

**Bewertung der Folgen von auslegungsüberschreitenden und  
schweren Unfälle, Prinzipien und Methoden der  
Katastrophenschutzplanung und Katastrophenbewältigung im  
KKW Temelin**

**Staatliche Atomaufsichtsbehörde  
Prag, CR, Mai 2001**

## Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| 1. Einführung   | 3  |
| 2. Gesetzgebung   | 3  |
| 3. Kriterien für die Festlegung der Katastrophenschutzzonen     | 4  |
| 4. Technische Anfangsdaten                                      | 6  |
| 5. Berechnungscodes für die Analysen der Ausbreitung            | 10 |
| 6. Katastrophenschutzzonen des KKW Temelin                      | 11 |
| 7. Vergleich der Ergebnisse                                     | 13 |
| 8. Gewährleistung der Benachrichtigung, Warnung der Bevölkerung | 13 |
| 9. Durchführung der Schutzmaßnahmen, Schlußfolgerungen          | 14 |

### Annex

|  |    |
|--|----|
| A.1 Ergänzende Anmerkungen                     | 17 |
| A.2 Tabellen                                   | 24 |
| A.3 Abbildungen                                | 26 |
| A.4 Vergleichstabellen zu Notiz 2 auf Seite 16 | 33 |

# Bewertung der Folgen von auslegungüberschreitenden und schweren Unfälle Prinzipien und Methoden der Katastrophenschutzplanung und Katastrophenbewältigung im KKW Temelin

## 1. Einleitung

Ziele des Systems der Katastrophenschutzplanung und der Katastrophenschutzbereitschaft sind:

- Verringerung des Risikos oder Verringerung der Unfallfolgen an der Quelle
- Verhinderung von ernsten deterministischen Gesundheitsfolgen
- Verhinderung von möglichen stochastischen Gesundheitsfolgen, soweit vernünftigerweise erreichbar

Das erste Ziel liegt in der Verantwortung des Betreibers des KKW. Dies umfaßt die Prävention oder Verringerung von Austritten radioaktiven Materials und der Bestrahlung von Mitarbeitern und der Bevölkerung. Die weiteren zwei Ziele liegen in der geteilten Verantwortung des Betreibers des KKW und der verantwortlichen Organisationen außerhalb des KKW (lokale Behörden, Rettungssystem). Diese Ziele erfordern die Anwendung von Schutzmaßnahmen und Schutzaktionen.

Die Gesamtorganisation der Katastrophenschutzplanung und der Maßnahmen werden in Blockdiagrammen angeführt:

- Organisation der Katastrophenschutzplanung (Abb. 1)
- Organisation der Katastrophenschutzmaßnahmen (Abb. 2)

## 2. Gesetzgebung

Die grundlegende Anforderung an die Katastrophenschutzbereitschaft und die Maßnahmen für nukleare Unfälle und Strahlenunfälle sind in der neuen „Krisengesetzgebung“ (Gesetz Nr. 238/2000 Gb., Gesetz Nr. 239/2000 Gb., Gesetz Nr. 240/2000 Gb., Gesetz Nr. 241/2000 Gb., Regierungsbeschluß der ČR Nr. 462/2000) festgelegt, die von der Regierung der CR und dem Parlament der CR verabschiedet wurden und seit 1. Jänner 2001 in Kraft sind. Die neue Krisengesetzgebung bildet die Grundlage für die Vorbereitung von nationalen Katastrophenschutzplänen, die nun im Vorbereitungsstadium sind. Jedes Ministerium, jede Organisation (mit Berechtigung) haben ihre Verantwortung festgelegt. Deren Beziehungen untereinander sind in der Krisengesetzgebung und in den zugehörigen Gesetzen und Verordnungen definiert. Nach einem Strahlenunfall sind neben der Krisengesetzgebung auch Gesetz Nr. 18/1997 Gb. (Atomgesetz) und dessen Durchführungsverordnungen von Bedeutung; in diesen Gesetzesdokumenten sind die Pflichten und Verantwortlichkeiten der Lizenzhalter (Berechtigten) für den Bereich Kernenergie und Behandlung von Quellen ionisierender Strahlung bestimmt.

Im Falle von nuklearen Unfällen und Strahlenunfällen hat die Tschechische Regierung bilaterale Verträge mit den Nachbarstaaten und die IAEO – Konvention unterzeichnet. Für den Fall von Unfallsituationen haben die Behörden in den Regionen (Bezirken), auf deren Gebiet sich KKW befinden (Gesetz Nr. 425/1990 Gb.), Regional – und Bezirkskatastrophenschutzpläne und externe Katastrophenschutzpläne vorbereitet. Diese Behörden werden die Katastrophenschutzbereitschaft überprüfen und Rettungsdienst, Katastrophenschutzdienste, fachliche und weitere Dienste bereitstellen, wie auch administrative Räumlichkeiten und lokale Dienste, physische und juristische Personen bei der Einschränkung der Unfallfolgen koordinieren. Die Informationen an die Gesundheitsbehörden

(anfängliche und zusätzliche über den Verlauf und die Folgen der Unfälle) sind Teil der genannten Pläne. Auf Basis der Gesetzgebung sind SUJB, das KKW und die Lokalbehörden im Kontakt, so daß festgestellt werden kann, ob die internen und externen Katastrophenschutzpläne übereinstimmen. Diese Abkommen müssen abgeschlossen werden, bevor die Katastrophenschutzpläne genehmigt werden. (Siehe ergänzende Anmerkung 1, Seite 17).

### 3. Kriterien für die Festlegung von Zonen der Katastrophenschutzplanung des KKW Temelin

Für den überwiegenden Teil der schweren Unfälle wird die Katastrophenbekämpfung in zwei Bereichen durchgeführt:

- KKW-Gelände Bereich – der Bereich, der das KKW innerhalb der Sicherheitszone umgibt, der durch einen Zaun oder auf einen Art ausgewiesen ist. Dieser Bereich untersteht der direkten Kontrolle des KKW – Betreibers.
- äußerer Bereich – Bereich der Zonen der Katastrophenschutzplanung - Zone der vorübergehenden (automatischen) Maßnahmen (PAZ), Zone der Maßnahmen ohne Aufschieb (UPZ), Zone der langfristigen (Folge -) Maßnahmen (LPZ)

**PAZ** - Zone der vorläufigen (automatischen) Maßnahmen ist der Bereich, für den Maßnahmen ohne Aufschieb im voraus geplant werden und sofort nach Ausrufung der Katastrophensituation angewendet werden. Deren Ziel ist die bedeutende Verringerung des Risikos ernster deterministischer Gesundheitsfolgen durch die Anwendung von Schutzmaßnahmen und Aktionen vor Austritt.

**UPZ** - Zone der Maßnahmen ohne Aufschieb ist der Bereich, in dem Maßnahmen für die schnelle Durchführung von Schutzmaßnahmen auf der Grundlage des Umweltmonitorings durchgeführt werden.

**LPZ** - Die Zone der langfristigen (Folge -) Maßnahmen ist der Bereich, in dem im voraus Vorbereitungen für die Durchführung wirkungsvoller Maßnahmen zur Verringerung der langfristigen Dosen aus Deposition und Ingestion.

**Tabelle 1: Vorgeschlagene Größe der Zonen für vorläufige Maßnahmen, Maßnahmen ohne Aufschieb und die langfristigen Maßnahmen, entsprechend der Empfehlungen des IAEA TECDOC – 953**

|                                | Größe der Zone für vorläufige Maßnahmen | Größe der Zone für Maßnahmen ohne Aufschieb | Größe der Zone der langfristigen Maßnahmen |
|--------------------------------|---|---|--|
| Empfehlungen IAEA-TECDOC - 953 | 3-5 km                                  | 10-25 km                                    | 50-100 km                                  |

Die Größe von **PAZ** beruht auf den folgenden Überlegungen:

- dringende Schutzmaßnahmen vor oder unmittelbar nach Beginn der Freisetzung in durchgeführt dieser Zone, **verringern bedeutend das Risiko der Dosis und verhindern Dosen**, die den Grenzwert einer tödlichen Dosis für die schwersten Unfälle des KKW überschreiten würden
- bei Freisetzungen in die Atmosphäre umfaßt unter **durchschnittlichen** Bedingungen diese Zone die Entfernung, in der bis zu 90% der ernsten deterministischen Gesundheitsfolgen eintreten würden

Die Größe von **UPZ** beruht auf der Voraussetzung, daß eine effektive Durchführung von Schutzmaßnahmen detailliert geplant werden muß. Diese Zone sollte jene Entfernung einschließen, in der 99% des Risikos für ernste deterministische Gesundheitsfolgen besteht. Im konkreten Fall eines schweren Unfalls können die Schutzmaßnahmen auf einen **kleinen Bereich** der UPZ – Zone beschränkt werden. Andererseits kann es bei dem größten möglichen Unfall notwendig sein, auch über **die Zone UPZ hinaus** Maßnahmen zu setzen. Die Zone UPZ ist ein Bereich, wo eine Vorbereitung für die schnelle Durchführung von Strahlenmonitoring und die Durchführung dringender Maßnahmen basierend auf den Monitoringergebnissen durchgeführt wurden. Es sind Pläne und Fähigkeiten für **Schutzräume, Evakuierung und Distribution von Jodtabletten** vorbereitet. Die Pläne beachten die Tatsache, daß eine Evakuierung bis in die Entfernung des Zonengrenze UPZ erforderlich sein kann (Sammelzentren für die Evakuierung befinden sich außerhalb der Zone).

Die Größe der Zone **LPZ** stellt den Bereich dar, wo die Vorbereitung zur wirkungsvollen Durchführung von Schutzmaßnahmen für die Verringerung des Risikos deterministischer und stochastischer Gesundheitsfolgen aus langfristiger Exposition, aus Deposition und Ingestion aus lokal produzierten Lebensmitteln stattfindet. Die Zone LPZ umfaßt eine Entfernung, in der bis zu 99% des Risikos von Dosen über dem Eingriffsniveau eintreten kann. In dieser Zone wird viel mehr Zeit für die wirkungsvolle Durchführung der Aktion zur Verfügung stehen. Zusammengefaßt bestehen **die Schutzmaßnahmen aus Umsiedlung, Einschränkung von Lebensmitteln und Maßnahmen in der Landwirtschaft, die auf dem Strahlenmonitoring und Lebensmittelproben basieren werden.**

Die genannten Maßnahmen, die auf internationalen Empfehlungen (z.B. IAEA TECDOC – 955/1997) zur Festlegung der Zonen der Katastrophenschutzplanung beruhen, sind in der Gesetzgebung der CR detailliert in SUJB – Verordnung Nr. 184/1997 ausgearbeitet. Diese Verordnung ist die Durchführungsverordnung für die Sicherstellung des Strahlenschutzes zu Gesetz Nr. 18/1997 Gb., wo die Paragraphen 64-66 die Methode und den Umfang der Sicherstellung des Strahlenschutzes bei Einsätzen zur Verringerung von Bestrahlung als Folge eines Strahlenunfalls (einschließlich der Aktionsebenen für die einzelnen Arten von Schutzmaßnahmen) beschreiben. Der Beschluß der Regierung Nr. 11 behandelt die Zonen der Katastrophenschutzplanung. Auf der Grundlage dieses Beschlusses muß der Vorschlag zur Festlegung der Zonen der Katastrophenschutzplanung vor allem folgendes enthalten:

