku Distrikt ein und überfluteten ein Gebiet von **561km²**. **Max. Wasserstand > 39,7 m**. Im Juni werden noch **25,000 Personen vermisst gemeldet** oder sind **umgekommen**.



Fukushima KKWs - Ereignisablauf

Auswirkungen der Tsunami-Wellen

11.03.2011 2:46 p.m. / 14:46

- Erdbeben erschüttert die Küstenbereich von Ost Japan

11.3.2011 3 p.m. / 15:00

- **Alle 9 von 10 externen Stromversorgungen** – die mit Fukushima NPS verbunden sind – **fielen aus. Nur eine** von ihnen **verblieb in Funktion.**

11.3.2011 3:23 p.m. / 14.23

- Erste große Tsunami Welle (Höhe der Wellen ca. 15 m)

11.3.2011 3:35 p.m. / 14.35

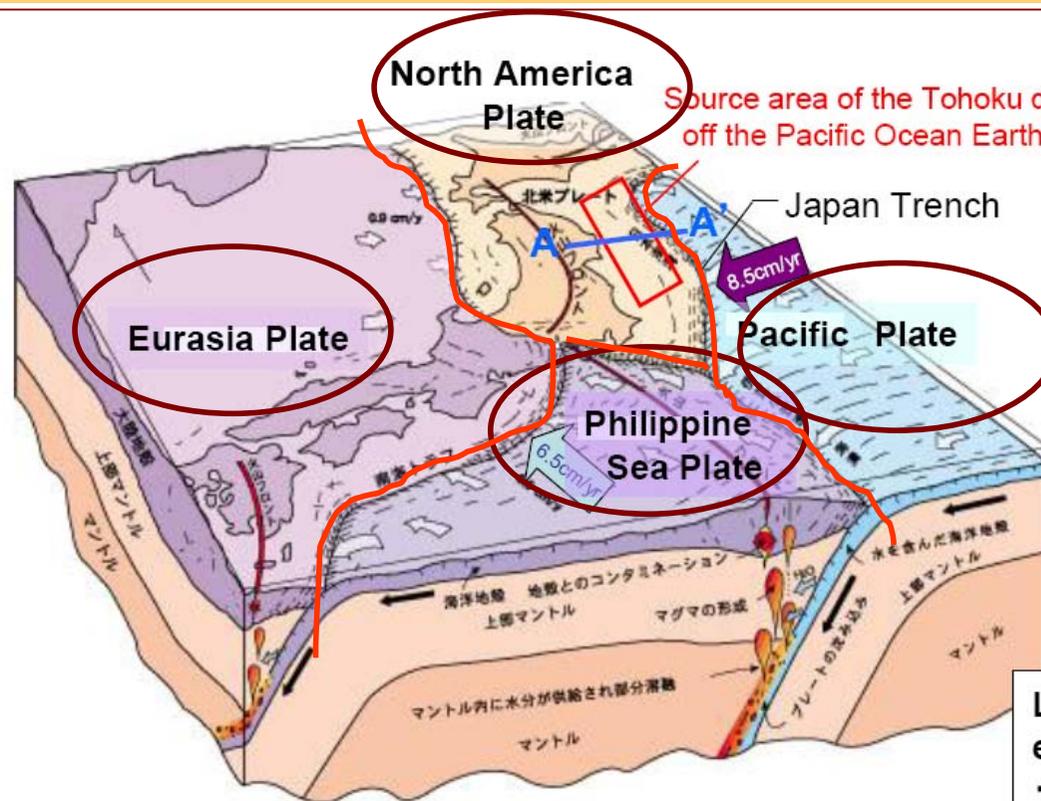
- Die nächste große Tsunami Welle

- **Seewasserpumpenanlagen** - Reservesystem zur Kühlung - wurde in allen Reaktoreinrichtungen überschwemmt und **fielen aus.**

- **Alle Diesel Notstrom-Aggregate** & die Verteilereinrichtungen in Reaktor- und Turbinengebäuden (außer in Reaktor 6) wurden überschwemmt und **fielen aus.**



Plattentektonik um Japan



Plates structure around Japan

- Pacific Plate
- North America Plate
- Philippine Sea Plate
- Eurasia Plate

Plate Motion

- Pacific plate subducting under North America plate of 8.5 cm/yr in west direction
- Philippine sea plate subducting under Eurasia plate of 6.5 cm/yr in north-west direction

Locations of principal interplate earthquakes

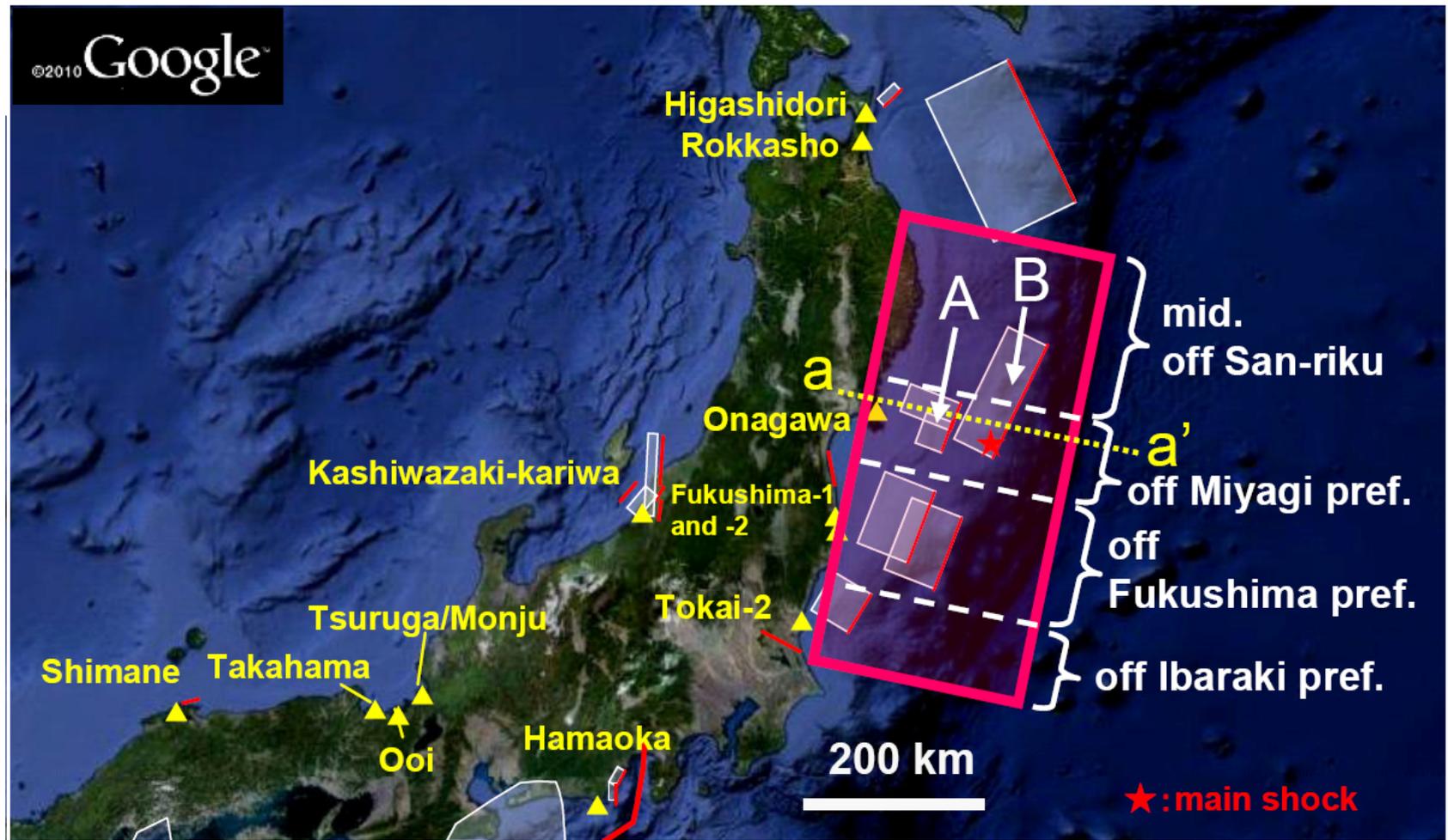
- Along Japan trench: Plate boundary of pacific plate and north America one
- Along Nankai trough: Plate boundary of Philippine sea plate and Eurasia one

Reference: JGCA HP [Online]. <http://www.zenchiren.or.jp/tikei/index.htm>
Partially modified by JNES.

Reference: Report of Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety, June 2011, Nuclear Emergency Response Headquarters Government of Japan



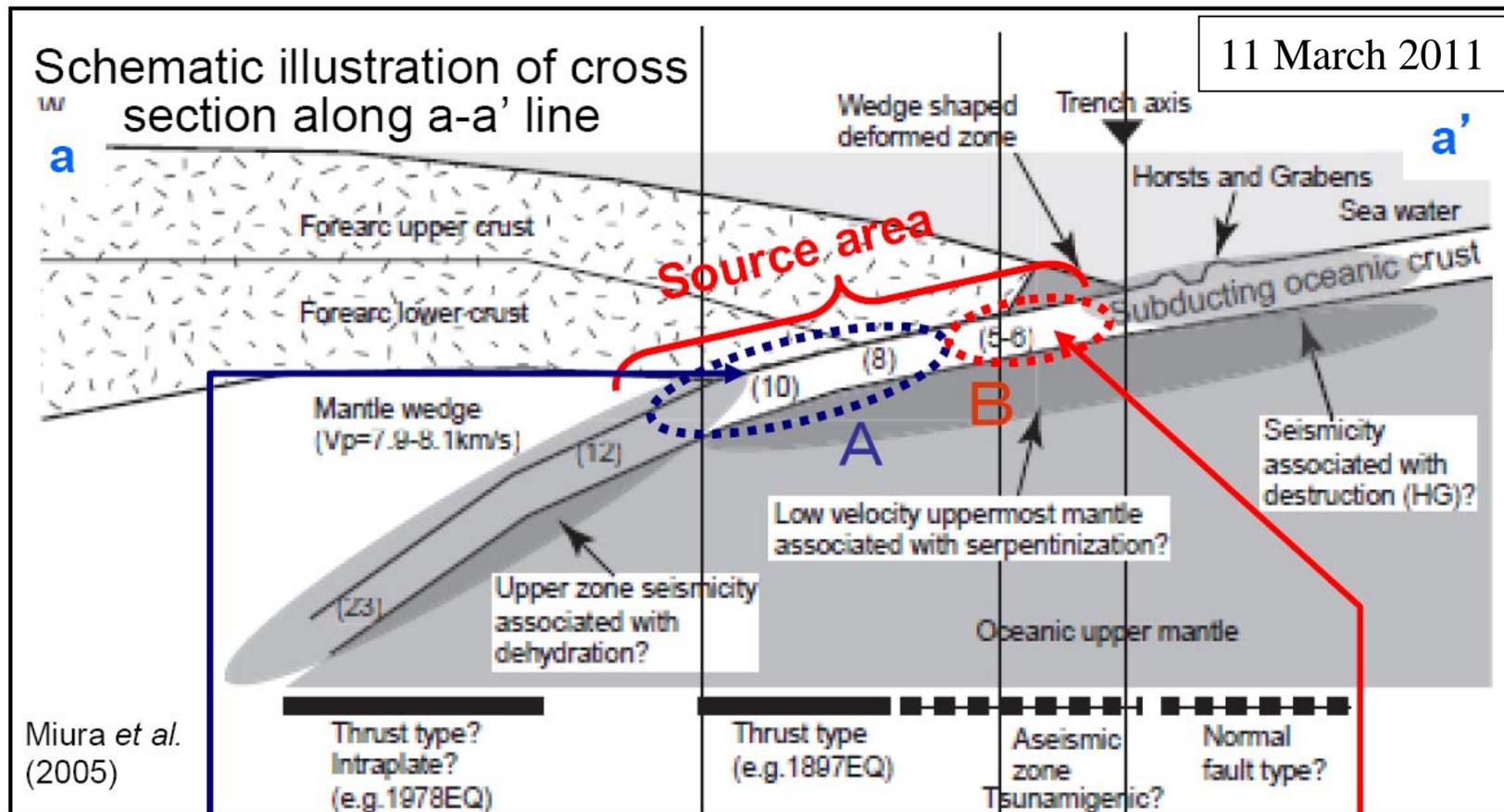
Bereiche von Multisegment Brüchen



JNES modified a part of the Google map.

Reference: Report of Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety, June 2011, Nuclear Emergency Response Headquarters Government of Japan

Die Herkunft des Erdbebens



Deep portion of interplate: Smaller slip than that at shallower portion generates strong motion due to near land.

Shallow portion of interplate: More than 20 m and slow slip generates great tsunami.