- Verzeichnis der möglichen Strahlenunfälle mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit für konkrete nukleare Anlagen von größer oder gleich pro  $10^{-7}$  Jahr. Dabei sollte beachtet werden, daß die Anforderungen der tschechischen Gesetzgebung um mehr als zwei Ordnungen (100x) strenger sind als die internationale Praxis für bestehende KKW und um eine Ordnung (10x) strenger als die Anforderungen an zukünftige KKW.
- Beschreibung des erwarteten Verlaufs und der Entwicklung der einzelnen Strahlenunfälle (mit Bestimmung der möglichen Austrittsstelle in der nuklearen Anlage mit dem zeitlichen Verlauf des Strahlenunfalls usw.)
- Verzeichnis der möglichen Folgen der einzelnen Strahlenunfälle einschließlich der Auswertung der möglichen Personenbestrahlung und der Möglichkeit der Überschreitung der Eingriffsebenen für dringende Maßnahmen

#### **4. Technische Anfangsdaten für die Vorbereitung von analytischen Dokumenten für die Bewertung der Größe der Zonen der Katastrophenschutzplanung im KKW Temelin.**

Die Größe der Zonen der Katastrophenschutzplanung beruht auf der Methodik und den Berechnungen des Forschungsinstituts VUJE Trnava (Ingenieurs - , Projekt -, und Forschungsorganisation) mit Verwendung der allgemein akzeptierten Methode nach NUREG – 0771 (Bewertung der Quellterme durch die staatliche Aufsicht Regulatory Guide 1.4. (Annahmen für die Bewertung möglicher Strahlenfolgen bei Kühlmittelverlustunfällen in Druckwasserreaktoren), dem Regierungsbeschluß der CR und weiter auf Rechenprogrammen, die für diese Zwecke von der staatlichen Aufsichtsbehörde entworfen und genehmigt wurden. Als Berechnungsgrundlage wurden Strahlendosen aus der tschechischen Gesetzgebung (begründet auf international akzeptierten Standards) gewählt.

Es wurde die beiden schwersten Unfälle des KKW Temelin berechnet - Typ AB (großer LOCA – Unfall mit vollständigem Verlust der Stromversorgung) und Typ V (großes Leck aus dem Primär – in den Sekundärkreis mit vollständigem Verlust der Stromversorgung). Auf der Grundlage derer Quellterme wurde die Entfernung für die Eingreifebenen der dringenden Maßnahmen berechnet. In den Berechnungen wurde ein Szenario mit Durchschmelzen der Grundplatte des Containments (Containment by-pass) mit einem entsprechenden Beitrag zur Quellterme erwogen (Siehe ergänzende Anmerkung 2, Seite 18).

Im Bezug auf die Verabschiedung des Regierungsbeschlusses Nr. 11 und der zur Verfügung stehenden Ergebnisse der PSA 2 wurde beschlossen, die Technik der Sicherheitsbewertung basierend auf Wahrscheinlichkeit zu verwenden, um zu bestätigen, daß keine weiteren schweren Unfälle eintreten können. Die für das KKW Temelin spezifische PSA Level 2 – Studie, die in diesem Prozeß verwendet wurde, wurde fertiggestellt und von der IPERS Mission unter der Schirmherrschaft der IAEO in der Periode 1994 – 1996 einer peer review unterzogen. Die Studie basiert auf stark konservativen Daten und bezieht einige wesentlichen Modernisierungsmaßnahmen nicht mit ein. Eine Überarbeitung der Studie, die die aktuellen Stand der Anlage berücksichtigen soll, wurde von kurzem begonnen.

Laut diesem Regierungsbeschluß ist der Betreiber des KKW verpflichtet, als input in den Entscheidungsprozeß bei SUJB über die Festlegung von Zonen der Katastrophenschutzplanung ein Verzeichnis der möglichen Strahlenunfälle mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit für konkrete nukleare Anlagen von größer oder gleich  $10^{-7}$  pro Jahr vorzulegen. Als Folge der Tatsache, daß dieser Regierungsbeschluß erst nach der Festlegung der Zonen der Katastrophenschutzplanung im KKW Temelin verabschiedet wurde, legte der Betreiber das genannte Verzeichnis nachträglich vor. Die Auswahl dieser Ereignisse wurde unter Verwendung der folgenden zwei Kriterien vorgenommen:

- Unfallablauf mit der höchsten Eintrittswahrscheinlichkeit *d.h. mit der höchsten Eintrittswahrscheinlichkeit*
- Unfallablauf mit dem schwerstes Ablauf *d.h. mit der höchsten Quellterme in Relation zur Häufigkeit*

Aus den unten angeführten Unfallszenarien ist zu erkennen, daß die beiden ersten Abläufe beide Kriterien erfüllen. Es sind dies die Abläufe:

Größeres Leck aus dem Primär – in den Sekundärkreis (T9S02)  
Großer LOCA (S2S02)

Der erste Unfallverlauf ist als großes Leck aus dem Primär – in den Sekundärkreis definiert, wo es dem Operator nicht gelingt, die Druckentlastung und Abkühlung des 1. Kreises durchzuführen. Zu Beschädigung des Kerns und der anschließenden Freisetzung von radioaktiven Stoffen kommt es in Folge der Verlusts der Fähigkeit den Kern zu kühlen, als Folge der Entleerung des Behälters GA 201 und in Folge zur Aktivität der Notsysteme.

Dasselbe intiiierende Ereignis mit einem gleichzeitigen vollständigen Verlust der Stromversorgung wird als Verlauf V definiert, der für die Zwecke der Festlegung von Zonen der Katastrophenschutzplanung analysiert wurde. Es ist offensichtlich, daß der Verlauf V einen wesentlich schnelleren Unfallverlauf nimmt. Die Verwendung der Ergebnisse von Verlauf V für die Festlegung der Größen von Zonen der Katastrophenschutzplanung wird damit begründet, daß es sich um ein konservatives Szenario handelt.

Der zweite Unfallverlauf ist als großes Leck LOCA mit gleichzeitigem Versagen des Niederdrucksystem der Notkühlmittelnachfüllung definiert. Die übrigen Notsysteme arbeiten normal. Als Folge der nicht ausreichenden Kühlkapazität kommt es zu einer ernsten Beschädigung des Kerns mit anschließender Beschädigung des Reaktordruckbehälters. Als Folge der Tätigkeit der Sprinklersysteme kommt es zu keinem Überdruck im Containment, zum Zeitpunkt dessen Beschädigung sind die wichtigsten radioaktiven Stoffe bereits aus der Atmosphäre des Containments ausgewaschen und in dessen Becken aufgefangen (siehe ergänzende Anmerkung 3, Seite 19).

Die übrigen Unfallverläufe, die die Kriterien des Regierungsbeschlusses Nr. 11 erfüllen und in Hinblick auf deren Folgen bei der Festlegung der Zonen der Katastrophenschutzplanung KKW Temelin verwendet wurden, sind die folgenden:

- kleiner LOCA (bezeichnet als S4S10) mit Versagen der Notnachfüllsysteme
- Übergangsprozeß mit Reaktorabschaltung (bezeichnet als TFRS11), der durch einen Brand ausgelöst wurde und dessen Folge ein kleiner LOCA mit anschließendem Versagen der Hochdrucksysteme der Notkühlachfüllung der Hydroakkumulatoren ist
- Übergangsprozeß ohne Reaktorabschaltung (bezeichnet als TSS06) mit vollständigem Verlust der Dampfgeneratorspeisung
- Übergangsprozeß ohne Reaktorabschaltung (bezeichnet als TSS05) verursacht durch einen Brand, als dessen Folge der Verlust der Dampfgeneratorspeisung und die Nicht – Gewährleistung von feed/bleed eintritt
- Übergangsprozeß mit Reaktorabschaltung (bezeichnet als TFR S04), verursacht durch einen Brand, als dessen Folge tritt vollständiger Verlust der Stromversorgung ein

Aus den genannten Verläufen kann man ableiten, daß sie durch einen leichteren Verlauf mit längeren Zeitintervallen und gleichzeitig niedrigeren Quelltermen charakterisiert sind, als bei den Verläufen, die für die Festlegung der Zonen der Katastrophenschutzplanung – d.h. Verlauf AB und V – verwendet wurden.

Aus den angeführten Analysen der Bewertung der Richtigkeit der Auswahl der Unfallverläufe AB und V für die Festlegung der Zonen der Katastrophenschutzplanung kann man unter dem Aspekt der Wahrscheinlichkeitsbewertung der Sicherheit KKW Temelin folgende Schlußfolgerungen ziehen:

- die zwei schwersten Unfallverläufe, die auf Basis der Ergebnisse der PSA Level 2 bestimmt wurden, sollten einen wesentlich längeren und leichteren Verlauf und geringere Quellterme haben als die Verläufe AB und V

- die übrigen Unfallverläufe, die auf Basis der Ergebnisse der PSA Level 2 bestimmt wurden, sind nicht schwerer als die Verläufe, die zum Zwecke der Festlegung der Zonen der Katastrophenschutzplanung analysiert wurden.
- die Ergebnisse der PSA indizieren keine weiteren Verläufe, die stärkere Strahlenfolgen hätten, als die analysierten Verläufe AB und V
- die Verwendung der Ergebnisse der Verläufe AB und V als Input für die Entscheidung von SUJB bei der Festlegung der Zonen der Katastrophenschutzplanung KKW Temelin steht in Einklang mit einer konservativen Vorgangsweise.

Auf der Grundlage der Bewertung wurde das erforderliche Ausmaß der Analysen mit SUJB diskutiert, was für die Bestätigung der Richtigkeit der Festlegung der Zonen der Katastrophenschutzplanung notwendig ist. Diese Analysen wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Atomforschung in Rez durchgeführt, vor allem im Falle der zwei genannten charakteristischen Unfallverläufe und der übrigen vorgeschlagenen Szenarien, bei denen man bedeutende Werte für die Quellterme erwarten kann. Zusammenfassend wurden die folgenden fünf Gruppen von Unfallsequenzen erwogen, die vom Institut für Atomforschung in Rez mit Verwendung des Programms MELCOR analysiert wurden:

Sequenz 1a – Leck aus dem 1. in den 2. Kreis an Schleife Nr. 1 mit Temperatur – creep der Leitung des heißen Stranges

Sequenz 1b – Leck aus dem 1. in den 2. Kreis an Schleife Nr. 1 ohne Temperatur – creep der Leitung des heißen Stranges

Sequenz 2 – LOCA Unfall mit Wasserstoffbrand

Sequenz 3 – LOCA Unfall mit Wasserstoffexplosion

Sequenz 4 – vollständiger Verlust der Stromversorgung mit dauerhaftem Versagen aller aktiven Sicherheitssysteme

Sequenz 5 – LOCA Unfall mit Inbetriebnahme des Notkühlsystems bei Beschädigung des unteren Teils des Reaktordruckbehälters

Detailliertere Information ist als ergänzende Anmerkung 4, Seite 21 zu finden.

Daneben wurden Berechnungen der Strahlenfolgen nach dem Austritt der radioaktiven Stoffe aus dem KKW in die Umgebung mit Hilfe des Programms RTARC angestellt. Die Berechnungen wurden für die Wetterkategorie F (“das schlimmste” – die in einem kleinen Gebiet werden die höchsten Dosen erzielt) und für die Wetterkategorie D (häufigste Kategorie) gemacht.

#### **Wahrscheinlichkeit der Wetterkategorien in der Umgebung des KKW Temelin [%]**

| Kategorie | A    | B    | C     | D     | E     | F     |
|-----------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 1994      | 2,03 | 6,78 | 16,46 | 40,91 | 11,32 | 22,49 |
| 1995      | 0,74 | 5,91 | 14,18 | 41,26 | 13,77 | 24,14 |
| 1990-1995 | 1,42 | 6,11 | 15,76 | 40,91 | 13,29 | 22,55 |

## Wahrscheinlichkeit der Wetterkategorien in der Umgebung des KKW Temelín [%] und die Vermischung der Schichtenhöhe

| Kategorie                         | A    | B    | C     | D     | E     | F     |
|-----------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| [%]                               | 1,42 | 6,11 | 15,76 | 40,91 | 13,29 | 22,55 |
| Vermischung der Schichtenhöhe [m] | 1300 | 900  | 850   | 800   | 400   | 100   |

Die Entfernungen mit denen die generischen Interventionsniveaus für die Anwendung der unaufschiebbaren Maßnahmen erreicht werden, sind in Tabelle 2 ersichtlich.

Voraussetzungen für die Berechnungen:

- Wetterkategorie D, Windgeschwindigkeit 5 m/s, am häufigsten
- Wetterkategorie F, Windgeschwindigkeit 2 m/s, am schwerwiegendsten
- stabile Geschwindigkeit und Richtung des Winds für die gesamte Periode, d.h. 7 Tage
- Berechnungen wurden in der Achse der radioaktiven Wolke durchgeführt
- Dauer der Berechnung: 2 Tage, 7 Tage ab Beginn der Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umgebung
- Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung werden nicht durchgeführt, eine Person befindet sich 24 Stunden im Freien in der radioaktiven Wolke und atmet die radioaktiven Stoffe ein, nach Durchzug der Wolke steht die Person auf kontaminiertem Boden und atmet ebenfalls radioaktive Stoffe ein, die aus dem Boden resuspendiert werden

**Tabelle 2.1: Ergebnisse der Berechnung der Strahlenfolgen**  
Stabilitätsklasse D

| Sequenz | 2 Tage                                |        |        | 7 Tage                                |         |         |
|---------|---------------------------------------|--------|--------|---------------------------------------|---------|---------|
|         | Eingreifenebene (Interventionsniveau) |        |        | Eingreifenebene (Interventionsniveau) |         |         |
|         | 5 mSv                                 | 10 mSV | 50 mSv | 50 mSv                                | 100 mSv | 500 mSv |
| AB_01   | 2 km                                  | 1 km   | -      | -                                     | -       | -       |
| AB_02   | 3 km                                  | 2 km   | -      | -                                     | -       | -       |
| AB_03   | 4 km                                  | 2 km   | -      | 1 km                                  | -       | -       |
| AB_04   | 3 km                                  | 2 km   | -      | -                                     | -       | -       |
| ST_V    | 1 km                                  | -      | -      | -                                     | -       | -       |
| ST 1*   | 14 km                                 | 9 km   | 4 km   | 5 km                                  | 3 km    | 2 km    |
| ST 1**  | 15 km                                 | 10 km  | 4 km   | 5 km                                  | 3 km    | 2 km    |
| ST 2    | -                                     | -      | -      | -                                     | -       | -       |
| ST 3*   | 6 km                                  | 4 km   | 1 km   | 1 km                                  | -       | -       |
| ST 3**  | 6 km                                  | 3 km   | 1 km   | 1 km                                  | -       | -       |
| ST 4    | -                                     | -      | -      | -                                     | -       | -       |
| ST 5    | 1 km                                  | -      | -      | -                                     | -       | -       |

Diese Ergebnisse bestätigen, daß die festgelegten Zonen der Katastrophenschutzplanung d.h. PAZ und UPZ – 5 km und 13 km ausreichend konservativ festgelegt (auch der Vorschlag des Betreibers – 10 km – ist ausreichend) sind. Aus dem genannten geht hervor, daß die Anforderungen, die für Europäische Verhältnisse ungewöhnlich streng sind und durch den Regierungsbeschluß Nr. 11 bestimmt sind, erfüllt werden.

**Tabelle 2.2: Resultate der Berechnung der Strahlenfolgen**

| Stabilitätsklasse F |                                       |         |        |                                       |         |         |
|---------------------|---------------------------------------|---------|--------|---------------------------------------|---------|---------|
| Sequenz             | 2 Tage                                |         |        | 7 Tage                                |         |         |
|                     | Eingreifenebene (Interventionsniveau) |         |        | Eingreifenebene (Interventionsniveau) |         |         |
|                     | 5 mSv                                 | 10 mSv  | 50 mSv | 50 mSv                                | 100 mSv | 500 mSv |
| AB_01               | 8 km                                  | 5 km    | -      | 1 km                                  | -       | -       |
| AB_02               | 14 km                                 | 8 km    | 2 km   | 2 km                                  | 1 km    | -       |
| AB_03               | 18 km                                 | 11 km   | 3 km   | 4 km                                  | 2 km    | -       |
| AB_04               | 16 km                                 | 9 km    | 1 km   | 2 km                                  | -       | -       |
| ST_V                | > 40 km                               | > 40 km | -      | -                                     | -       | -       |
| ST 1*               | 35 km                                 | 23 km   | 2 km   | 3 km                                  | 2 km    | 2 km    |
| ST 1**              | 35 km                                 | 17 km   | 5 km   | 5 km                                  | 3 km    | 2 km    |
| ST 2                | -                                     | -       | -      | -                                     | -       | -       |
| ST 3*               | 27 km                                 | 19 km   | 2 km   | 2 km                                  | 2 km    | -       |
| ST 3**              | 21 km                                 | 14 km   | 2 km   | 3 km                                  | 2 km    | -       |
| ST 4                | -                                     | -       | -      | -                                     | -       | -       |
| ST 5                | 5 km                                  | 2 km    | -      | -                                     | -       | -       |

Anm.:

*ST 1\* und ST 3\** - Berechnungen für das tatsächliche Terrain, Richtung Týn nad Vltavou

*ST 1\*\* und ST 3\*\** - Berechnungen für das tatsächliche Terrain, Richtung České Budějovice

## 5. Berechnungscodes, die für die Analyse der Ausbreitungscharakteristik verwendet werden

Es wurde eine Reihe von Rechenprogramme für die Bewertung der Ausbreitungscharakteristik von Radionukliden und deren Strahlenfolge verwendet (vor allem, um Vergleiche anzustellen), von relativ einfachen Codes der IAEO (InterRASS, beschrieben in TECDOC – 955) bis zum Programm RTARC (standardisiert von SÚJB).

Die Bewertung der Quellterme wurde mit dem Rechenprogramm STCP (Source Term Code Package) durchgeführt, das von der IAEO den Mitgliedsländern zur Verfügung gestellt wird. Es wurde für WWER modifiziert und von VUJE verwendet. Die Analyse des Quellterms wurde vom Institut in Rež mit dem Rechenprogramm MELCOR 1.8.3 durchgeführt (zu den verwendeten Codes siehe ergänzende Anmerkung 5, Seite 21).

Die Berechnungen umfassen: atmosphärischen Transport und Verbreitung, Bewertung der Dosen (äußere Dosis aus der Wolke, Inhalation aus der Wolke, Resuspension der radioaktiven Stoffe, äußere Dosis aus dem Deposit), Bewertung und Benennung der betroffenen Gebiete, Bewertung der frühen Gesundheitsfolgen, zeitliche Abhängigkeit des Dosisleistung in ausgesuchten Städten usw., Simulation von Schutzmaßnahmen (Schutzräume, Verteilung von Jodtabletten).

Das Programm RTARC wurde entsprechend dem Qualitätssicherungsprogramm erstellt, das die Firma Lloyd's Register Quality Assurance in VUJE verwendet.

Das Rechenprogramm RTARC wurde von dem Institut ÚJV Řež im Prozeß der Entwicklung und Errichtung des Katastrophenschutzentrums des KKW Temelin getestet und von der Firma WS Atkins Science & Technology mit Rechenprogrammen verglichen, die in der CR für die Berechnung der Ausbreitung von Radionukliden und Strahlenfolgen verwendet werden. Die Validierung des RTARC wurde mit Messungen an klassischen Kraftwerken auf internationalem Niveau (Modelvalidierungsstätten – Standort Kincara, Kodaň, Lillesholm, Indianapolis) durchgeführt.

Die **Qualität der verwendeten Daten** ist durch die Verwendung von Daten wie sie von der internationalen oder tschechischen Gesetzgebung vorgeschrieben sind, bestätigt (Dosiskonversionsfaktor für innere Bestrahlung laut Basic Safety Standards, IAEA, Safety Standards No. 115, 1994, die in der SUJB – Verordnung Nr. 184/1997 Gb. verwendet werden, und für die äußere Bestrahlung laut INTERATOMENERGO/ČSKAE Dokument “Methoden für die Berechnung der Ausbreitung von radioaktiven Stoffen aus KKW und die Bestrahlung der Bevölkerung in der Umgebung.”

## **6. Zone der Katastrophenschutzplanung des KKW Temelin**

Größe und Umfang der Zonen der Katastrophenschutzplanung des KKW Temelin wurden durch die ČSKAE – Entscheidung vom 5. August 1997 auf Antrag von CEZ bei der Verwendung einer deterministischen Vorgangsweise unter Berücksichtigung der Ergebnisse der PSA – Studien festgelegt. Es wurde eine Bewertung des Zustands der Sicherheitssysteme (Barrieren, Dosen, Freisetzungen, Zustand der Meßgeräte, Anlagen etc.) und der Folgen durchgeführt, die das Ergebnis einer Situation sein können, wenn die Schutzmaßnahme angewendet werden. Die deterministische Vorgangsweise beruht auf den Methoden und Schritten, wie sie von der IAEA empfohlen werden, auf den Ergebnissen der Analysen der Zonen der Katastrophenschutzplanung, die in anderen Ländern erstellt wurden, die denselben Reaktortyp betreiben. Für die Analysen wurden reale demographische und meteorologische Daten des Standorts Temelin verwendet.

Unter Verwendung der Ergebnisse der Analysen und der genannten Kriterien wurden die Zonen der Katastrophenschutzplanung des KKW Temelin folgendermaßen festgelegt:

Zone der vorübergehenden Maßnahmen (PAZ), deren Grenze von einem kreisförmigen Gebiet mit einem Radius von 5 km ab Mitte des Containments des ersten Produktionsblocks einschließlich der Gemeinden an ihrer Grenze gebildet wird, einschließlich Týn nad Vltavou. Innerhalb dieses Bereichs ist die sogenannte Schutzzone mit einem Radius von etwa 3 km, in der (im Unterschied zur Praxis der übrigen Länder Europas) eine dauerhafte Ansiedlung verboten ist. Landwirtschaftliche Produkte und Schutzzonen werden regelmäßig in Hinblick auf das Vorkommen von Radionukliden untersucht. Innerhalb der Schutzzone ist keinerlei Tätigkeit gestattet, die eine Auswirkung auf die nukleare Sicherheit und die Strahlensicherheit haben könnte. Auf der Grundlage der genannten Kriterien werden in der Zone PAZ dringende Schutzmaßnahmen geplant und vorbereitet.