Reference: Miura *et al.* (2005: Tectonophysics, Vol.407)
Partially modified by JNES.

ar



Seismische Intensität - Bebenstärke

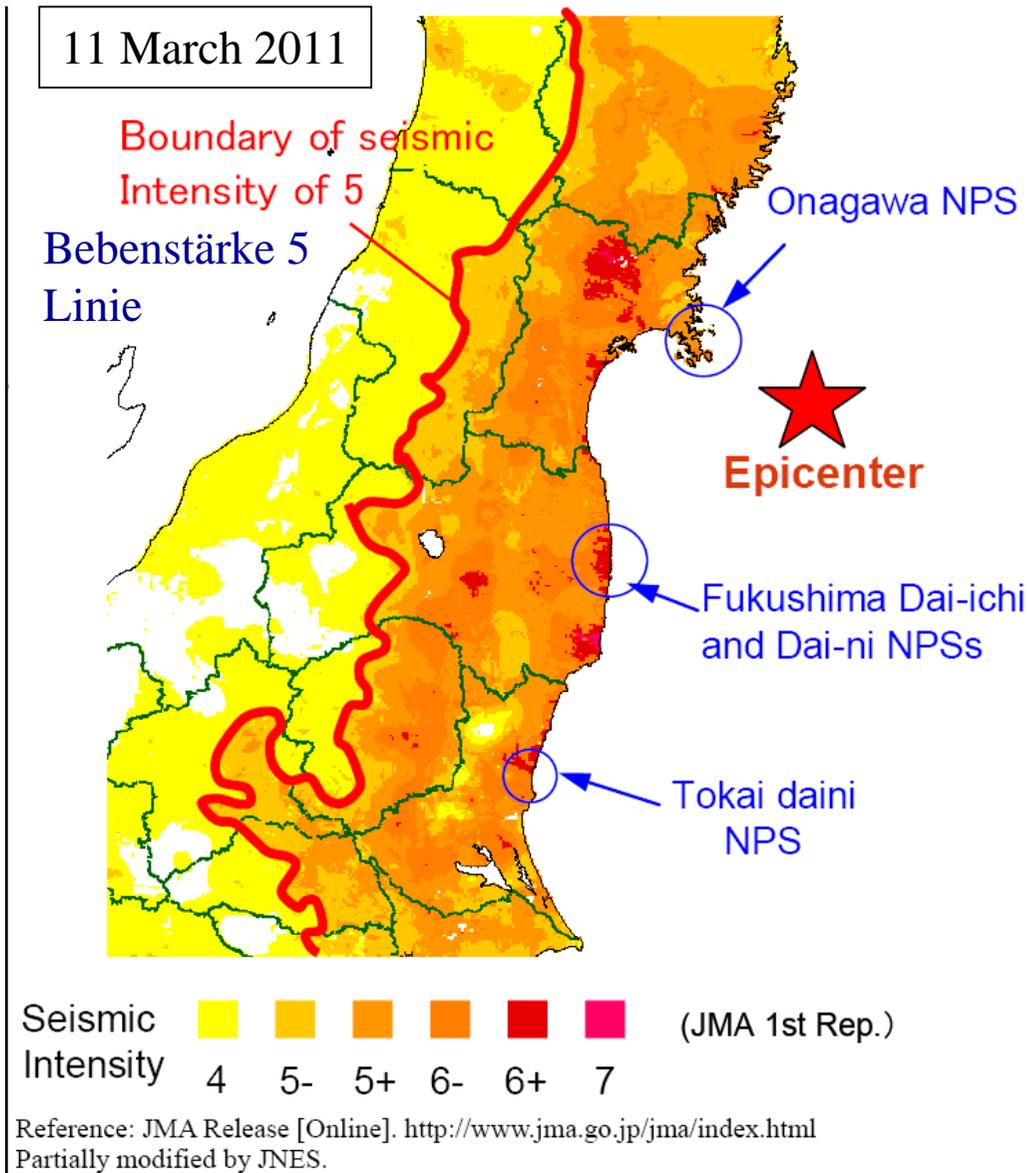


Abb.: JMA Karte zur Bebenstärke beobachtet während des Hauptstoßes.

Verlauf der Tsunami Welle

- First tsunami wave consists of two phases.
- 15 minutes later after the main shock (Mj9.0), sea level rose 2 m in 6 minutes, then 4 m in 4 minutes.

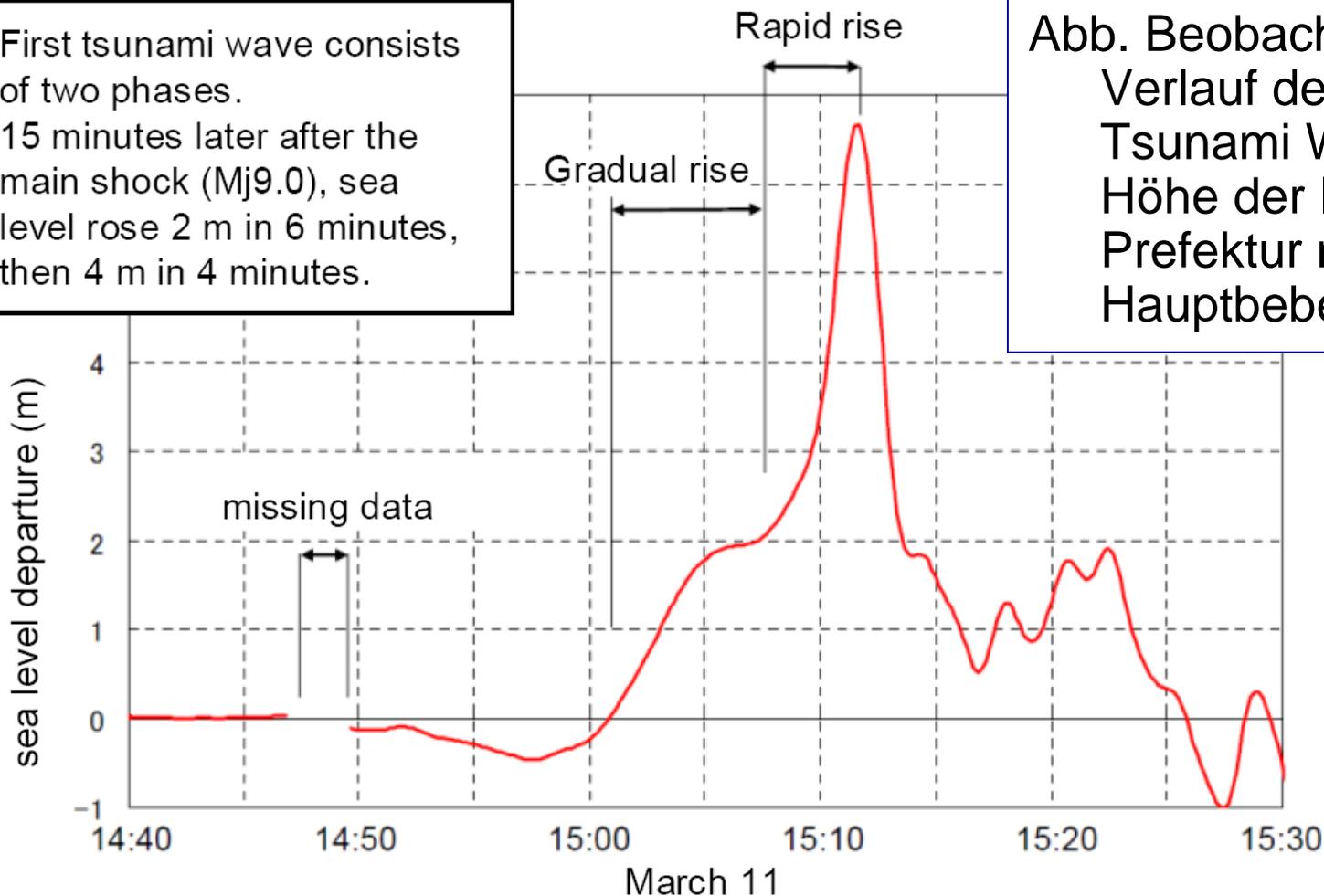


Abb. Beobachteter Verlauf der Tsunami Wellen in Höhe der Iwate Prefektur nach dem Hauptbeben.

Reference: Independent Administrative Institute Port and Airport Research Institute



AKW FUKUSHIMA 1



ISOT
& S

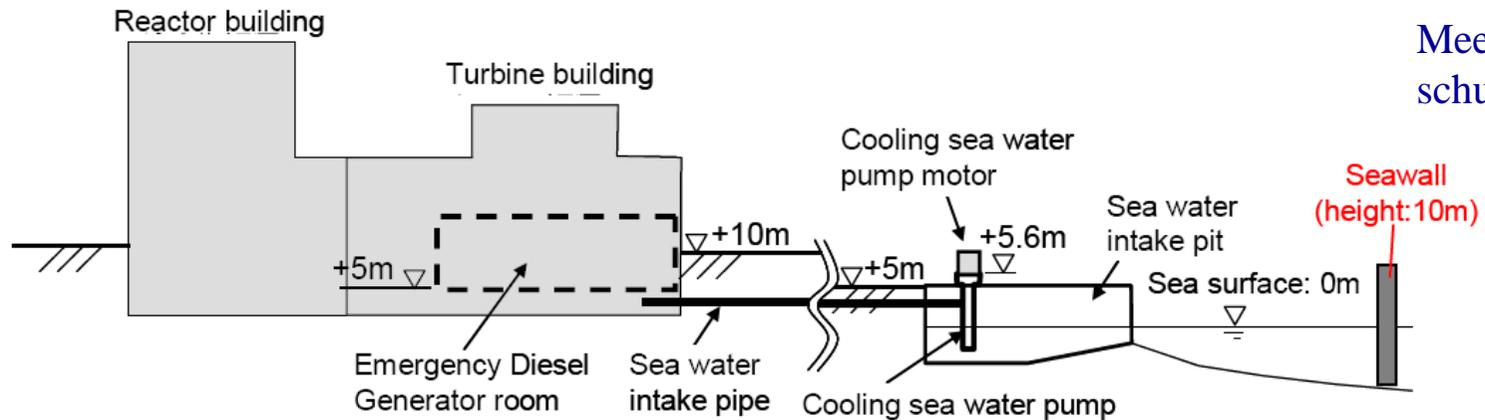
Spiegel online



AT
N

Tsunami – Fukushima Block 1

Cross section of Fukushima Dai-ichi (Unit-1)



Reference: The Tokyo Electric Power Co., Inc. Release
 [Online]. <http://www.tepco.co.jp/tepconews/pressroom/110311/index-j.html>

Fig. Tsunami getting over seawall at the Fukushima Dai-ichi NPS.

Zerstörung der Anlagen des Reaktorblocks 1

11 March 2011



【福島第1原発 津波来襲状況 2011年3月11日 固体廃棄物貯蔵庫東側のり面(5号機の近傍(南側)から東側を撮影)＝東京電力提供



【福島第1原発への津波来襲状況 2011年3月11日 廃棄物処理建屋4階から北側を撮影(午後3時43分ごろ)(2)＝東京電力提供



Fig. Photos showing plant damages at the Fukushima Dai-ichi NPS.

Abb.: Bilder der Zerstörung der Anlagen des Fukushima Dai-ichi NPS

【福島第1原発 津波来襲状況 2011年3月11日 固体廃棄物貯蔵庫東側のり面(5号機の近傍(南側)から東側を撮影)＝東京電力提供

Reference: The Tokyo Electric Power Co., Inc. Release
[Online]. <http://www.tepco.co.jp/tepconews/pressroom/110311/index-j.html>

Ereignisablauf (2)

Bei der Genehmigung für die Anlage der Kernreaktoren von Fukushima Dai-ichi wurde eine **maximale** zu erwartende Tsunami **Wellenhöhe** von **3,1 m** angenommen.

Eine **neue Beurteilung** in **2002** ging von einer maximalen zu erwartenden Wasserspiegel von **5,7 m** aus.

Gemäß dieser Neubewertung, installierte TEPCO die Seewasserpumpen auf die genannte Höhe.

Jedoch war die **Tsunami Höhe** zwischen **14 & 15 m**.

- Folglich waren die Annahmen und die Notfallvorsorge gegen die enorme Tsunami-Welle nicht ausreichend.

Zerstörte Infra Struktur - Fukushima

11 March 2011



撮影：東京電力株式会社 H23.3.12



撮影：東京電力株式会社 H23.3.12

Yorunomori line, Cable in substation (subsidence)



©GeoEye

Landslide of slope



Overview of landslide



Collapsed tower

Reference: The Tokyo Electric Power Co., Inc. Release
[Online]. http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu11_e/images/110516e23.pdf
http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu11_e/images/110516e19.pdf
http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu11_e/images/110516e20.pdf



Zerstörte Infra Struktur - Fukushima

11 March 2011



撮影：東京電力株式会社 H23.3.23

**Okuma line 1L (O-81)
Circuit Breaker damaged**



撮影：東京電力株式会社 H23.3.23

**Okuma line 2L (O-81)
Circuit Breaker damaged**



撮影：東京電力株式会社 H23.3.12

**Okuma line 3L, Ground wire
(disconnected)**



撮影：東京電力株式会社 H23.3.11

**Okuma line 3L & 4L, Steel
structure for lead-in (tilted)**

Abb. Zerstörung des externen Stromversorgungsnetzes von Fukushima Dai-ichi und Dai-ni NPSs

Maßnahmen – Evakuierungsanweisungen

11.03.2011 8:50 p.m. / 20:50

- **Gouverneur** von Fukushima Prefecture **wies der Einwohner von Okuma Town und Futaba Town und andere innerhalb des 20 km Radius** von Fukushima Dai-ichi NPS **an das Gebiete zu evakuieren.**
- Der Generaldirektor des Headquarters des Nuklearen Notfallschutzes (**Premierminister**) gab folgende Anweisung an die **Prefektur Fukushima** :
Die Anweisung war
 - ◆ **Evakuierung der Bewohner im 3 km Radius** von Fukushima
 - ◆ **Bewohner innerhalb 10 km Radius** von NPS **verbleiben im Hause**