Die Zone der Maßnahmen ohne Aufschub (UPZ), deren Grenze von einem kreisförmigen Gebiet mit einem Radius von 13 km ab Mitte des Containments des ersten Produktionsblocks einschließlich der Gemeinden an ihrer Grenze gebildet wird. Auf der Grundlage der genannten Kriterien werden in der Zone UPZ dringende Schutzmaßnahmen geplant und vorbereitet.

Die Zone der langfristigen (Folge-) Maßnahmen (LPZ) wurde ähnlich wie im Falle Dukovany nicht bestimmt. Der Grund ist die Größe des Landes, das sehr dichte Strahlenmeßsystem und das Bestehen eines sehr engagierten Krisenmanagements und Katastrophenbewältigungssystems (für alle Arten von Katastrophen) im gesamten Staatsgebiet der CR. Das Katastrophenbewältigungssystem beinhaltet langfristige Maßnahmen (wenn nötig) auf dem gesamten Staatsgebiet und basiert auf den Ergebnissen des Strahlenmonitorings. Für die Entscheidung über die Implementierung von langfristigen Schutzmaßnahmen – Kontrolle, Einschränkung des Verzehr von kontaminierten Lebensmitteln, Umsiedlung – werden die Ergebnisse der Strahlenmonitoringnetzes der CR

verwendet werden. Die Zusammenarbeit mit den nationalen Strahlenmonitoringnetzen der Nachbarländer ist geplant. Die effektive Implementierung der langfristigen Schutzmaßnahmen ist entwickelt, aber nicht geplant – im Falle eines Strahlenunfalls werden die langfristigen (Folge-) Maßnahmen in Abhängigkeit von deren Verlauf in Abhängigkeit von den Ergebnissen des Monitorings ersetzt.

Im Verlauf der 80er Jahre wurde das Strahlenmonitoringnetz (RMS) durch den Beschluß der Regierung der CR vom 26.3.1987 geschaffen. Die Schutzmaßnahmen werden in Abhängigkeit von den Ergebnissen dieses Netzes durchgeführt. Das Strahlenmonitoringnetz der CR wird von SUJB koordiniert. Unter gewöhnlichen Bedingungen funktioniert es im Normalregime und beobachtet die aktuelle Strahlensituation und die Möglichkeit einer rechtzeitigen Detektion einer Unfallsituation außerhalb des Staatsgebiets der CR. Im Falle des Eintritts eines Atomunfalls mit Strahlenfolgen konzentriert es sich auf die Auswertung möglicher Folgen dieses Unfalls. Es besteht aus permanenten Einheiten, die kontinuierlich funktionieren, und aus einem Bereitschaftselement, das nur bei Eintritt einer Unfallsituation koordiniert tätig wird.

Einheiten des Strahlenmonitoringnetzes der CR sind:

- Netz der rechtzeitigen Warnung mit 58 Meßpunkten (Abb. 4) mit einer automatischen Übertragung der beobachteten und gemessenen Daten; sie werden vom Umweltministerium (Hydrometeorologisches Institut), SUJB/SURO und der Armee der CR betrieben,
- Gebietsnetz TLD mit 184 Meßpunkten, die mit Thermolumineszenz – Dosimetern ausgestattet sind, wird von SUJB/SURO betrieben, (Abb.5),
- regionales Netz TLD mit 78 Meßpunkten, die sich in der Umgebung des KKW Temelin befinden, betrieben von den Labors für das Monitoring der Umgebung des KKW Temelin und SUJB/SURO, (Abb.5),
- mobile Gruppen (Helikopter, Automobiltechnik) - betrieben von SUJB/SURO (7-14), dem Verteidigungsministerium; ausgestattet mit Geräten für die Dosismessung in der Luft (Volumenaktivität der Radionuklide), am Boden (Deposition von Radionukliden),
- Gebietsnetz mit 11 Punkten zur Messung der Luftkontamination, betrieben von SUJB/SURO und den Labors für das Monitoring der Umgebung des KKW Temelin, (Abb. 6),
- Gebietsnetz zur Messung der Kontamination von Wasser und Lebensmitteln, betrieben vom Umweltministerium und Landwirtschaftsministerium (hydrologischen Dienst und der Lebensmittelinspektion)
- Netz von 11 Labors, davon 9 regionale SUJB/SURO – Labors und 2 Labors, die vom KKW Temelin betrieben werden, die mit Gamm-spektrometrie und radiochemischen Analysegeräten für die Quantifizierung der Radionuklide in Proben aus der Umwelt (Aerosole, Fall – out, Trinkwasser, Futtermittel, usw) ausgestattet sind (Abb. 6),

Die KKW Dukovany und Temelin errichteten an ihren Standorten Katastrophenschutzzentren. Diese Zentren sind gegen äußere Erscheinungen geschützt, die im Falle eines nuklearen Unfalls oder Strahlenunfalls auftreten könnten, und der Aufenthalt in ihnen ist unter allen Bedingungen garantiert. Das Monitoring in der Hermozone und im Kamin gewährleistet ausreichende Anfangsindikationen über die Freisetzungen. Auf dem Gelände des Kraftwerks

sind Strahlenmonitore aufgestellt. Die wichtigsten sind auch SUJB – online abrufbar. Details über das RMS kann man auf der Internetadresse <http://www.sujb.cz/sujb.html> erhalten.

## **7. Vergleich der Größe der Zone der Katastrophenschutzplanung bei KKW Temelin und bei KKW Dukovany und Vergleich der Zonen der Katastrophenschutzplanung in anderen Ländern**

Beim Fall KKW Temelin war es möglich, im Vergleich zum KKW Dukovany den Umfang der äußeren Zone von 20 km auf 13 km aus den folgenden Gründen zu reduzieren:

- ein robusteres Containment und höhere Gewährleistung dessen Festigkeit und Dichtigkeit, bestimmt mit der Undichtigkeit 0,1% Gewicht / 24 h
- höheres Schutzniveau (laut Terminologie INSAG3 und INSAG12) und dies bei den technologischen Anlagen, als auch bei den Steuer – und Schutzsystemen und durch die Errichtung eines Katastrophenschutzentrums und Katastrophenschutzinformationszentrums, das eines der besten Welt ist, dank seiner Ausstattung, den Mitarbeitern und der organisatorischen Sicherstellung, wie von der IAEO – Mission OSART festgestellt wurde, die im Februar 2001 stattfand.

Aus dem Größenvergleich der Zonen PAZ und UPZ des KKW Temelin mit anderen Ländern, kann man sagen

- daß die Katastrophenschutzzonen ausreichend konservativ festgelegt wurden (Frankreich 5 und 10 km, Japan 8 – 10 km, China 5 bis 10 km, Schweden 12 – 15 km). In den USA und in der Schweiz sind die UPZ größer.
- Daß betont werden soll, was der Zweck der UPZ ist, d.h. welche dringenden Maßnahmen zur Realisierung innerhalb der UPZ geplant sind.
- die Jodprophylaxe in den aufgezählten Ländern (d.h. die Verteilung der Jodtabletten) erst nach Ausrufung des Strahlenunfalls durchgeführt wird, in der CR hingegen ist die Verteilung der Kaliumjodidtabletten an alle Familien in der UPZ ab der Brennstoffbeladung in den Reaktor gesichert.
- weitere dringende Maßnahme wie Schutzräume für die Bewohner, Vorbereitung der Evakuierung auf der Grundlage der Entwicklung des konkreten Strahlenunfalls und der Ergebnisse des Monitorings auch außerhalb der Grenzen der UPZ durchgeführt werden, da das gesamtstaatliche Monitoring und das System für Benachrichtigung und Warnung gewährleistet ist;
- daß das bestehende System der Katastrophenschutzbereitschaft des KKW Temelin so geplant wurde, daß die Realisierung der Schutzmaßnahmen d.h. Evakuierung bereits vor Beginn des radioaktiven Austritts begonnen wird. In Anknüpfung daran wurde am Standort Temelin und außerhalb der Grenzen der Katastrophenschutzzonen in Ceske Budejovice eine sehr gute Anlage für die Katastrophenbewältigung errichtet
- alle Maßnahmen die Bedingungen für eine effektive und frühzeitige Durchführung der dringenden Maßnahmen innerhalb der Katastrophenschutzzonen des KKW entsprechend internationalen Empfehlungen schaffen. Dies ist auch einer der wichtigsten Gründe für die Verringerung der Größe der Katastrophenschutzzonen in Temelin im Vergleich zu KKW Dukovany.

## **8. Gewährleistung der Benachrichtigung der Aufsichtsbehörden und weiterer Organisationen und Warnung der Bevölkerung**

Eine Bedingung für die effektive und frühzeitige Durchführung der Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung im Falle eines Strahlenunfalls ist:

- die Gewährleistung der Benachrichtigung der Aufsichtsbehörden und weiterer Organisationen, die sich an der Bewertung des entstandenen Strahlenunfalls beteiligen
- Vorbereitung der Empfehlung für die optimale Implementierung der Schutzmaßnahmen und nicht zuletzt für den Fall der Implementierung der Schutzmaßnahmen außerhalb der UPZ.

Diese Bedingungen bilden im Fall des KKW Temelin ein System für die Benachrichtigung der Aufsichtsbehörden und weiterer Organisationen, das auf dem System des Innenministeriums beruht (sog. CAS 100 System) und das mit anderen kommerziellen Systemen für die Benachrichtigung wie:

- normales Telefonnetz
- gesondertes Telefonnetz
- elektronisches Postsystem zwischen den zentralen Behörden
- Verwendung des GSM – Netzes
- neu geschaffenes Katastrophenschutznetz von Mobiltelefonen, das ausschließlich von Mitarbeitern der staatlichen Behörden verwendet wird; dieses Netz kann auch von dem externen Netz unabhängig sein.

Unter Verwendung dieser Instrumente der Benachrichtigung, können wichtige Informationen im Verlauf des Steuerungsverfahrens und der Durchführung von Maßnahmen übermittelt werden, einschließlich der Einschaltung der Sirenen innerhalb der Katastrophenschutz zonen im Falle eines sehr unwahrscheinlichen (aber möglichen) Verlusts der Ferneinschaltung.

Die Benachrichtigung der Bevölkerung wäre im Falle eines drohenden Strahlenunfalls auch durch das gesamtstaatliche Warnsystem des Innenministeriums möglich. Das System beruht auf der Infrastruktur des PAGING Systems, das das ganze Gebiet der CR einschließt und die Ferneinschaltung aller Sirenen oder nur ausgesuchter Sirenen auf dem Gebiet der CR ermöglicht. Die Dichte des Sirenenetzes, die den technischen Standards des Verteidigungsministeriums entspricht, ist innerhalb der UPZ ausreichend, so daß die Hörbarkeit des Warnsignals unter normalen atmosphärischen Bedingungen auf dem gesamten Gebiet mit Dauerbesiedlung, d.h. in allen Gemeinden und Orten in der Katastrophenschutz zonen des KKW Temelin gewährleistet ist. Dieses Instrument des nationalen Warnsystems ermöglicht die Einschaltung der Sirenen an allen Orten der CR, d.h. auch außerhalb der Grenzen der UPZ.

Das Warnsystem beinhaltet auch im voraus vorbereitete Einschaltungen in die Radioausstrahlung des Rundfunks der CR, der das ganze Staatsgebiet erreicht, wie auch Einschaltungen im Fernsehprogramm der Station CT im Bereich České Budějovic. Für die Sicherstellung der Warnung der Bevölkerung wurde ein fünfseitiges Abkommen zwischen ČEZ – KKW Temelín, Bezirk České Budějovice, Region České Budějovice, Česká Televize (Tschechisches Fernsehen) und České Radiokomunikace (Tschechischer Rundfunk) abgeschlossen, das einen schnellen Zugang in die Sendungen von CT ermöglicht. Dies ist die technische und organisatorische Seite, damit die Information die Bevölkerung innerhalb und außerhalb der Zonen rechtzeitig erreicht.

## **9. Durchführung der Schutzmaßnahmen in der CR und den Nachbarländern**

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Berechnungen der Strahlenfolgen (s. Tab. 2), wurden der Umfang und die Größe der Katastrophenschutz zonen unter den folgenden Voraussetzungen festgelegt:

- in den Zonen PAZ und UPZ werden dringende Maßnahmen geplant,

- für die Katastrophenschutzplanung wurde ein konservativer Zugang gewählt, einige Schutzmaßnahmen sind so vorbereitet, daß sie im voraus durchgeführt werden können:
- die Jodtabletten wurden im voraus an alle Bewohner der Katastrophenschutz-zonen verteilt
- Schutzzone – eine Zone in der eine dauerhafte Ansiedlung verboten ist. Landwirtschaftliche Produkte und Schutz-zonen werden regelmäßig in Hinblick auf das Vorkommen von Radionukliden untersucht. Innerhalb der Schutzzone ist keinerlei Tätigkeit gestattet, die eine Auswirkung auf die nukleare Sicherheit und die Strahlensicherheit haben könnte.
- geplant ist, daß Schutzräume und Jodtabletten vor Beginn der Freisetzung zur Verfügung gestellt werden

Evakuierung ist zur Durchführung vorbereitet und geplant

- vor Freisetzung in der Zone PAZ – je nach Zeitpunkt und Verlauf des Unfalls, d.h. wenn die Evakuierung nicht riskant ist
- im Verlauf oder sofort nach Beginn der Freisetzung – je nach Ergebnissen des Monitorings und den tatsächlichen meteorologischen Bedingungen
- dringende Schutzmaßnahmen können, aber müssen nicht außerhalb der Grenzen von UPZ durchgeführt werden; Möglichkeiten und Instrumente sind geplant
- langfristige (Folge-)Maßnahmen, d.h. geregelte Lebensmittelverteilung und Verwendung von Lebensmitteln und Wasser wird auf Grundlage des Unfallverlaufs, der Ergebnisse des Monitorings beschlossen werden (einschließlich der tatsächlichen meteorologischen Bedingungen)
- es wurden die Interventions(Eingreif)ebenen verwendet, wie sie in den Tabellen 3-7 angeführt sind, die in der CR verwendet werden

Auf Grundlage der Analysen der Folgen von Strahlenunfällen und der oben genannten Voraussetzungen kann man zusammenfassen:

- Der Schutz der Bevölkerung der CR ist durch die richtige Durchführung der externen Katastrophenschutzpläne und Bezirkskatastrophenschutzpläne gewährleistet
- Die Bestrahlung der Bevölkerung der Nachbarländer mit Dosen (im Falle von Unfällen mit einer Wahrscheinlichkeit von über  $10^{-7}$  pro Jahr), für die dringende Maßnahmen durchgeführt werden müßten, können nicht eintreten (1).
- Der Bereich, wo es zur Ablagerung der entstandenen Radionuklide kommt, wird in Wirklichkeit durch die Auswirkungen der Veränderungen bei den meteorologischen Bedingungen eine sehr komplexe Form haben. Daher wird es für eine gewisse Dauer nach dem Unfall sinnvoll sein, den Verbrauch von kontaminierten Lebensmitteln (2) zu kontrollieren und einzuschränken. In diesem Fall werden die Eingreifebenen in Tabelle 6 und 7 die Dosen einschränken. Es wird empfohlen die Systeme für die Planung langfristiger (Folge -)Maßnahmen der CR mit jenen der Nachbarländer zu vergleichen und auf der Grundlage von Konsultation von Experten folgendes vorzubereiten:
- Organisation des Vergleichs der Messungen der Labors, die Teil des Systems sind, miteinander
- Abkommen über den Informationsaustausch in diesem Bereich, d.h. durch die Methode der Sammlung, Messung (Aufteilung der Sammelstellen) der Proben und Interpretation der Ergebnisse gemäß Richtlinie Nr. 2000/473/EURATOM

#### Notiz 1:

Bei den Unfällen mit einer Wahrscheinlichkeit unter  $10^{-7}$  sind sehr große Freisetzungen von Radionukliden nur in Verbindung mit Unfallfolgen möglich, die einer frühen vollständigen Containmentbeschädigung führen, d.h. während Hoch – oder Tiefdruckkernschmelze mit einer Wasserstoffexplosion oder Dampfexplosion in Folge. Beide Möglichkeiten sind allerdings so unwahrscheinlich, daß sie nicht erwogen wurden (siehe als Beispiel die Deutsche Risikostudie, Compendium of Measures to Reduce Radiation Exposure Following Events with not Insignificant Radiological Consequences, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bd. 1,2, Dez. 2000). Die Schutzmaßnahmen für diesen Unfalltyp wurden evaluiert, aber nicht geplant – sie können ad hoc durchgeführt werden, je nach Ablauf und Konsequenzen eines realen Unfalls und entsprechend den vom RMS erhaltenen Daten. Als Illustration für die kumulative Freisetzung für verschiedenen Abläufe, einschließlich des „Global containment failure“ (Vollständiges Containmentversagen) können die möglichen Strahlenfolgen mit Hilfe der Tabellen (Siehe Seite 23) abgeschätzt werden. Bei einer freigesetzten Aktivität wie in der Tabelle angeführt kann eine Effektivdosis von 10 mSv innerhalb von 7 Tagen in einer Entfernung von 300 km auftreten.

#### Notiz 2:

Keine Gegenmaßnahmen werden in Nachbarländern bei Auslegungsstörfällen notwendig werden. Die Bevölkerung der Nachbarländer erhält bei diesen Unfällen Dosen unter Werten ( $250 \mu\text{Sv}/\text{year}$ ,  $12,5 \text{ mSv}/50\text{a}$ ), bei denen eine Belastungsregulierung und eine Strahlenschutzmaßnahmen erforderlich sind.

# ANNEX

## Ergänzende Anmerkungen

### **1) Im Falle von nuklearen Unfällen und Strahlenunfällen ist SUJB als Atomaufsichtsbehörde verantwortlich für:**

- Koordinierung des gesamtstaatlichen Monitoringnetzes
- Prognose und Bewertung der Folgen von nuklearen Unfällen und Strahlenunfällen in der CR oder im Ausland
- Vorbereitung von Expertenunterlagen betreffend Katastrophenschutzmaßnahmen für die Entscheidungsprozesse auf lokaler Ebene; auf Regierungsebene dient der zentralen Koordination von Rettungsmaßnahmen das Interministerielle operative Katastrophenschutzzentrum
- Tätigkeit der nationalen Kontaktstelle (IAEO – Konvention über die frühzeitige Benachrichtigung bei nuklearen Unfällen und Strahlenunfällen, für die sie verantwortlich ist)
- Verteilung und Empfang von Berichten und Informationen im Falle eines nuklearen Unfalls oder Strahlenunfalls
- Aktivierung des Plans zur Katastrophenbewältigung von SUJB
- Informierung des Interministeriellen operativen Katastrophenschutzentrums des integrierten Rettungssystems und des Zivilschutzzentrums (s. Abb. 1 und Abb. 2)
- Informierung des Strahlenmonitoringsnetzes der CR und Übergabe detaillierter Anforderungen an das Monitoring
- Benachrichtigung des Hydrometeorologischen Diensts der CR und Vermittlung der Anforderungen an eine Ausbreitungsprognose des ausgetretenen radioaktiven Materials
- Übertragung der Empfehlungen für Maßnahmen an die lokalen Behörden und das Interministerielle operative Katastrophenschutzzentrum

Benachrichtigung des meteorologischen Service und Übermittlung von Ansuchen um Prognosen über die Verteilung der freigesetzten radioaktiven Stoffe, Übermittlung von Ratschlägen über Gegenmaßnahmen an Lokalbehörden und interministerielle Katastrophenschutzzentren.

Das Innenministerium leitet im Falle eines Atom – oder Strahlenunfalls die folgenden Kontakt – oder Koordinationszentren:

- Steuerungszentrum des integrierten Rettungssystems, das die Katastrophenbekämpfung in der Katastrophenschutzzone des KKW aktiviert und Kontaktstelle für die lokalen Behörden darstellt,
- Steuerungszentren des Bezirkspolizeikommandos der CR
- Interministerielles operatives Katastrophenschutzzentrum, das der Koordination der Rettungstätigkeit dient und auch für die Organisation und gegenseitige Hilfe bei Rettungstätigkeiten entsprechend den bilateralen Abkommen mit Nachbarländern verantwortlich ist.

Der Zivilschutz der CR (Verteidigungsministerium) und CEZ haben einen vertraglich abgesicherten Zugang zu Radio und Fernsehen mit gesamtstaatlicher Sendeweite, um die Bevölkerung der CR über den Eintritt einer Unfallsituation zu informieren. Ähnliche Zugänge gibt es auch auf der regionalen Ebene. Das integrierte Rettungssystem der CR (Polizei, Feuerwehr, Rettung, Zivilschutz) ist für die rechtzeitige Benachrichtigung und Warnung der Bevölkerung auf dem gesamten Staatsgebiet der CR verantwortlich.

Die Aufgabe des Betreibers des KKW Temelin ist die Benachrichtigung von SUJB und den lokalen Behörden im potentiell gefährdeten Gebiet über den Eintritt einer außerordentlichen Situation ohne Aufschub. Die Art der anschließenden Reaktion hängt von der Klassifizierung der Situation ab, deren Vorgangsweise Teil des internen Katastrophenschutzplans des KKW ist und der Genehmigung durch SUJB bedarf. Dieser Plan umfaßt auch die Spezifizierung der benötigten Tätigkeiten, die für die Bekämpfung der Situation unter den bestehenden Umständen notwendig sind.