Organisation des Nuklearen Notfallschutzes

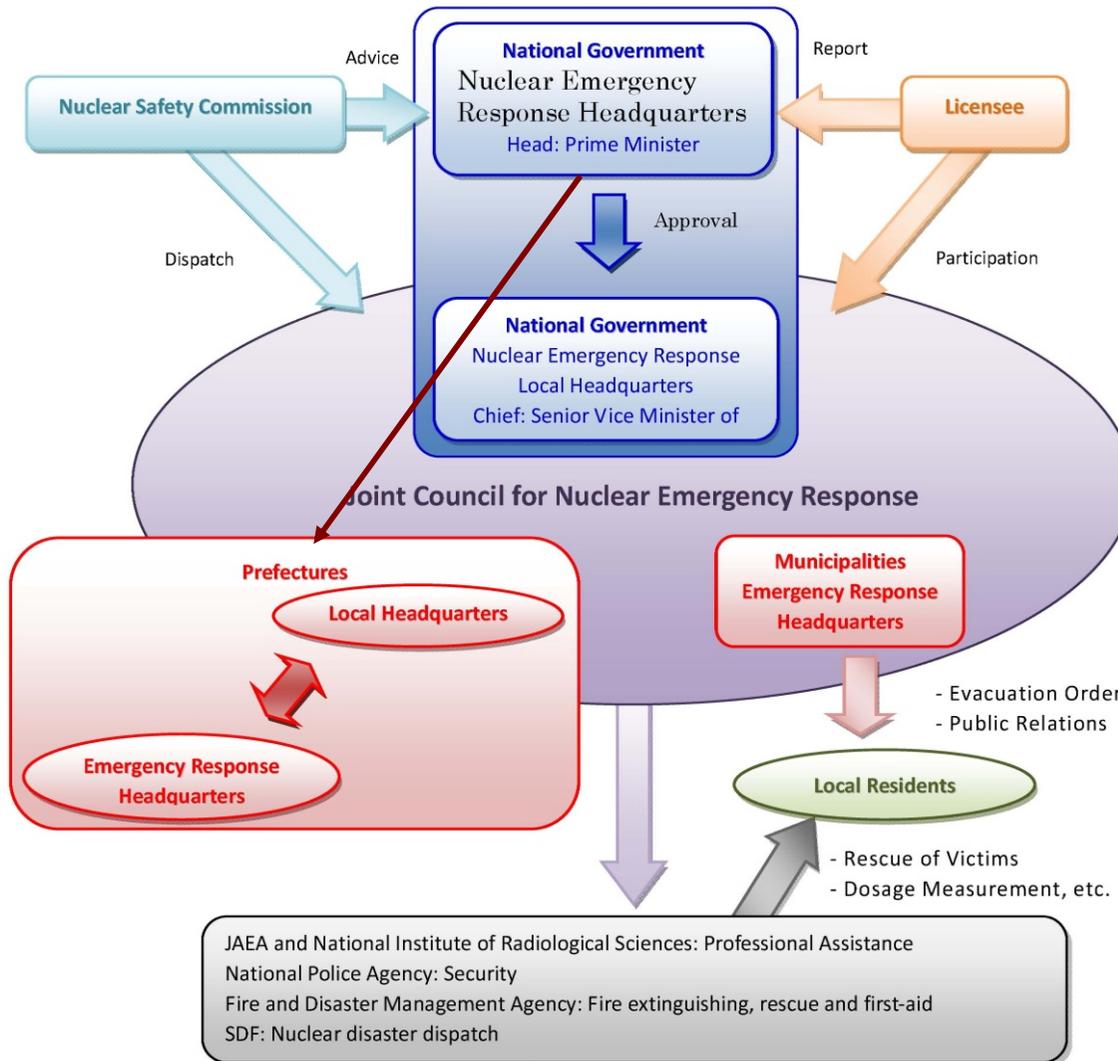


Figure II-2-2 Outline of the organizations relating to nuclear emergency responses



Änderungen der Evakuierungsmaßnahmen

12.03.2011 5:44 a.m. / 05:44

- Generaldirektor (**Premierminister**) des Headquarters des Nuklearen Notfallschutzes fordert die Bevölkerung in der **10 km Zone** auf (zuerst Verbleiben im Haus) dieses Gebiet zu verlassen.
- Die **Anweisung** wurde angeordnet, da der Druck im Primary Containment Vessel (PCV) Reaktorkessel ansteigen könnte.



Fukushima Unit 1-4 – Wasserstoff Explosion

12.03.2011 3:36 p.m. 15:36 Unit 1

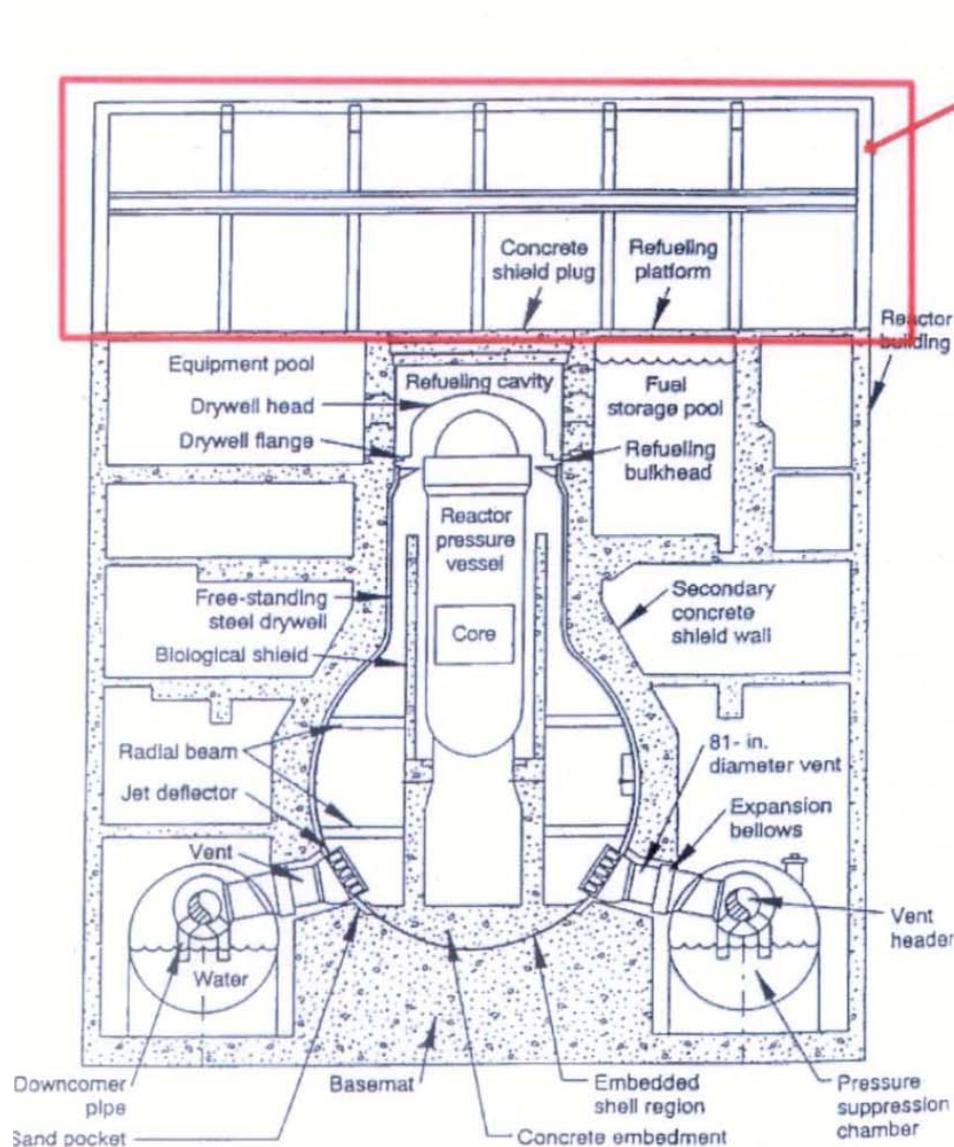
14.03.2011 11:01 a.m. 11:01 Unit 3

15.03.2011 6:00 a.m. 06:00 Unit 2

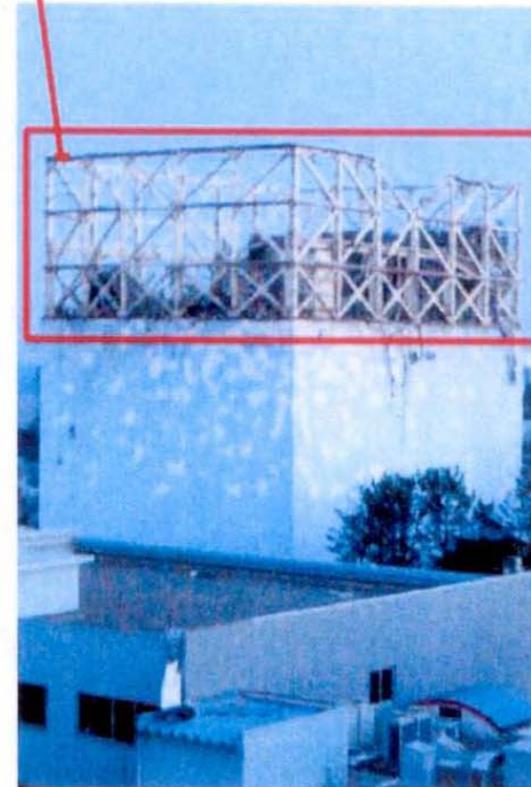
15.03.2011 6:00 a.m. 06:00 Unit 4

Ein Satellitenbild vom 14. März zeigt das AKW Fukushima I. Im Reaktor 2 bricht das Kühlsystem an diesem Tag zusammen. Das Kühlwasser sinkt so stark ab, dass die Brennstäbe vollkommen freiliegen. Betreiber Tepco schließt nicht aus, dass es auch in diesem Reaktor zu einer Kernschmelze kommen könnte. Die japanische Atomaufsicht schließt eine Katastrophe wie vor 25 Jahren in Tschernobyl aus. Das Land bittet die Internationale Atomenergiebehörde (IAEA) angesichts der Nuklearkrise aber um die Entsendung eines Expertenteams. Auch die USA werden offiziell um Hilfe gebeten. (Foto: dapd)

Mark 1 - General Electric BWR Containment



Light structures



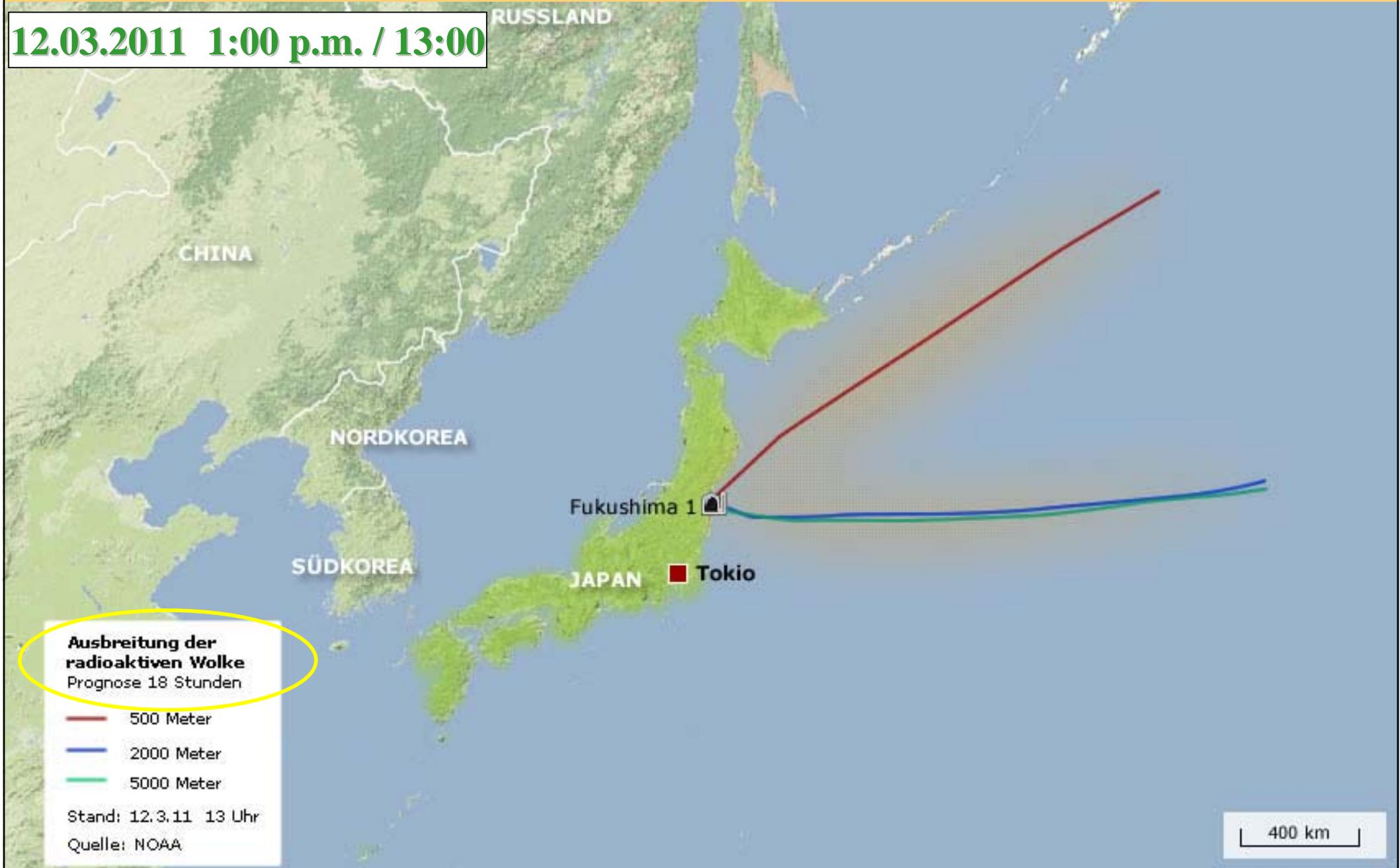
BWR = Boil Water Reactor

TV Sender NHK am 12. März 2011



18 h Prognose für die Ausbreitung des radioaktiven Materials

12.03.2011 1:00 p.m. / 13:00



Evakuierung zur 20 km Zone ausgeweitet

12.03.2011 8:14 p.m. / 20:14

The **prefectural government of Fukushima** has expanded the evacuation area around **Fukushima Number 1 Power Station** from an earlier established 10-kilometer radius to a **20-kilometer radius**.

The **decision** was made at the instruction of the **prime minister's office** shortly before **6:30 PM**, local time, at a nuclear disaster task force meeting on Saturday.

The prefectural government is working to determine which towns and villages fall under the new evacuation order.

It is maintaining an evacuation instruction for a 10-kilometer radius around the Number 2 Power Station.

Saturday, March 12, 2011 20:14 +0900 (JST)

http://www3.nhk.or.jp/daily/english/12_54.htm



Beginn der Umgebungsüberwachung

13.03.2011

- Die ersten Umweltüberwachungen wurden am **13. März** durchgeführt und von der NISA am 14. 03. um 7:30 veröffentlicht. In einigen Gebieten wurden mehr als **30 $\mu\text{Sv/h}$** gemessen.



15.03.2011 06:00 a.m. / 06:00

- Bock 1 Explosion**
- Block 4 (Foto) Feuer nach Explosion**



Dienstag, 15. März: Im Reaktor 2 des AKW Fukushima I ereignet sich eine Explosion. Über die Frage, ob der Schutzmantel beschädigt wurde, gibt es zunächst widersprüchliche Angaben. Die IAEA erklärt am Abend, dass es geringe Schäden am Reaktorkern geben könne. Ein Tepco-Sprecher sagt, er sehe keine andere Möglichkeit mehr, als die Reaktoren von außen - etwa durch Löschhubschrauber - zu kühlen. Im Reaktor 4 (Foto) bricht nach einer Explosion ein Feuer aus - radioaktive Partikel gelangten in die Atmosphäre. Der Brand konnte von fünf Soldaten der US-Armee mit mobilen Wasserkanonen gelöscht werden. (Foto: dapd)

Umsetzung der Evakuierung abgeschlossen

15.03.2011 11:00

- Generaldirektor (**Ministerpräsident**) der Nuklearen Notfallschutzzentrale **ordnet** der lokale Regierung **an** Einwohner anzuweisen im Radius **zwischen 20 km und 30 km** von Fukushima Dai-ichi NPS **“im Haus”** zu bleiben.

15.03.2011 23:30

Evakuierung war abgeschlossen

- **78.200 Personen zwischen 10 km von Fukushima Dai-ichi NPS und 20 km von Fukushima Dai-ni NPS),**
- **62.400 Personen zwischen 20 km und 30 km von Fukushima Dai-ichi NPS “im Haus” zu bleiben.**



Umweltüberwachung

15.03.2011 20:50

- **Umweltüberwachung wurde an 3 Stellen mittels Messwagen um Namie und 20 km northwest of Fukushima Dai-ichi NPS durchgeführt. Außerhalb des Messwagens Maximalwerte von 330 $\mu\text{Sv/h}$ gemessen.**

16.03.2011

- Es wird entschieden, dass MEXT (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology) die Koordination der Umweltmessungen und Datensammlung von MEXT, lokalen Regierungen und kooperierende U.S. Organisationen wahrnimmt.



Japanische Kriterien für Stör- und Notfälle

Events	Criteria for Specific Event	Criteria for Nuclear Emergency
a) Radiation dose near the site boundary	5 micro Sv/h or more at one point for more than consecutive 10 minutes 5 micro Sv/h or more at two or more points simultaneously	500 micro Sv/h or more at one point for more than consecutive 10 minutes 500 micro Sv/h or more at two or more points simultaneously
b) Detection of radioactive materials in usual release points such as exhaust pipes	When the concentration of radioactive materials equivalent to 5 micro Sv/h or more continues for 10 minutes or more, or radioactive materials equivalent to 50 micro Sv/h or more are released	When the concentration of radioactive materials equivalent to 500 micro Sv/h or more continues for 10 minutes or more, or radioactive materials equivalent to 5 mSv/h or more are released
c) Detection of radiation or radioactive materials by fire, explosion, etc (outside the control zone)	Radiation dose of 50 micro Sv/h or more Release of radioactive materials equivalent to 5 micro Sv/h or more	Radiation dose of 5 mSv/h or more Release of radioactive materials equivalent to 500 micro Sv/h or more
d) Individual events of each nuclear installation		
Failure of reactor scram	When the nuclear reactor shutdown cannot be performed by usual neutron absorbers	When all reactor shutdown functions are lost in a case where emergency reactor shutdown is necessary
Loss of reactor coolant	When leakage of nuclear reactor coolant occurs, which needs operation of the emergency core coolant system (ECCS)	When water cannot be injected into the nuclear reactor by any ECCS
Loss of all AC power supplies	When power supply from all AC power supplies is failed for 5 minutes or more	When all functions for cooling a reactor are lost with loss of all AC power supplies
Decrease in water level of the spent fuel pool at reprocessing facilities	When water level is decreased to the point where a fuel assembly is exposed	



Dosisrate in der Fukushima Prefektur (Fukushima City)

Date	Time	μSv/h
3/15	12:00	0.047
	12:30	0.048
	13:00	0.047
	13:30	0.046
	14:00	0.046
	14:30	0.049
	15:00	0.072
	15:30	0.15
	16:00	1.7
	16:30	7.8
	17:00	13
	17:30	16
	18:00	16
	18:30	16
	19:00	16

Date	Time	μSv/h
3/16	0:00	19
3/17	0:00	14
3/18	0:00	12
3/19	0:00	11
3/20	0:00	9.2
4/4	0:00	2.5
4/5	9:00	2.5

Überwachungsbereich
 $E > 0,5 \mu\text{Sv/h} \times 2000 \text{ h}$
 $> 1 \text{ mSv/a}$

Kontrollbereich
 $E > 3 \mu\text{Sv/h} \times 2000 \text{ h}$
 $> 6 \text{ mSv/a}$

$$E = 10 \mu\text{Sv/h} \times 24 \text{ h} \times 364 \text{ d} \\ = 87,6 \text{ mSv/a}$$

Tab.: Exposition in μSv/h in Fukuschima City zwischen 15.03. und 05.04.11. und Vergleich mit Dosiswerten in Strahlenschutzbereichen



Airborne Monitoring Umweltüberwachung

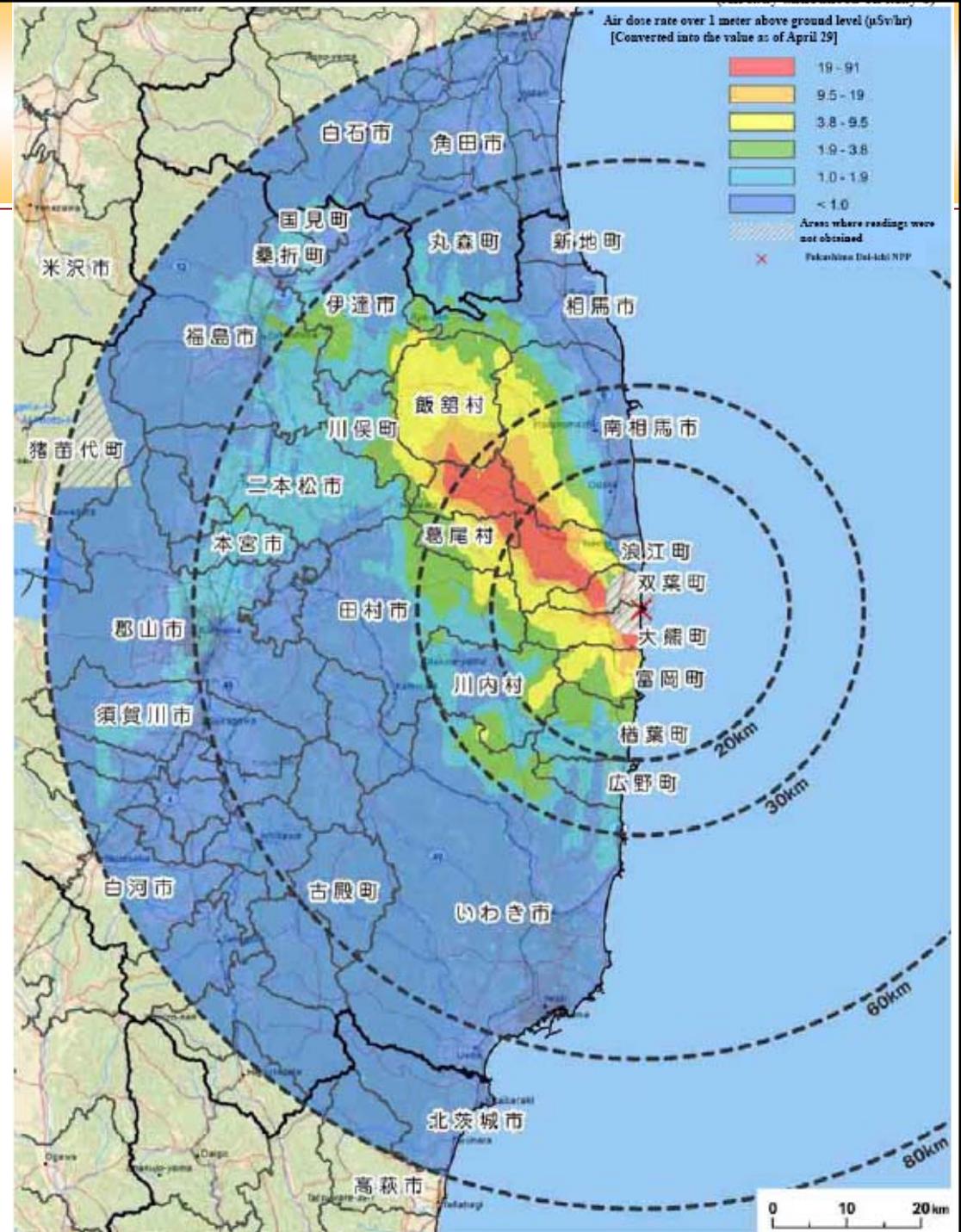
29.04.2011

Abb.: Ergebnisse der
Messungen in $\mu\text{Sv/h}$ in Luft
von MEXT und DOE.

Messwerte der
Überwachung der Luftdosis
innerhalb der 80km Zone of
Fukushima Dai-ichi NPP

Rot = 19 - 91 $\mu\text{Sv/h}$
Orange = 9,5 - 19 $\mu\text{Sv/h}$
Gelb = 3,5 - 9,5 $\mu\text{Sv/h}$
Grün = 1,9 - 3,5 $\mu\text{Sv/h}$
Hellblau = 1 - 1,9 $\mu\text{Sv/h}$

Referenz: MEXT <http://www.mext.go.jp/english/>



ICRP Dosisgrenzwerte

Tab. Von ICRP empfohlene Dosisgrenzwerte ((ICRP-Publikation 60) (a = annum = year = Jahr)

Dose Limits / Grenzwerte der Dosis		
Beruflich strahlenexponierte Personen	Bevölkerung	Bemerkung
20 mSv/a , gemittelt über 5 Kalenderjahre, jedoch nicht mehr als 50 mSv/Kalenderjahr	1 mSv / a	Effektive Dosis
2 mSv		Für Embryo und Fötus
150 mSv/a	15 mSv/a	Äquivalentdosis der Augenlinse
500 mSv/a	50 mSv/a	Äquivalentdosis der Haut
500 mSv/a	---	Äquivalentdosis der Hände und Füße

Quelle: FS-03-124-AKU



Basic Safety Standards - IAEA

Tab. Dose limits of occupational exposed workers / Grenzwerte der Jahresdosis für beruflich strahlenexponierte Erwachsene (IAEA)

Dose p.a. / Jahresdosis [mSv]		Comments / Bemerkung
20	effektive Dosis	5 year average / gemittelt über 5 Jahre
50	effektive Dosis	Maximum one year / maximal in einem Jahr
150	Eye lense / Augenlinse	
500	Extremities / Extremitäten	
500	Skin / Haut	

Quelle: FS-03-124-AKU



EURATOM - Grenzwerte für jährliche Strahlendosen

Tab.: EURATOM annual dose limits / Euratom-Grenzwerte für jährliche Strahlendosen

Annual Dose limits / Dosisgrenzwerte im Kalenderjahr in mSv	Comments / Anmerkungen
For radiation exposed workers / für strahlenexponierte Arbeitskräfte*)	
100 mSv/5 Kalenderjahre und maximal 50 mSv/a (Effektivdosis für ein einzelnes Jahr)	Effektive Dosis
150	Eye lense / Augenlinse
500	Skin / Haut (mittlere Dosis an jeder Oberfläche von 1 cm ² , unabhängig von der Größe der exponierten Fläche)
500	Hands, arms, feet / Hände, Unterarme, Füße, Knöchel
	Life time dose: no definition / Lebenszeitdosis: Keine Festlegung
	3-Monatswert: Keine Festlegung
Apprentices and students between 16- and 18 years / für Auszubildende und Studierende zwischen 16-18 Jahren	
6	Effektive Dosis
50	Eye lense / Augenlinse
150	Skin / Haut (mittlere Dosis an jeder beliebigen Hautfläche von 1 cm ² , unabhängig von der Größe der exponierten Fläche)
150	Hands, arms, feet / Hände, Unterarme, Füße, Knöchel
For women and fetuses / für Frauen und Föten	
	Unterleibsdosis bei gebärfähigen Frauen: Keine Festlegung
1	Equivalent dose for unborn baby / Äquivalentdosis des ungeborenen Lebens (ab Zeitpunkt der Mitteilung der Schwangerschaft durch die schwangere Frau und während der verbleibenden Zeit der Schwangerschaft)
Stillende Frauen dürfen keine Arbeiten ausführen, bei denen eine beträchtliche Gefahr einer Kontamination des Körpers besteht	
For member of public / für Einzelpersonen der Bevölkerung**)	
1	Effektive Dosis (höherer Wert, wenn in 5 aufeinander folgenden Jahren der Mittelwert von 1 mSv nicht überschritten wird)
15	Eye lense / Augenlinse
50	Skin / Haut (mittlere Dosis an jeder beliebigen Hautfläche von 1 cm ² , unabhängig von der exponierten Fläche)

Quelle: FS-03-124-AKU



Nationale Dosisgrenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen

Tab.: Nationale Dosisgrenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen beim bestimmungsgemäßen Betrieb bzw. beim Umgang mit radioaktiven Stoffen in mSv/a