Laut § 46 des Gesetzes 18/1997 Gb. ist das Gesundheitsministerium der CR für die Schaffung von Bedingungen für spezielle medizinische Dienste an ausgewählten Kliniken für Personen verantwortlich, die in Atom – oder Strahlenunfällen bestrahlt wurden. Für die Koordination der speziellen medizinischen Dienste sind die folgenden Kontaktzentren zur Verfügung:

- Regionalzentrum für Gesundheitsdienst bei Katastrophen Brno (für KKW Dukovany)
- Gebietszentrum des medizinischen Katastrophendienstes Ceske Budejovice (für KKW Temelin)

Drei Kliniken:

- Verbrennungsklinik der 3. Medizinischen Fakultät der Karlsuniversität Prag
- Zentrum für die Heilung bestrahlter oder mit radioaktiven Stoffen kontaminierter Personen der Klinik für Berufskrankheiten der 1. Medizinischen Fakultät der Karlsuniversität Prag
- Abteilung für Hämatologische Intensivpflege der Medizinischen Fakultät der Karlsuniversität in Hradec Kralove,

die Teil des Systems der medizinischen Sonderhilfe des Gesundheitsministeriums sind.

## **2) AB Verlauf (großer LOCA mit vollständigem Verlust der Stromversorgung)**

Im Jahre 1996 wurde die Quellterme mit dem Programm STCP – M mit dem radioaktiven Kerninventar entsprechend dem Brennstoff von Westinghouse berechnet.

Es wurden die folgenden konservativen Voraussetzungen verwendet:

Intiierendes Ereignis – sofortiger Guillotine – Abbruch der Hauptkühlmittelleitung (2 x 850 mm) in kalten Strang in den Nähe des Reaktordruckbehälters mit vollständigem Verlust der internen und externen Quellen der Stromversorgung (d.h. die Diesel stehen nicht zur Verfügung) im Verlauf von 48 h nach dem Unfall. Es wurden keine Eingriffe des Operators zur Dämpfung des Unfallverlaufs in der genannten Zeit modelliert und es wurde weiters angenommen, daß nur zwei Hydroakkumulatoren zur Verfügung stehen werden. Der Dichtigkeitswert des Containments wurde mit 0,1% des freien Volumens pro Tag angenommen, d.h. ohne Auffangen der Spaltprodukte in den Hilfsgebäuden des unteren Teils. Obwohl die Gesamtwahrscheinlichkeit dieses Ereignisses bei  $1,44 \cdot 10^{-10}$  liegt, was niedriger als die übliche Grenze ist, wird davon ausgegangen, daß dieses Szenario alle Fälle mit einem häufigeren Eintritt abdeckt.

## Quellterme – AB sequence (AB\_01)

Gesamtes kumulatives Leck als Teil des Anfangskerninventars ausgedrückt:

Edelgase:  $< 4.0E-3$

Aerosole– flüchtige Spaltprodukte:  $< 8.0E-5$  (während MCCI vernachlässigbar mit der Ausnahme von Te)

Aerosole – nicht flüchtige: von  $2.0E-6$  bis zu  $6.0E-5$  (Leck nicht vernachlässigbar auch während der Anfangsphase von MCCI)

**V – Verlauf** (großer Austritt aus dem Primär – in den Sekundärkreis mit vollständigem Verlust der Stromversorgung).

Im Jahre 1996 wurde die Quellterme mit dem Programm STCP – M mit dem radioaktiven Kerninventar entsprechend dem Brennstoff von Westinghouse berechnet. Er wird gleichzeitig als der schwerste Unfall mit einem Austritt aus dem Primär – in den Sekundärkreis (Containment by-pass) angesehen. Auch hier wurden konservativen Voraussetzungen verwendet:

Intiierendes Ereignis – Bruch des oberen Teils des heißen Dampferzeugerkollektors ( $d = 107$  mm) mit dem gleichzeitigen Eintritt des vollständigen Verlusts der internen und externen Quellen der Stromversorgung (d.h. die Diesel stehen nicht zur Verfügung) für die Dauer von 24 Stunden. Für die analysierte Zeitdauer wurden keine Eingriffe des Operators zur Dämpfung des Unfallverlaufs erwogen und es wurde weiters angenommen, daß nur zwei Hydroakkumulatoren zur Verfügung stehen werden. Der tatsächliche Wert der Auslegungsundichtigkeitswert des Containments mit  $0,1\%$  / Tag wurde für das Durchschmelzen des Reaktordruckbehälters angenommen, d.h. ohne Auffangen der Spaltprodukte im unteren Teil der Hilfsgebäude. Obwohl die Gesamtwahrscheinlichkeit dieses Ereignisses bei  $7,18 \cdot 10^{-10}$  liegt, wird auch in diesem Fall davon ausgegangen, daß dieses Szenario alle Fälle mit einem häufigeren Eintritt abdeckt.

Auf der Grundlage der Bewertung mit konservativen Annahmen unter dem Aspekt der Wahrscheinlichkeit und Schwere des Unfalls in Bezug auf die Strahlenfolgen und unter Einbeziehung der internationalen Empfehlungen und Erfahrungen aus anderen Ländern, die denselben Reaktortyp verwenden, wurden mit Hilfe qualifizierter Vorgangsweise die Zonen der Katastrophenschutzplanung so geplant, daß es außerhalb dieses Bereichs nicht notwendig ist, dringende Maßnahmen anzuwenden.

## Source Term – V sequence

Die bedeutendste Freisetzung von Spaltprodukten tritt während der Unfallphase innerhalb des Reaktordruckbehälters (35. bis 90. Minute) ein.

Edelgas:  $\approx 0.78$

Aerosole – flüchtige Spaltprodukte:  $< 0.19$

Aerosole – nicht – flüchtige:  $< 0.01$

**3)** Dieser Unfall wurde mit **demselben initiiierenden Ereignis**, mit vollständigem Verlust der Stromversorgung als Unfallverlauf AB definiert und diente der Festlegung von Zonen der Katastrophenschutzplanung. In diesem ist klar, daß der Verlauf AB einen schnelleren Unfallverlauf bedeutet und bei den Strahlenfolgen zu ernsteren Ergebnissen als im Verlauf laut PSA führt. Teil dieser Unfallanalyse ist die Tatsache, daß es in dessen Verlauf zum Durchschmelzen der Grundplatte des Containments und zur Freisetzung von radioaktiven Stoffen außerhalb des Containments in die Atmosphäre kommt. Daher wurden auch in diesem Fall die Ergebnisse der Unfallverläufe für die Festlegung der Zonen der Katastrophenschutzplanung KKW Temelin verwendet, was damit begründet wird, daß es sich um ein konservatives Szenario handelt. Das Kriterium der höchsten Eintrittswahrscheinlichkeit gemäß den Resultaten der PSA Level 1 wird von den folgenden Szenarien erfüllt:

| Bezeichnung | Häufigkeit, $a^{-1}$<br>(der<br>Kernschmelze) | Beschreibung des Unfallverlaufs  |
|-------------|---|--|
| T9S02       | $4,07 \cdot 10^{-5}$<br>(45,5%)               | Großes Leck aus dem 1. in den 2. Kreis, Operator kühlt weder den ersten Kreis ab, noch wird die Druckentlastung des 1. Kreises mit schnellem Trend durchgeführt, Behälter GA 201 ist durch das Leck geleert  |
| X2S02       | $8,54 \cdot 10^{-6}$<br>(9,5%)                | Bruch einer Röhre des Dampfgenerators, das Kühlmittelnachfüllsystem TK versagt und der Operator kühlt weder langfristig den ersten Kreis ab, noch wird die Druckentlastung des 1. Kreises durchgeführt, Behälter GA 201 ist durch das Leck geleert                                       |
| X1S03       | $4,51 \cdot 10^{-6}$<br>(5,0%)                | Bruch einer Röhre des Dampfgenerators und der Operator kühlt weder langfristig den ersten Kreis ab, noch wird die Druckentlastung des 1. Kreises durchgeführt, Behälter GA 201 ist durch das Leck geleert  |
| X1S12       | $4,3 \cdot 10^{-6}$<br>(4,9%)                 | Bruch einer Röhre des Dampfgenerators und der Operator schließt unrichtig ein schnellschließendes Ventil am Dampfleiter des beschädigten Dampfgenerators. Der 1. Kreis wird erfolgreich mit dem schnellen Trend abgekühlt, aber das System versagt bei der langfristigen Wärmeableitung. |
| S2S02       | $3,9 \cdot 10^{-6}$<br>(4,4%)                 | Großes Leck (LOCA); Niederdrucksystem der Kühlmittelnachfüllung versagt.   |
| S2S04       | $3,75 \cdot 10^{-6}$<br>(4,2%)                | Großes Leck (LOCA); Versagen der Hydroakkumulatoren  |
| S4S10       | $3,1 \cdot 10^{-6}$<br>(3,5%)                 | Kleines Leck (LOCA); Hochdruck – und Niederdrucksystem der Notkühlmittelnachfüllung versagt.   |
| TSS06       | $2,61 \cdot 10^{-6}$<br>(2,9%)                | Havarieschutz ist aktiviert, aber der Reaktor schaltet sich nicht ab; es versagen die Haupt – und Hilfssysteme der Notspeisewasserversorgung der Dampferzeuger.  |
| X1S04       | $2,54 \cdot 10^{-6}$<br>(2,8%)                | Bruch einer Röhre des Dampfgenerators, das Kühlmittelnachfüllsystem TK arbeitet, aber der Operator kühlt weder langfristig den ersten Kreis ab,  |

|        |                                |   |
|--------|--------------------------------|---|
|        |                                | noch wird die Druckentlastung des 1. Kreises mit schnellem Trend und vor der Leerung des Behälters des Systems TB durchgeführt; es versagt das Hochdruck - Notkühlmittelnachfüllsystem.                                     |
| T4AS04 | $2,08 \cdot 10^{-6}$<br>(2,3%) | Übergangsprozeß mit Verlust der Speisewasserpumpe, die von der Turbine angetrieben wird. Hilfs – und Notspeisewassersystem des Dampferzeugers versagen und es kommt nicht zur Anwendung von feed/bleed.                     |
| S5S03  | $1,72 \cdot 10^{-6}$<br>(1,9%) | Sehr kleiner LOCA, Operator kühlt weder den ersten Kreis ab, noch wird die Druckentlastung des 1. Kreises durchgeführt und das Hochdruck - Notkühlmittelnachfüllsystem versagt.   |
| T9S04  | $1,60 \cdot 10^{-6}$<br>(1,8%) | Großes Leck aus dem 1. in den 2. Kreis, es versagt Notspeisewassersystem des Dampferzeugers und der Operator kühlt weder den ersten Kreis ab, noch wird die Druckentlastung des 1. Kreises mit schnellem Trend durchgeführt |

Das Kriterium der höchsten Wichtigkeit laut PSA LEVEL 2 erfüllen die folgenden Unfallszenarien:

| Bezeichnung | Beschreibung                                      | Häufigkeit           | Relatives Risiko [%] |
|-------------|---|----------------------|----------------------|
| T9S02       | T9-02   | $4,07 \cdot 10^{-5}$ | 19,11                |
| S2S02       | S2-02   | $3,62 \cdot 10^{-6}$ | 9,09                 |
| S4S10       | S4-D1-D2-CS                                       | $2,89 \cdot 10^{-6}$ | 7,61                 |
| TFRS11      | S4-D1-ACC;S4-D1-FR1                               | $2,83 \cdot 10^{-6}$ | 7,10                 |
| TSS06       | TS-K-M2-L   | $2,46 \cdot 10^{-6}$ | 6,45                 |
| TFRS05      | T1-M-L-FB; T5-L-FB                                | $2,55 \cdot 10^{-6}$ | 6,41                 |
| TFRS04      | Vollständiger Verlust der Stromversorgung (Brand) | $2,25 \cdot 10^{-6}$ | 5,91                 |

*Ann.: Die Bedeutung (Wichtigkeit) der Szenarien wird auf der Basis der Größe der Quellterme bestimmt, d.h. der Menge an Radionukliden, die bei einem Unfall in die Umwelt gelangen können.*

#### 4) Diese Sequenzen (einschließlich der Quellterme) werden folgendermaßen definiert:

##### ST1

Das initiiierende Ereignis für diesen Typ von Szenario ist ein großes Leck aus dem 1. in den 2. Kreis mit einem Äquivalentdurchmesser  $d = 40$  mm. Das Personal reagiert nicht und es kommt zum Containment by-pass. Szenario Typ 1A wird durch den Bruch eines heißen Strangs einer Leitung als Folge eines Temperatur-creep verursacht. Szenario Typ 1B, das vom selben initiiierenden Ereignis ausgelöst wird, wird unter der Voraussetzung behandelt, daß der Primärkreis dicht bleibt und daß diese Sequenz unter hohem Druck weiter verläuft und daß es einem anschließenden komplizierten Verlauf mit der Beschädigung des unteren Teils des Reaktordruckbehälters kommt – direkte Erwärmung der Atmosphäre. Für beide Szenarien 1A und 1B wurde der zeitliche Verlauf des Austritts von Radionuklide aus dem Containment bestimmt.