Allgemein gültige nationale Dosisgrenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen in mSv/a			
5[EUR 96] AT	StSV 6[CH StSV] CH	StrlSchV DE	Dosis/Bemerkungen
100 mSv pro 5 Kalenderjahre und maximal 50 mSv/a	20 im Einzelfall max. 50 mSv/a, wenn in den vergangenen 5 Jahren nicht mehr als 100 mSv erreicht wurden.	20 im Einzelfall max. 50 mSv/a, wobei in 5 aufeinanderfolgenden Jahren 100 mSv nicht überschritten werden dürfen.	effektive Dosis
-	-	je 50	Keimdrüsen, Gebärmutter rotes Knochenmark
150	150	150	Augenlinse
-	-	je 300	Schilddrüse, Knochenoberfläche
500	500	500	Haut
je 500	je 500	je 500	Extremitäten (Hände, Unterarme, Füße, Knöchel)
-	-	je 150	Dickdarm, Lunge, Magen, Blase, Brust, Leber, Speiseröhre, andere Organe und Gewebe
-	-	400 mSv über das gesamte Berufsleben; außerdem: 10 mSv/a nach Überschreitung der Berufslebensdosis mit Einwilligung des Betroffenen	Berufslebensdosis

Quelle: FS-03-124-AKU



Dosisrichtwerte Notfallschutz - ICRP

Tab.: Zusammenfassung der empfohlenen Eingreifrichtwerte nach ICRP ((ICRP-Publikation 63 - 1992)

Eingreifrichtwert der abwendbaren Dosis (mSv)		Maßnahme/Dosisart
Nahezu stets gerechtfertigt	Bereich der optimierten Werte	Art der Intervention Dosisart
50	Nicht mehr als ein Faktor 10, kleiner als der gerechtfertigte Wert	Verbleiben in Gebäuden / effektive Dosis
500 (Organdosis)	Nicht mehr als ein Faktor 10 kleiner als der gerechtfertigte Wert	Verabreichung von stabilem Iod Schilddrüsenäquivalentdosis
500 500 5.000	Nicht mehr als ein Faktor 10 kleiner als der gerechtfertigte Wert	Evakuierung (< 1 Woche) / gesamte Ganzkörperdosis (in 1 d) effektive Dosis Hautäquivalentdosis
1.000	5 bis 15 mSv pro Monat für andauernde Exposition	Umsiedlung/ effektive Dosis
10 (in 1 Jahr / per annum)	1.000 bis 10.000 Bq/kg (Beta-/Gammastrahler) 10 bis 100 Bq/kg (Alphastrahler)	Beschränkung bei einzelnen Nahrungsmitteln

$$E = 10 \mu\text{Sv/h} \times 24 \text{ h} \times 364 \text{ d} = 87,4 \text{ mSv/a}$$

Quelle: FS-03-124-AKU



Basic Safety Standards - Maßnahmen im Katastrophenfall (FAO, IAEA, ILO, OECD/NEA, PAHO, WHO)

Tab. : Empfohlene Eingreifrichtwerte für Maßnahmen bei Katastrophenfällen [\[IAEA 96\]](#)

Maßnahmenspezifische Eingreifrichtwerte		
Vermeidbare Dosis	Integrationszeit/Anmerkung	Maßnahme
10 mSv	≤ 2 d (200 µSv/h)	Verbleiben in Gebäuden
50 mSv	≤ 7 d (300 µSv/h)	Vorübergehende Evakuierung
100 mGy	Organ-Folgedosis (Schilddrüsendosis)	Iodblockade der Schilddrüse
30 mSv	30 d	Vorübergehende Umsiedlung
1000 mSv	im Leben	Umsiedlung

$$E = 10 \mu\text{Sv/h} \times 24 \text{ h} \times 2 \text{ d} = 480 \mu\text{Sv}$$

$$E = 10 \mu\text{Sv/h} \times 24 \text{ h} \times 7 \text{ d} = 1,68 \text{ mSv}$$

$$E = 10 \mu\text{Sv/h} \times 24 \text{ h} \times 364 \text{ d} = 87,4 \text{ mSv/a}$$

Quelle: FS-03-124-AKU



Eingreifrichtwerte für Maßnahmen

Empfehlung der Strahlenschutzkommission 2010

Eingreifrichtwerte :

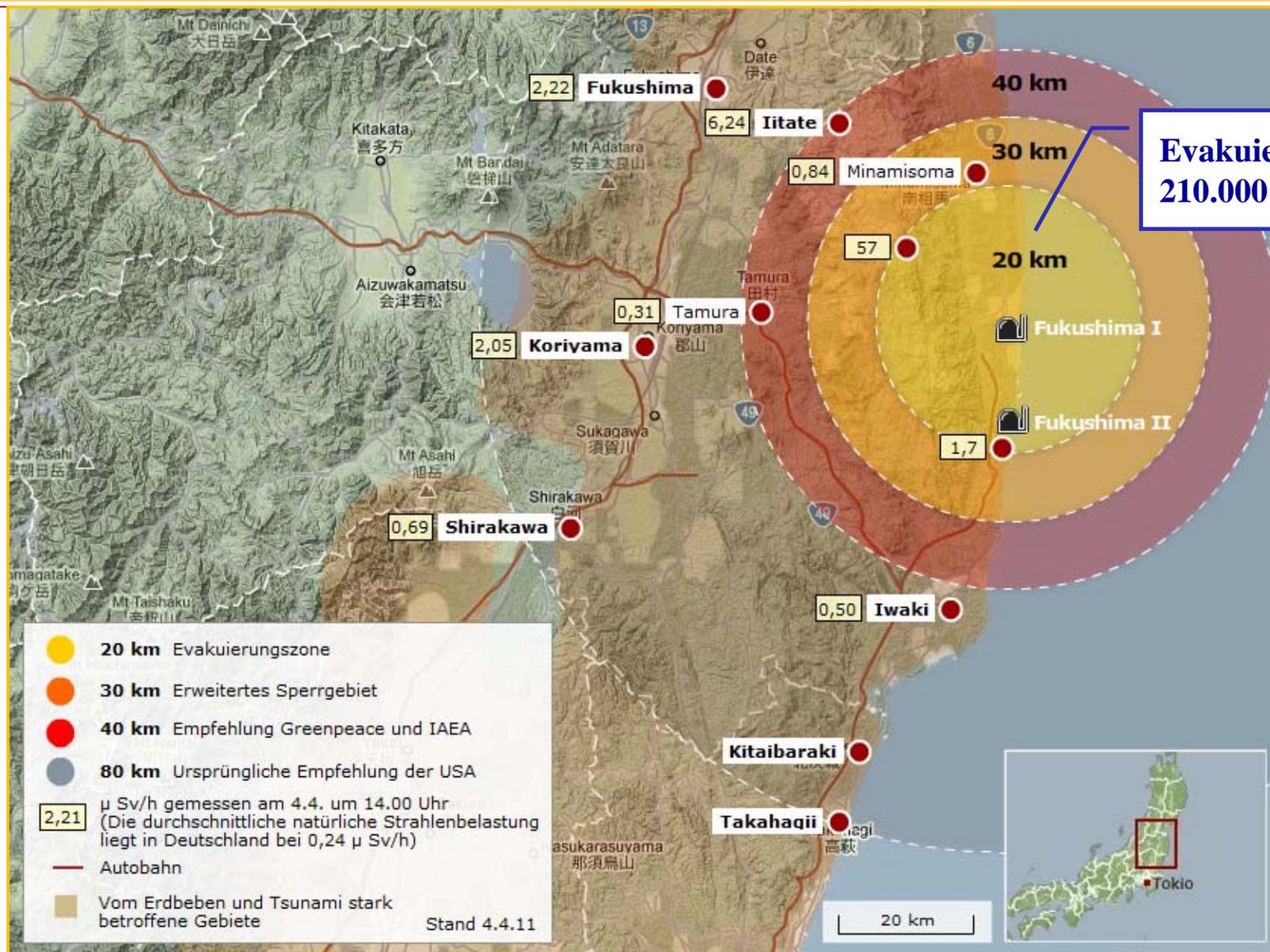
**Japan: 20 mSv/a
Referenzwert für
Evakuierung**

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

Maßnahme	Eingreifrichtwerte		
	Organdosis (Schilddrüse)	effektive Dosis	Integrationszeiten und Expositionspfade
Aufenthalt in Gebäuden		10 mSv (60 µSv/h)	äußere Exposition in 7 Tagen und effektive Folgedosis durch in diesem Zeitraum inhalierte Radionuklide
Einnahme von Iodtabletten	50 mSv Kinder und Jugendliche unter 18 Jahren sowie Schwangere, 250 mSv Personen von 18 bis 45 Jahren		Organ-Folgedosis der Schilddrüse durch im Zeitraum von 7 Tagen inhaliertes Radioiod
Evakuierung		100 mSv (600 µSv/h)	äußere Exposition in 7 Tagen und effektive Folgedosis durch in diesem Zeitraum inhalierte Radionuklide
Langfristige Umsiedlung		100 mSv	äußere Exposition in 1 Jahr durch abgelagerte Radionuklide
Temporäre Umsiedlung		30 mSv	äußere Exposition in 1 Monat



Evakuierungszone



Evakuierungszone, 210.000 Personen

Quelle: Prof. Breckow THM, Institut für Med. Physik und Strahlenschutz, „Die Reaktor-katastrophe von Fukushima“ 23. März 2011



Messwerte außerhalb der 20 km Zone

Quelle: MEXT 10.07.11

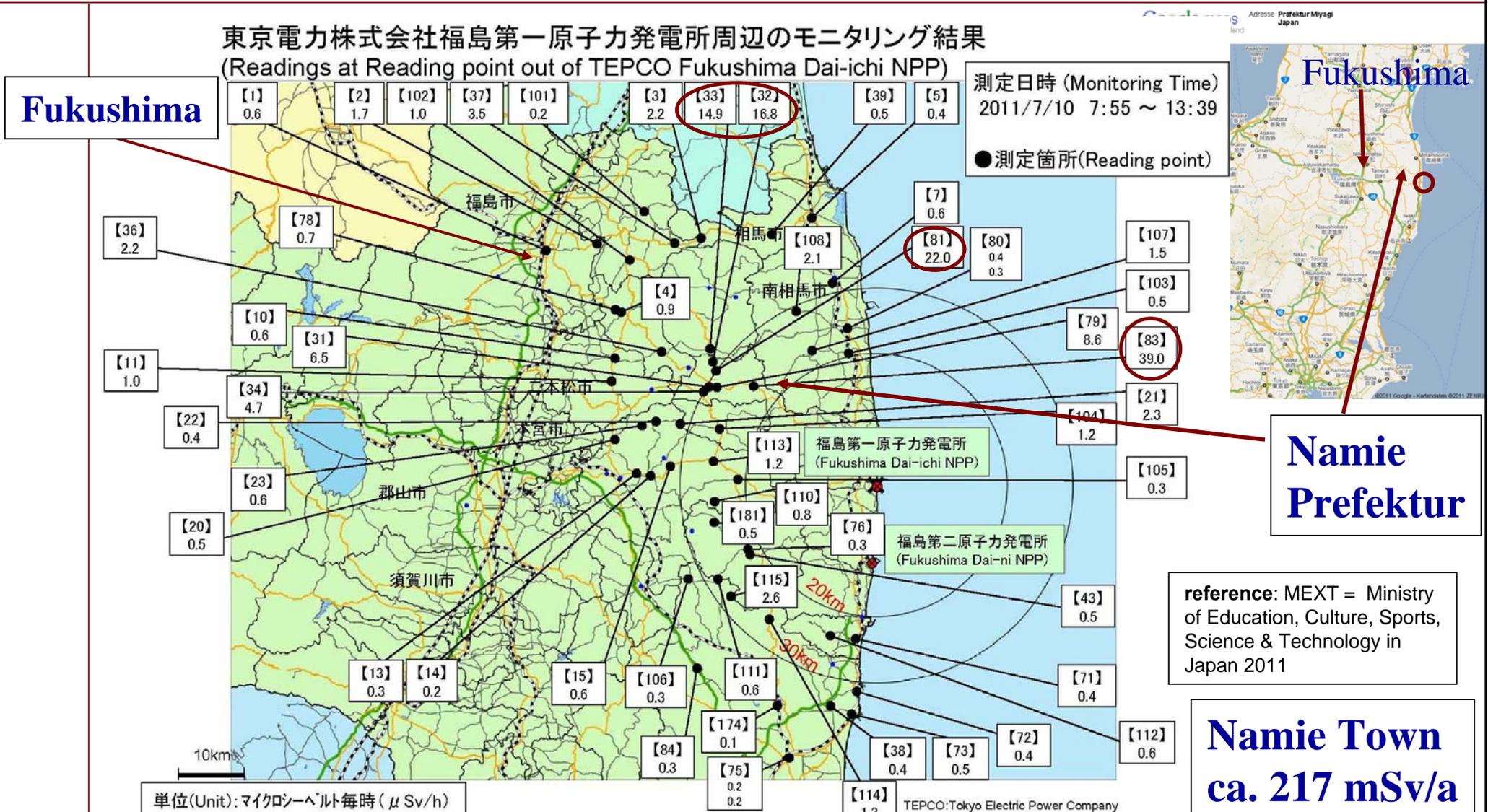
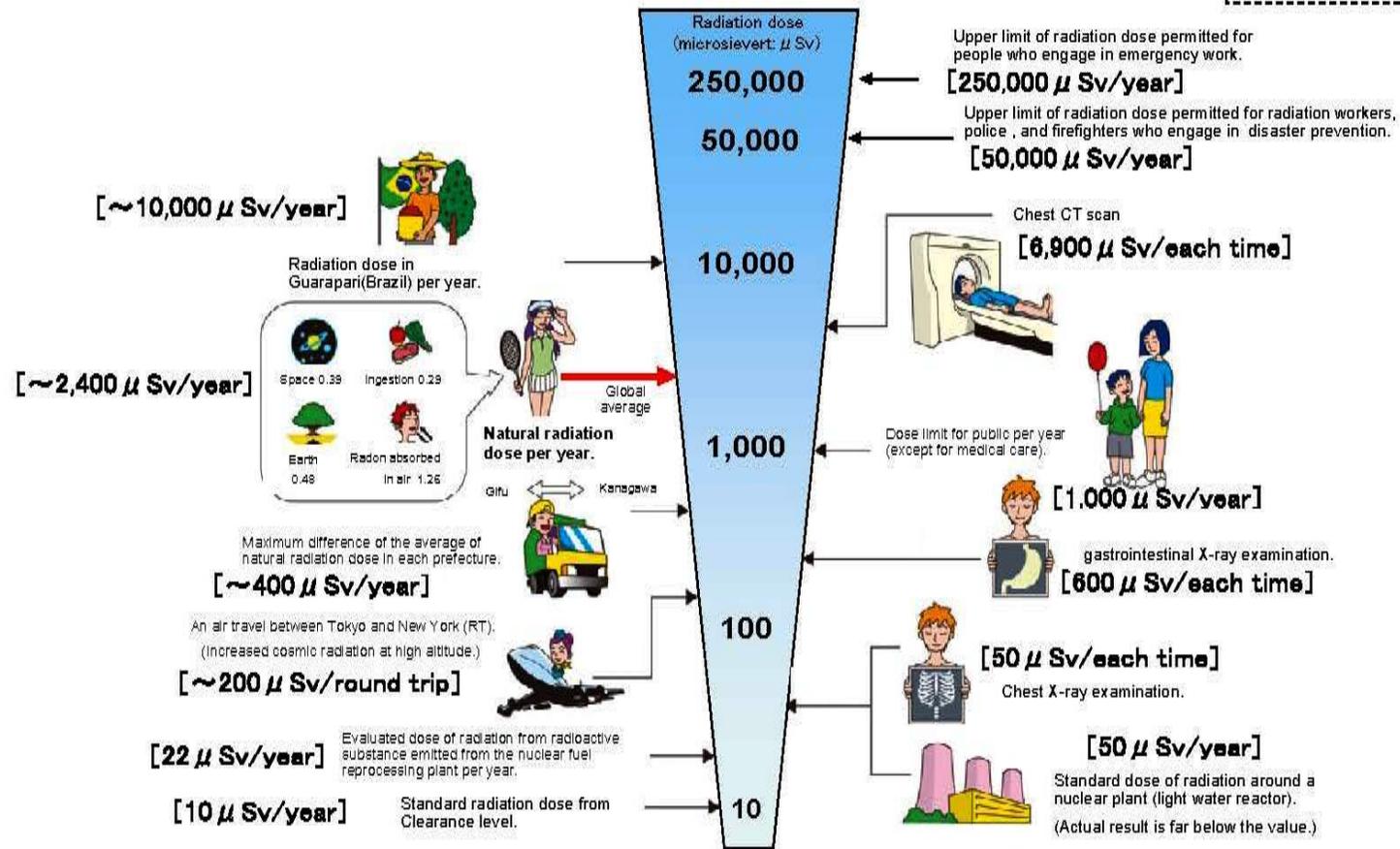


Fig.: Monitoring Data in $\mu\text{Sv/h}$ out of 20 km zone of Fukushima Dai-ichi NPP.

MEXT Radiation in daily live - April 2011

Radiation in Daily-life

※Unit : μ Sv



(Ref) Average dose rate at the monitoring post of Tokyo (3/17 9:00~3/18 9:00, March) : 0.050μ Sv/h = 438μ Sv/y

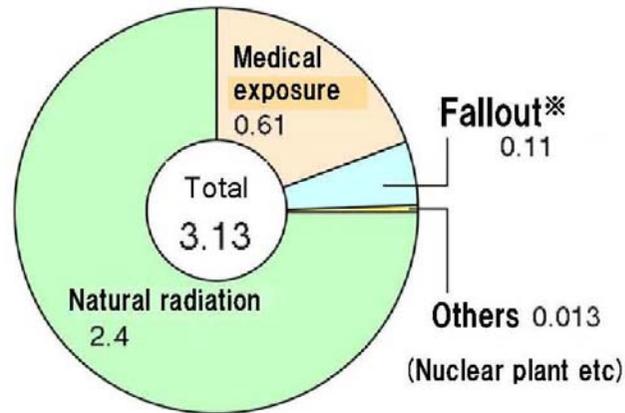
reference: MEXT = Ministry of Education, Culture, Sports, Science & Technology in Japan 2011

MEXT: Annual Doses per person - April 2011

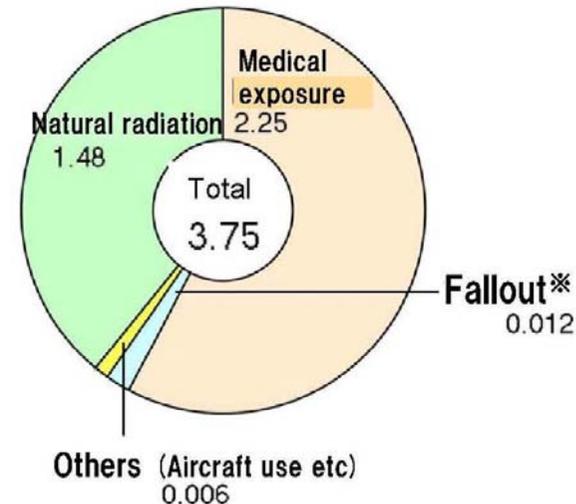
MEXT: Jährliche Strahlendosis pro Person der Bevölkerung

Annual doses per person received from nature and man-made source of radiation

Average doses in the World



Average doses in Japan



※Unit : mSv
1mSv=1000 μSv

※Fallout : the residual radiation hazard from a nuclear experiment

Adapted from 「UNSCEAR Report 1992」, and 「Life environmental radiation」 Former Science and Technology Agency (Japan)

reference: MEXT = Ministry of Education, Culture, Sports, Science & Technology in Japan 2011



Strahlenexposition der Bevölkerung BRD 2008

Grenzwert der effektiven Dosis aus Tätigkeiten für Einzelperson der Bevölkerung: 1 mSv/a

Natürliche Strahlenquellen

Kosmische Strahlung 0,3 mSv/a

Nahrung 0,3 mSv/a

Inhalation Radon und Folgeprodukte 1,1 mSv/a

Terrestrische Strahlung 0,4 mSv/a

Gesamt 2,1 mSv/a

Künstliche Strahlenquellen

Reaktorunfall Tschernobyl <0,02 mSv/a

Atombomben Fallout <0,01 mSv/a

Forschung Haushalt Technik <0,01 mSv/a

Kerntechnik <0,01 mSv/a

Anwendung radioaktiver Stoffe und Ionisierender Strahlung in der Medizin (Röntgen-diagnostik)

1,8 mSv/a

Berufliche Strahlenexposition, **0,13 mSv/a** (gemittelt über ca. 320 000 beruflich strahlenexponierte Personen); bei 18% der überwachten Personen ist Dosis messbar; im Mittel: **0,8 mSv/a**

gemittelt über die Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland: 3,9 mSv/a

Quelle: Parlamentsbericht 2009 März 2011



Medizinische Anwendungen ionisierender Strahlung

Patientendosen - Röntgendiagnostik

Beispiele für typische Dosiswerte bei medizinischen Anwendungen:

Röntgendiagnostik:

<i>Untersuchungsart</i>	<i>effektive Dosis</i>
•Zahnaufnahme	$\leq 0,01$ mSv
•Extremitäten & Gelenke	0,01 mSv
•Thorax	0,02 mSv
•Schädel	0,07 mSv
•Mammographie	0,4 - 0,6 mSv
•Becken	0,7 mSv
•Lendenwirbelsäule	0,8 - 1,8 mSv

Röntgendiagnostik:

<i>Untersuchungsart</i>	<i>effektive Dosis</i>
•Ausscheidungsurographie	2,5 mSv
•Bariumeinlauf	6 - 8 mSv
•CT Kopf	2 - 4 mSv
•CT Torax	6 - 10 mSv
•CT Magen	6 - 12 mSv
•CT Bauchraum	10 - 25 mSv
•Arteriographie	10 - 20 mSv

Quelle: Parlamentsbericht 2009 – März 2011



Risiko durch ionisierende Strahlung

Die Dosis bestimmt das Risiko stochastischer Strahlenschäden.

Risiko tödlichen Krebses:

5 % pro Sv bzw. **0,005 % pro mSv**

Risiko schwerer Erbschäden:

1 % pro Sv bzw. **0,001 % pro mSv**

Statistisch gesehen:

Bestrahlung von 100.000 Personen mit je 10 mSv führt zu 50 Krestoten.

Quelle: ICRP Vol. 22, No 1, Oxford, 1991 & WEKA Schulung StrlSch 2004



Dosis-Risiko-Vergleich

Dosis-Risiko-Umrechnungsfaktor:

10 % pro Sv

"Hintergrundrisiko" für Krebs : 25% (Raucher : etwa 35 %) (Sterberisiko)

zum Vergleich :

1.) **Verzehr** von 200 g kontaminiertem (Wildschwein-) **Fleisch** :
1 μ Sv : Risiko von 25% auf 25,00001%

2.) ein Jahr in Freiburg leben statt in Hamburg :
1 mSv : Risiko von 25% auf 25,01%

3.) eine **CT-Untersuchung** :
10 mSv : Risiko von 25% auf 25,1%

4.) Strahlenexponierte AKW-Arbeiter : 180 mSv
Risiko von 25% auf 27%

5.) Verzehr von 100 g Blattgemüse kontaminiert mit 10.000 Bq/kg :
(Spinat gemessen in Fukushima)

oder :

30 h Aufräumarbeiten : 10 μ Sv

Risiko von 25% auf 25,0001%

Quelle: Prof. Breckow THM, Institut für Med. Physik und Strahlenschutz, „Die Reaktorkatastrophe von Fukushima“ 23. März 2011



Dosis-Risiko-Vergleich – Stand 06.07.11

Dosis-Risiko-Umrechnungsfaktor:

10 % pro Sv

"Hintergrundrisiko" für Krebs : 25% (Raucher : etwa 35 %) (Sterberisiko)

Strahlenexposition des Personals:

Überwachte Personen:	3726 Arbeiter
Medizinisch untersucht:	3514 Arbeiter
100 mSv:	124 Arbeiter
100 - 200 mSv	107 Arbeiter
200 – 250 mSv	10 Arbeiter
> 250 mSv	7 Arbeiter

Exponierte Kraftwerkerarbeiter mit
250 mSv
Risiko von 25% to 27.5%

643 or 678 mSv 2 von 7 Arbeitern
Risiko vom 25% to 32% von zwei Arbeitern



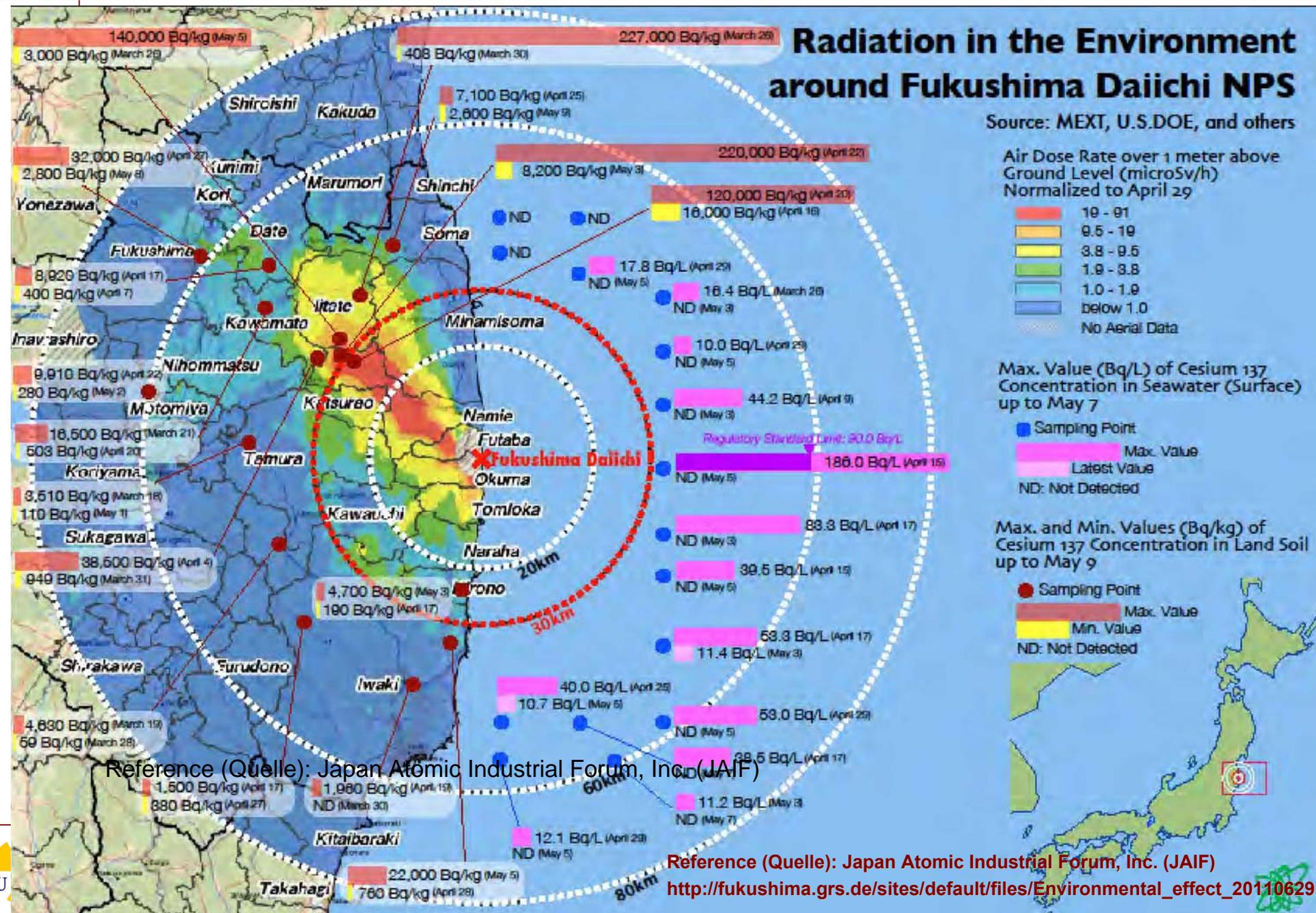
Deutsche Dosisgrenzwerte für Feuerwehr & Polizei pro Einsatz