Dieser Fall wurde deswegen vorgeschlagen, weil dessen Quellterme Szenarien der PSA enthält: T9S02, T9S04, X2S02, X1S03, X1S04 und X1S013 aus den vorhergehenden Tabellen. Die Wahrscheinlichkeit dieser Szenarien bewegt sich von  $1,6 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr bis  $4,07 \cdot 10^{-5}$  pro Jahr.

## ST2

Die Sequenz, die in diese Gruppe fällt, wird durch einen großen LOCA Unfall an der Leitung des Druckhalters ausgelöst ( $d = 200 \text{ mm}$ ). Im Szenario Typ 2A wird mit dem Versagen aller Notkühlsysteme gerechnet. Im Falle des Szenario 2B wird damit gerechnet, daß die Tätigkeit eines Strangs der Hochdrucksystems erneuert wird. Die Quellterme wurde nur für Szenario 2A erstellt, wo es zu einer schweren Kernbeschädigung kommt.

Dieser Fall wurde deswegen vorgeschlagen, weil dessen Quellterme Szenarien der PSA enthält: S2S02, S2S04, S4S10 und S5S03 aus den vorhergehenden Tabellen unter der Voraussetzung, daß die Dichtigkeit des Containments im Verlauf der analysierten Dauer nicht gefährdet wird. Die Wahrscheinlichkeit dieser Szenarien bewegt sich von  $1,72 \cdot 10^{-6}$  jährlich bis  $3,9 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr.

## ST3

Es handelt sich um eine Sequenz ähnlich dem vorhergehenden Szenario, aber die Funktion der katalytischen Rekombinatoren und die Entstehung eines Brandes mit langsamer Brandentwicklung wird nicht angenommen. Daher sammelt sich der Wasserstoff im Containment an und explodiert anschließend. Das Szenario Typ 3M bestimmte den Höchstwert des Drucks im Containment nach der Wasserstoffexplosion und den anschließenden Verlauf des Austritts der Radionuklide aus dem Containment.

Dieser Fall wurde deswegen vorgeschlagen, weil die Gefährdung der Containmentintegrität verschiedene Quellterme bedingen kann. Er umfaßt dieselben PSA – Szenarien S2S02, S2S04, S4S10 und S5S03 aus den vorhergehenden Tabellen, aber die Quellterme wird mit einem beschädigten Containment berechnet.

## ST4

Das Szenario rechnet mit vollständigem Verlust der Stromversorgung und daß die Dichtigkeit des 1. Kreises durch einen Temperatur-creep beschädigt wurde. Nach Beschädigung des Bodens des Reaktordruckbehälters entsteht eine Menge von geschmolzenem Material im Reaktorschacht, die Schmelze dringt in die vertikalen Kanäle für die Neutronenmessung vor, wo sie sich verfestigt und nicht weiter vordringt. Auch in diesem Fall wurden die Quellterme für die einzelnen Sequenzen bestimmt.

Dieser Fall wurde deswegen vorgeschlagen, weil dessen Quellterme die übrigen Szenarien der PSA enthalten kann: TSS06, T4AS04, TFRS04, TFRS05 und TFRS11 aus den vorhergehenden Tabellen. Die Wahrscheinlichkeit dieser Szenarien bewegt sich von  $2,83 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr bis  $2,08 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr.

## ST5

Diese Sequenz wird durch einen großen LOCA Unfall unter Annahme des Versagens der System der Kernotkühlung und der Sprinkler im Containment initiiert. Nach der Beschädigung des Reaktordruckbehälters und der Entstehung von Schmelzmaterial im Reaktorschacht wird die Tätigkeit eines Kanals des Niederdrucksystems der Kernotkühlung erneuert und das Wasser wird auf das Schmelzmaterial aufgebracht, um darauf eine Schicht zu bilden. Das Ziel der Analyse des Szenarios Typ 5 war die Auswertung der Abkühlung der Schmelze bei ihrem Entweichen über die Grundsicht des Containments und Bestimmung der Quellterme.

Dieser Fall wurde deswegen vorgeschlagen, weil dessen Quellterme die übrigen Szenarien der PSA enthält: S2S02, S2S04, S4S10 und S5S03 aus den vorhergehenden Tabellen. Ziel war es nachzuweisen, ob es möglich ist, die Interaktion des geschmolzenen Bereichs (MMCI) mit dem Beton in der späten Phase des Unfalls einzustellen.

**5) Source Term Code Package STCP** wurde ursprünglich in den USA (NUREG/CR-3988, Juli 1986) für das Studium der Quellterme im Falle von schweren Unfällen von Reaktoren des Typs PWR und BWR entwickelt. STCP besteht aus mehreren Codes: MARCH 3, TRAP – MELT 3, VANESA, NAUA, die es ermöglichen, alle physischen Erscheinungen, die für eine Sequenz von schweren Unfällen typisch sind (Thermohydraulik im 1. Kreis, Brennstoffschmelze und Degradation des Kerns, Austritt von Spaltprodukten aus dem Brennstoff und deren Transport und Auffang im Containment) zu erstellen, bis zur Berechnung der Quellterme. Für die Verwendung für WWER wurde die modifizierte Version STCP – M im Rahmen eines Regionalprogramms der IAEA RER/9/004 erarbeitet und bestätigt. (Am Programm beteiligten sich: CR, Slowakei, Ungarn, Rußland, Bulgarien und Polen). Diese modifizierte Version, die die spezifischen Merkmale der WWER (wie z.B. die horizontalen Dampfgeneratoren, die Bubbler Condenser, etc....) berücksichtigt, wurde von CSKAE als Rechenprogramm standardisiert, das für die Analysen von schweren Unfällen bei WWER geeignet ist. Diese modifizierte Version **STCP – M** wurde für die Analysen von schweren Unfällen des KKW Temelin verwendet, die in den Jahren 1992 – 1997 durchgeführt wurden. Nach Abschluß der Analysen wurde der Code **STCP – M** am Anfang des Jahre 1997 wiederholt durch den Vergleich mit den Ergebnissen des neuen Rechenprogramms an ausgesuchten Unfallszenarien für KKW mit WWER – 1000 und WWER – 440 überprüft und das mit: **MELCOR 1.8.3.** (Code US NRC), und **MAAP4/VVER** (Rechencode der Westinghouse Energy Systems Europa S.A.) und **ESCADRE** (Code derCEA/IPSN, Frankreich). Die Hauptergebnisse der genannten Vergleiche mit den früher genannten Codes waren, daß der Code STCP – M in Hinblick auf die Quellterme konservativ ist (d.h. höhere Werte der Lecks liefert), vor allem bei flüchtigen Nukliden (Jod, Cäsium und Edelgase - Xenon, Krypton), die die bedeutendsten sind.

**RTARC (Real Time Accident Release Consequence)** ist ein Rechenprogramm, das von VUJE (Forschungsinstitut der Kernkraftwerke) in Trnava, Slowakei für die Berechnung und die Prognose des atmosphärischen Transports und der externen Strahlenfolgen für den Fall von nuklearen Unfällen oder nuklearer Gefahr in Anfangsphase entwickelt wurde. Dieses Programm wird von nuklearen Anlagen für die Katastrophenschutzplanung und Katastrophenschutzplanungsvorbereitung verwendet, für die Bestimmung von Dosen in Realzeit und von Ausbreitungsberechnungen im Verlauf von Unfällen und für Post-Unfallanalysen. **RTARC** ist für die schnelle und einfache Berechnung von Folgen im Fall von nuklearen Unfällen oder Strahlenunfällen entwickelt worden. Dieses Programm wird vom Katastrophenschutzzentrum im KKW Temelin verwendet und auch von der Aufsichtsbehörde für die grundlegende Katastrophenschutzplanung und Katastrophenschutzbereitschaft und Bewertung der Dosen und der Ausbreitung in Realzeit im Verlauf von Unfällen. Das System ist für die Bewertung der Anfangsphase eines Unfalls, d.h. für die Phase, wo die Möglichkeit eines Unfalls festgestellt wird, bis zu der Zeit, wenn es zu einer bedeutenden Freisetzung von radioaktiven Stoffen gekommen ist, verwendet.

## TABELLEN

**Tabelle Nr. 3: Eingreifenebenen bei deterministischen Gesundheitsfolgen**

| Organ, Gewebe | erwartet<br>E oder $H_T(\tau)$ <sup>a)</sup><br>[Gy] |
|---------------|--|
| Ganzer Körper | 1 <sup>b)</sup>                                      |
| Lunge         | 6  |
| Haut          | 3  |
| Schilddrüsen  | 5  |
| Augenlinsen   | 2  |
| Gonaden       | 1  |

<sup>a)</sup> Es wird davon ausgegangen, daß diese Dosis in weniger als 2 Tagen erhalten wird.

<sup>b)</sup> Die Möglichkeit einer unmittelbaren Schädigung des Fötus für die angenommene Dosis von über ca. 0.1 Gy wird für die Rechtfertigung und Optimierung der relevanten Eingreifenebenen für dringende Maßnahmen einbezogen werden.