Tab.: In der Bundesrepublik Deutschland für Einsätze der Feuerwehr und der Polizei festgelegten Dosisgrenzwerte, gegliedert nach Einsatzaufgaben und Dienstvorschriften ([23\[Feu 92\]](#) [24\[Pol 92\]](#))

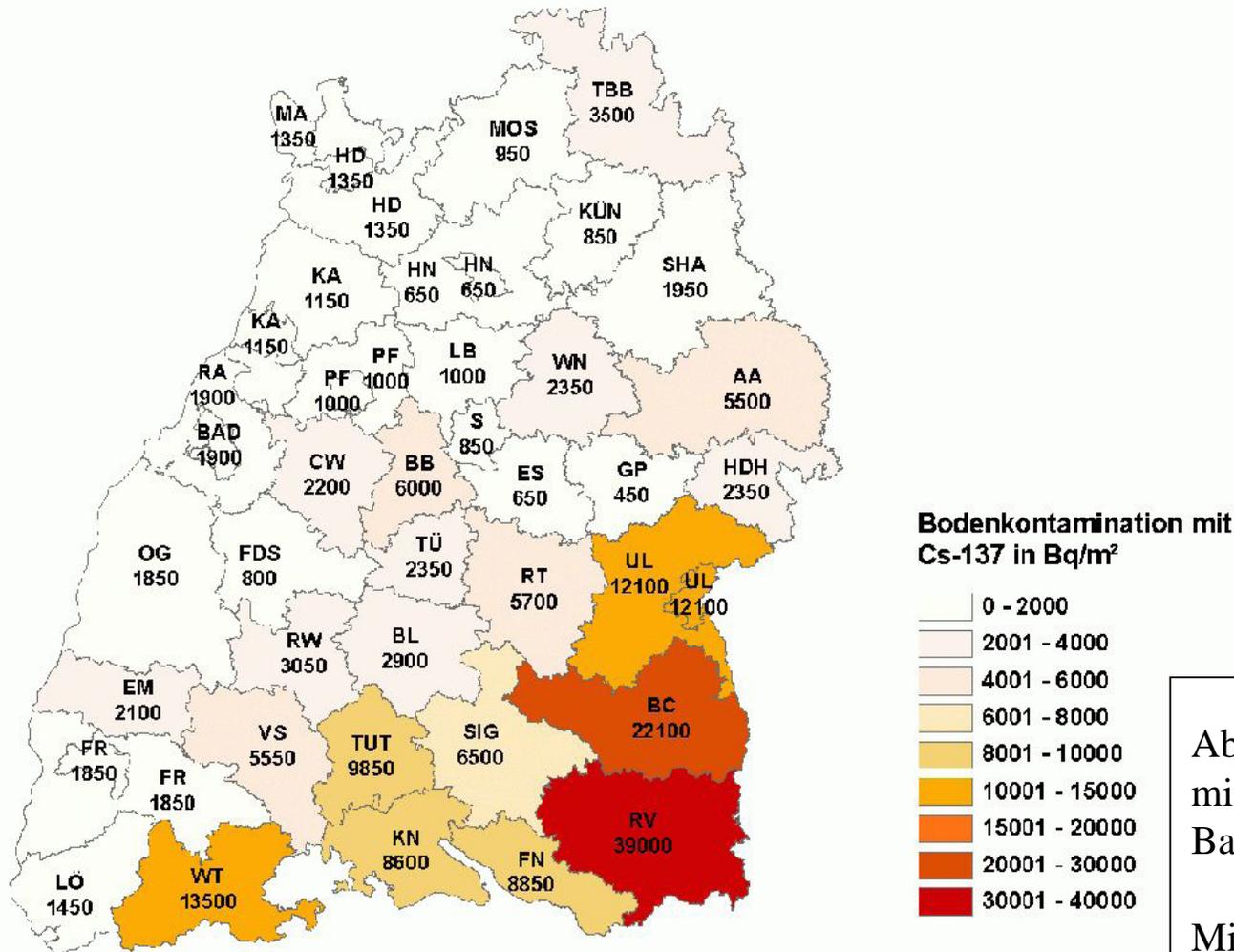
Dosisgrenzwert nach der Unterlage		Einsatzaufgabe / Grundlage
Feuerwehr-Dienstvorschrift (FwDv 9/1)	Leitfaden Polizei (LF 450)	
	5 mSv pro Schadensereignis	Absperrmaßnahmen
15 mSv pro Einsatz	15 mSv Die Dosis aus Absperrmaßnahmen und zum Schutz von Sachwerten ist auf höchstens 15 mSv pro Jahr zu beschränken.	Einsätze zum Schutz von Sachwerten
100 mSv pro Einsatz	höchstens 100 mSv pro Jahr	Einsätze zur Abwehr einer Gefahr für Personen oder zur Verhinderung einer wesentlichen Schadensausweitung
250 mSv pro Einsatz und Leben (auch ohne Beurteilung durch einen Sachverständigen, außer in Bereichen nach §§ 6,7,9 AtG)	250 mSv	Einsatz zur Rettung von Menschenleben
Eine Ganzkörperdosis von 250 mSv darf auf Entscheidung des Einsatzleiters nur überschritten werden, wenn dies nach Beurteilung durch einen Sachverständigen notwendig und vertretbar ist. Die betroffenen Einsatzkräfte sind auf die besondere Lage hinzuweisen.		Überschreitung der Höchstdosis beim Einsatz zur Rettung von Menschenleben
250 mSv Im Laufe eines Lebens sollte eine Ganzkörperdosis von 250 mSv nicht überschritten werden. Die mittlere Ganzkörperdosis im Verlaufe mehrerer Jahre sollte 50 mSv/a nicht überschreiten.	250 mSv Die Summe der ermittelten effektiven Dosen soll im Leben den Wert von 250 mSv nicht überschreiten.	Lebenszeitdosis



Radioaktivität in der Umwelt – Mai 2011



Bodenkontamination in B.-W. nach 1986



Reference (Quelle):

Abb.: Bodenkontamination mit Cs-137 in 1986 für Baden-Württemberg
Mittelwerte für Landkreise



^{137}Cs Kontamination in deutschen Nutzpflanzen 1960 - 1997

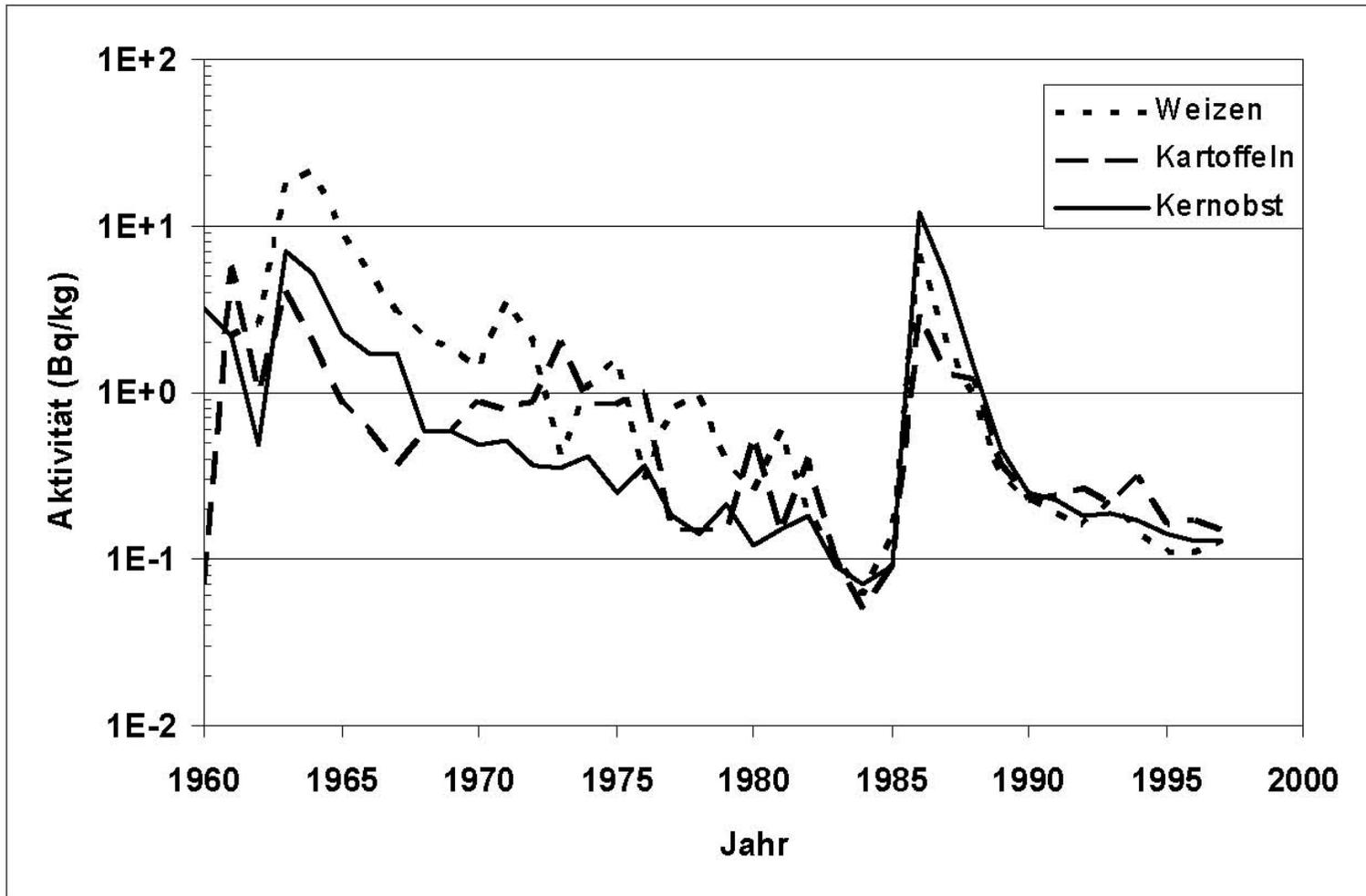


Abb. D-2: Zeitlicher Verlauf der bundesdeutschen Jahresmittelwerte von Cs-137 in ausgewählten Pflanzenprodukten von 1960 bis 1997 (Daten aus [BFS 05a])

^{137}Cs Kontamination in deutschem Fleisch 1960 - 1997

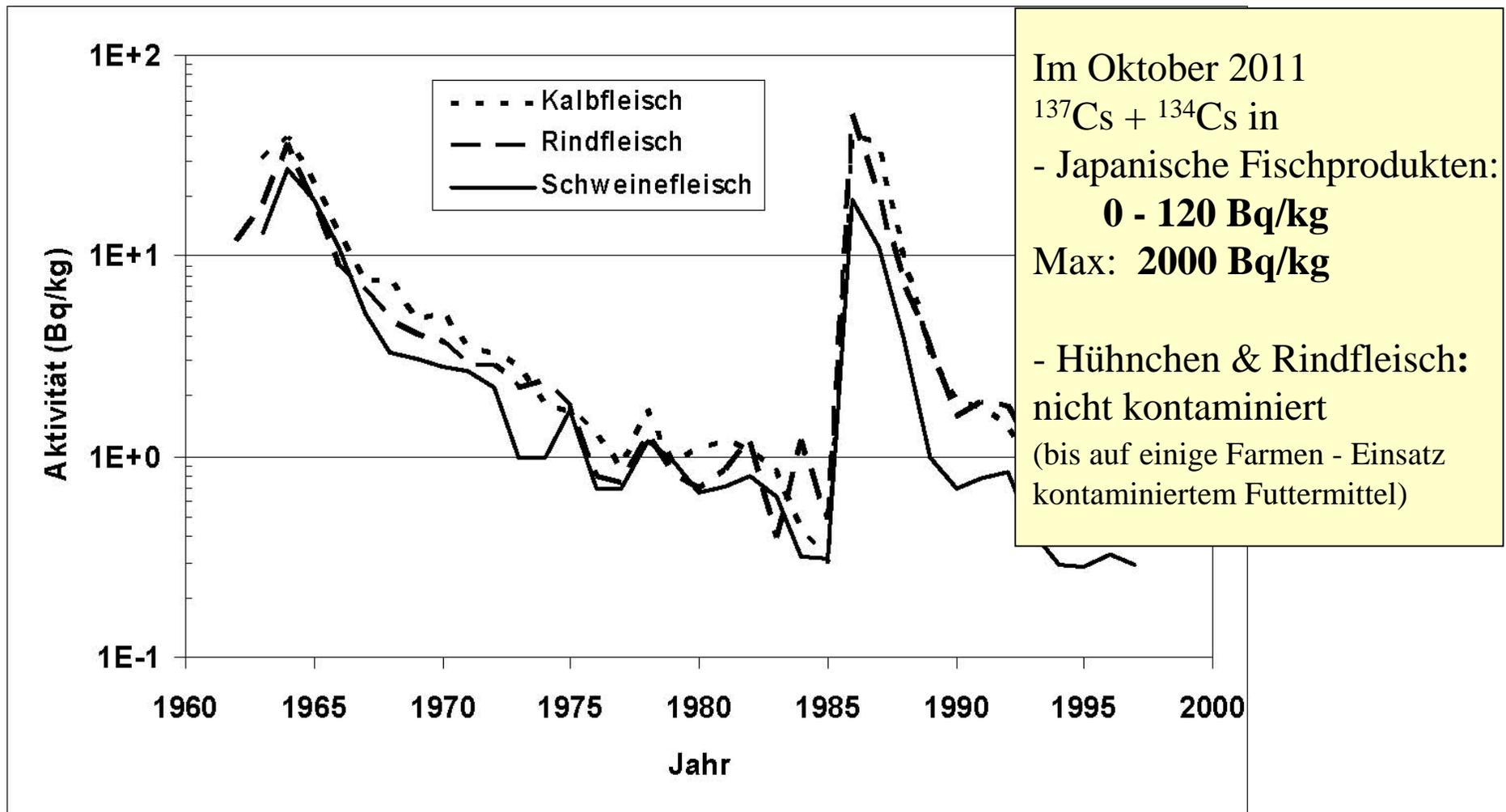


Abb. D-3: Zeitlicher Verlauf der bundesdeutschen Jahresmittelwerte von Cs-137 in ausgewählten Tierprodukten von 1960 bis 1997 (Daten aus [BFS 05a])

Eingreifrichtwerte der FAO/WHO für Radionuklide

Tab. Guidance level for measures of the FAO/WHO for radionuclides in major food for adults /
Eingreifrichtwerte der FAO/WHO für Radionuklide in Hauptnahrungsmitteln für
Erwachsene zum allgemeinen Verzehr 25[FAO/WHO].

Dose conversion factor / Dosis-Konversionsfaktor Sv/Bq	Reference Radionuclides / Repräsentative Radionuklide	Guidance level /Richtwert Bq/kg
10^{-6}	Pu-239, Am-241	10
10^{-7}	Sr-90	100
10^{-8}	I-131, Cs-134, Cs-137	1000

Reference / Quelle: 25[FAO/WHO]: [CODEX Alimentarius]: Food and Agriculture Organisation of the United Nations/World Health Organisation, Codex Alimentarius, General Requirements, Section 6.1, Guideline Levels for Radionuclides in Foods Following Accidental Nuclear Contamination, Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Rome (1991); Quelle: FS-03-124-AKU



EU Höchstwerte für Nahrungsmittel 1989

Tab.: Maximum Values for Food (EU) / Höchstwerte für Nahrungsmittel nach der EU

Radionuclide or groups of radionuclides Radionuklid bzw. Radionuklidgruppe	Milk products Milch-erzeugnisse Bq/kg	Major food Hauptnahrungsmittel*) Bq/kg	Food minor / Nahrungsmittel geringer Bedeutung*) Bq/kg bzw. Bq/l	Food for babies / Nahrungsmittel für Säuglinge*) Bq/kg bzw. Bq/l	Liquid food / Flüssige Nahrungsmittel**) Bq/l
Strontiumisotope, insbesondere Sr-90	125	750	7.500	75	125
Iodisotope, insbesondere I-131	500	2.000	20.000	150	500
Alphateilchen emittierende Plutoniumisotope und Transplutoniumisotope, insbesondere Pu-239, Am-241	20	80	800	1	20
Alle übrigen Radionuklide mit einer Halbwertszeit von mehr als 10 Tagen, insbesondere Cs-134 und Cs-137 (except H-3 & C-14/ gilt nicht für H-3 & C-14)	1.000	1.250	12.500	400	1.000

*) Zu den Hauptnahrungsmitteln zählen Getreideprodukte, Gemüse, Obst, Käse, Fleisch und Fisch. Nahrungsmittel für Säuglinge sind eindeutig als solche gekennzeichnet und für die ersten vier bis sechs Monate bestimmt.

Zu den Lebensmitteln von geringer Bedeutung sind insbesondere zu zählen: Gewürze; Kräutertees; gezuckerte (haltbar gemachte) Früchte, Fruchtschalen und andere Pflanzenteile; Hefe und andere nicht lebende Einzeller; Hopfen (Blütenzapfen); Kapern; Kaviar und Kaviarersatz; Knoblauch; Küchenkräuter; Maniok und dessen Produkte; Maranta; Paranüsse; Algen; Topinambur; Trüffel; Salep; Schalen von Zitrusfrüchten und Melonen; Süsskartoffeln; Vitamine und Provitamine; Gelier-, Verdickungs- und Überzugsmittel pflanzlicher Herkunft (Zusatzstoffe); usw [18|EUR89b|](#).

***) Für **Trinkwasser** sollten nach dem Ermessen der zuständigen nationalen Behörden identische Werte gelten. Flüssige Nahrungsmittel sind Frucht- und Gemüsesäfte, Mineralwasser, Bier und Wein.

Quelle: FS-03-124-AKU



Importgrenzwerte –

Durchführungsverordnung der Kommission (EU) No 297/2011 25.03.2011

Gemäß der neuen EU Verordnung 297/2011 vom 25. März 2011 ergeben sich nun folgende Grenzwerte für den Import aus Japan:

Nahrungsmittel:

	Baby-nahrung Bq/kg	Milch-erzeugnisse Bq/kg	Andere Nahrungsmittel außer Nahrungsmittel von geringer Bedeutung [2] Bq/kg	Flüssige Nah- rungsmittel Bq/kg
Strontiumisotope, insbesondere Sr-90	75	125	750	125
Jodisotope, insbesondere I-131	150	500	2 000	500
Alphateilchen emittierende Plutoniumisotope und Transplutoniumelemente, insbesondere Pu-239, Am-241	1	20	80	20
Alle übrigen Nuklide mit einer Halbwertszeit von mehr als 10 Tagen, insbesondere Cs-134, Cs-137 [1]	400	1 000	1 250	1 000

[1]: C-14, K-40 und Tritium sind nicht enthalten.

[2]: Nahrungsmittel von geringer Bedeutung haben einen 10-fach höheren Wert. Eine Liste der Nahrungsmittel ist in Euratomverordnung 944/89 zu finden.



Pressemitteilung Nr. 080 vom 08.04.11 BMELV

Europäische Kommission legt „strengere“ Grenzwerte für Lebensmittel und Futtermittel aus Japan fest. (**EU Verordnung Nr. 351/2011 vom 11.04.2011**)

Grenzwerte für Lebensmittel und Futtermittel (Bq/kg)

Element	Säuglings- und Kinderlebensmittel	Milch und Milchprodukte	Andere Lebensmittel außer Getränke	Getränke
Strontium	75	125	750	125
Jod	100 (zuvor: 150)	300 (zuvor: 500)	2.000	300 (zuvor: 500)
Plutonium	1	1 (zuvor: 20)	10 (zuvor: 80)	1 (zuvor: 20)
Cäsium	200 (zuvor: 400)	200 (zuvor: 1000)	500 (zuvor: 1250)	200 (zuvor: 1.000)

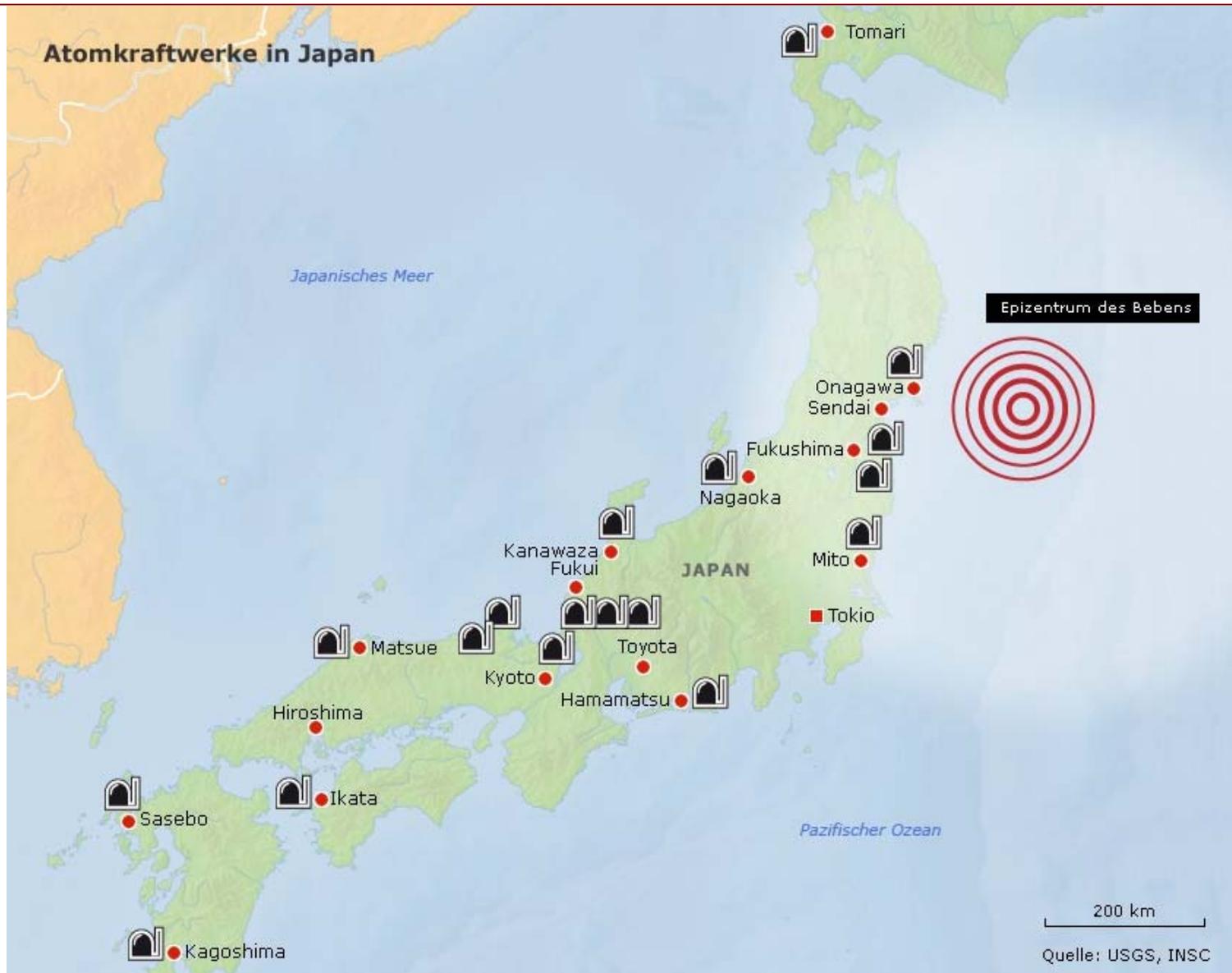
Grenzwerte für Futtermittel (Bq/kg) Element Futtermittel

Cäsium	500
Jod	2.000

Hinweis: Im Originaltext der Verordnung sind genauere Bezeichnungen der Radionuklide sowie erklärende Fußnoten enthalten



18 Kernkraftwerke in Japan 2011



Auswirkungen des Tsunami auf Fukushima

Erklärung der Japanischen Regierung

- **Ein nuklearer Unfall folgte nach dem Tsunami** in einer **noch nie da** **gewesenem Ausmaß** und Zeitraums.
- **Die Situation wurde** für Japan **extrem ernst**, da zusätzlich Gegenmaßnahmen ergriffen werden mussten neben der Bewältigung der ausgedehnten Katastrophe, die das Erdbeben und der Tsunami verursachte.
- Diese nukleare Unfall erwies sich als große Herausforderung für Japan, und Japan wird nun die Situation bewältigen müssen mit den zuständigen inländische Organisationen und unter weltweitere Unterstützung von vielen Ländern.
- **Japan nimmt die Situation sehr ernst** und ist hat ein schlechtes Gewissen, dass der Unfall über die Sicherheit der nuklearen Anlagen zur weltweiten Sorge Anlass gegeben hat. Und vor Allem empfindet Japan **ein aufrichtiges Bedauern** für die Sicherheit der Kernkraftanlagen und die Freisetzung von radioaktivem Material, die zur **Furcht in der Weltbevölkerung Anlass gegeben hat.**

Quelle: http://fukushima.grs.de/sites/default/files/NISA-IAEA-Fukushima_2011-06-08.pdf

Reference: Report of Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety, June 2011, Nuclear Emergency Response Headquarters Government of Japan



Fazit

September 2011

19.781 Personen werden als vermisst gemeldet oder sind umgekommen.
davon **15.815 Tote** aufgrund des Erdbebens bzw. des Tsunamies
und noch **3.966 Vermiste**.

112.405 Personen sind noch in Notunterkünften

Keine Tote aufgrund der Strahlenexposition

Strahlenexposition des Kraftwerkspersonals:

124 Arbeiter	100 mSv
107 Arbeiter	100 - 200 mSv
10 Arbeiter	200 – 250 mSv
7 Arbeiter	> 250 mSv
(2 von 7 Arbeitern	643 bzw. 678 mSv)

Kumulierte Dosis der
evakuierten Bevölkerung
nach Fukushima, Koriyama
& Nihonmatsu:
50 – 60 mSv/a (geschätzt)

Quellen: Report of Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety, June 2011; IAEA-Report 2011-09-07;
Hosoda, M.; Tokonami, S. et.al., The time variation of dose rate artificially increased by the Fukushima nuclear crisis, scientific reports, Nature 07.09.11



Karikatur zur Reaktor-Katastrophe

FUKUSHIMA



Distribution Modells & Monitoring network

Ausbreitungsmodelle & Messnetze

Ausbreitungsprognosen

Uni Köln EURAD:

Abschätzung der weltweiten Ausbreitung von Cs-137 von Fukushima mit Hilfe von Ausbreitungs-Modellen:

<http://www.eurad.uni-koeln.de/>

http://db.eurad.uni-koeln.de/prognose/data/alert/cs_hem_1h_movtotal_1.gif

Monitoring networks / Messnetze

International:

CTBTO (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization) :

The **Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty** (CTBT) (Organization) bans nuclear explosions by everyone, everywhere.

<http://www.ctbto.org/verification-regime/>

National:

IMIS (Bundesweites Ortsdosis(leistungs)-Messnetz gemäß Strahlenschutz-Vorsorgegesetz (1987)):

<http://www.bfs.de/ion/imis>

<http://odlinfo.bfs.de/>



Zusammenfassung

Gibt es Fragen zu den Themen?

- **Einleitung**
- **Grenz- und Richtwerte**
- **Natürlicher & zivilisatorischer Strahlenexposition**
- **Fazit**