**Tabelle Nr. 4: Die Eingreifenebenen für dringende Maßnahmen**

| Schutzmaßnahme                | Intervall         |   |
|-------------------------------|-------------------|---|
|                               | Effektivdosis     | Äquivalentdosis in für einzelne Organe und Gewebe |
| Schutzräume und Jodprophylaxe | 5 mSv bis 50 mSv  | 50 mSv bis 500 mSv                                |
| Evakuierung der Bewohner      | 50 mSv to 500 mSv | 500 mSv to 5000 mSv                               |

**Tabelle Nr. 5: Eingreifenebenen für die Folgemaßnahmen**

| Schutzmaßnahme   | Intervall          |   |
|--|--------------------|---|
|  | Effektivdosis      | Äquivalentdosis in für einzelne Organe und Gewebe |
| Regulation der Verteilung und Ingestion von kontaminierten Lebensmitteln, Futtermitteln und Wasser | 5 mSv bis 50 mSv   | 50 mSv bis 500 mSv                                |
| Umsiedlung der Bevölkerung   | 50 mSv bis 500 mSv | <i>nicht festgelegt</i>                           |

**Tabelle Nr. 6: Eingreifebene für die Regulation der Verteilung und Ingestion von kontaminierten Lebensmitteln, Futtermitteln und Wasser**

| Radionuklid   | Interventionsebene der Masseaktivität [Bq/kg] <sup>a)</sup> |                                   |
|---|---|-----------------------------------|
|   | Milch, Trinkwasser, Kindernahrung                           | Grundnahrungsmittel <sup>b)</sup> |
| <sup>134</sup> Cs. <sup>137</sup> Cs. <sup>103</sup> Ru. <sup>106</sup> Ru.<br><sup>89</sup> Sr | 1000  | 1000                              |
| <sup>131</sup> I  | 100   | 1000                              |
| <sup>90</sup> Sr  | 100   | 100                               |
| <sup>241</sup> Am. <sup>238</sup> Pu. <sup>239</sup> Pu   | 1   | 10                                |

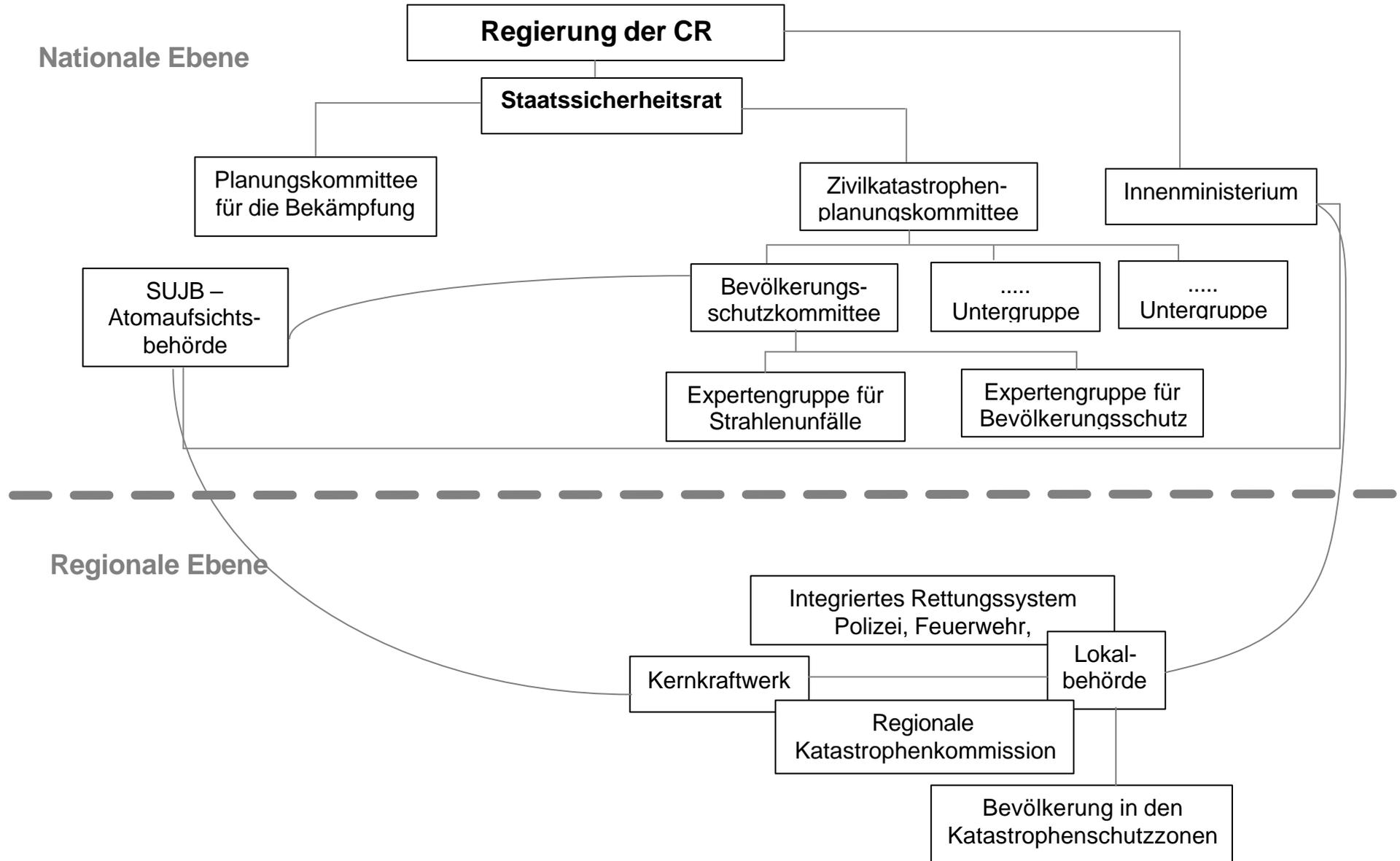
- a) *Aus praktischen Gründen werden hier die Eingreifebenen für individuelle Gruppen von Radionukliden mit der Aktivitätssumme von Gruppen verglichen, ohne Berücksichtigung der Aktivität der Radionuklide anderer Gruppen.*
- b) *Die spezifische Eingreifebene, bis zu zehn Mal über jener für Grundnahrungsmittel, kann hier für die Regulierung einiger Lebensmittelarten bestimmt werden, die einen geringen Teil am Verbrauch haben.*

**Tabelle Nr. 7: Eingreifebene für Radionuklidaktivität für den Import und Export von Lebensmitteln nach einem Strahlenunfall**

| Radionuklid  | Eingreifebenen für die Masseaktivität oder Volumensaktivität für den Import und Export von Lebensmitteln nach einem Strahlenunfall [Bq/kg] or [Bq/l] |               |                                      |                                     |
|--|--|---------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
|  | Lebensmittel für Kinder <sup>a)</sup>  | Milchprodukte | Andere Lebensmittel <sup>b) c)</sup> | Flüssige Lebensmittel <sup>d)</sup> |
| Sr-90  | 75   | 125           | 750                                  | 125                                 |
| I-131  | 150  | 500           | 2000                                 | 500                                 |
| Pu-239 a Am-241  | 1  | 20            | 80                                   | 20                                  |
| Alle anderen Nuklide <sup>e)</sup><br>T <sub>1/2</sub> > 10 d -<br>Cs-134 a Cs-137 | 400  | 1000          | 1250                                 | 1000                                |

- a) *Babynahrung – vom 4. bis 6 Lebensmonat month of life*
- b) *Anwendbar für konzentrierte und getrocknete Lebensmittel*
- c) *Bei den weniger bedeutenden Lebensmitteln, die nur einen kleinen Teil der Nahrungsaufnahme ausmachen, könne die Grenzwerte bis 10x höher liegen*
- d) *Die Masse – oder Volumensaktivität für die flüssigen Lebensmittel werden in Hinblick auf den Wasserkonsum gemacht, und derselbe Wert wird auch für die Trinkwasserversorgung verwendet.*
- e) *Die Radionuklide von H-3, C-14, K-40 sind nicht enthalten.*

**Fig. 1: Organisation der Notfallsplanung**



**Fig. 2: Organisation der Katastrophenschutzbekämpfung**

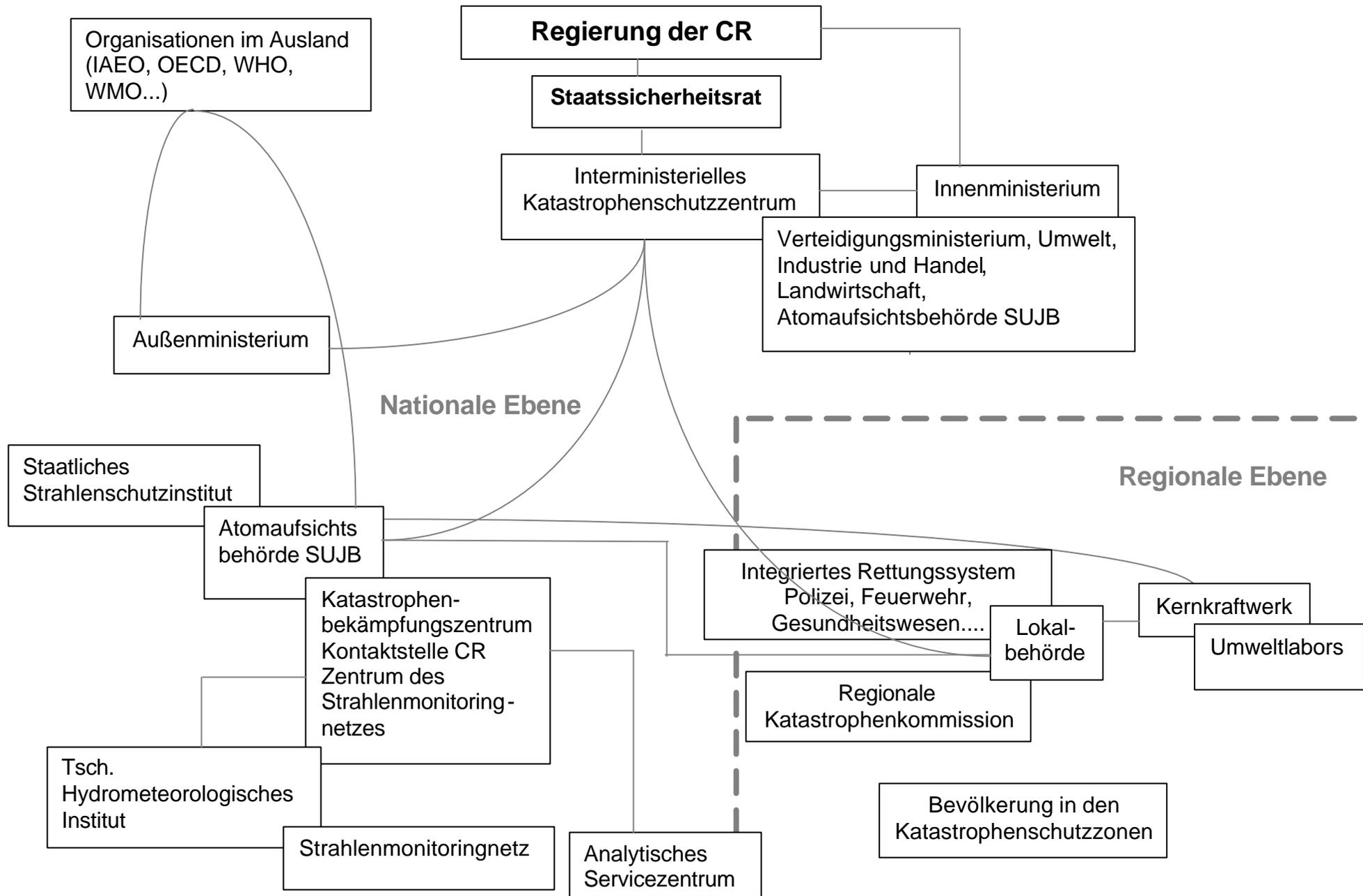
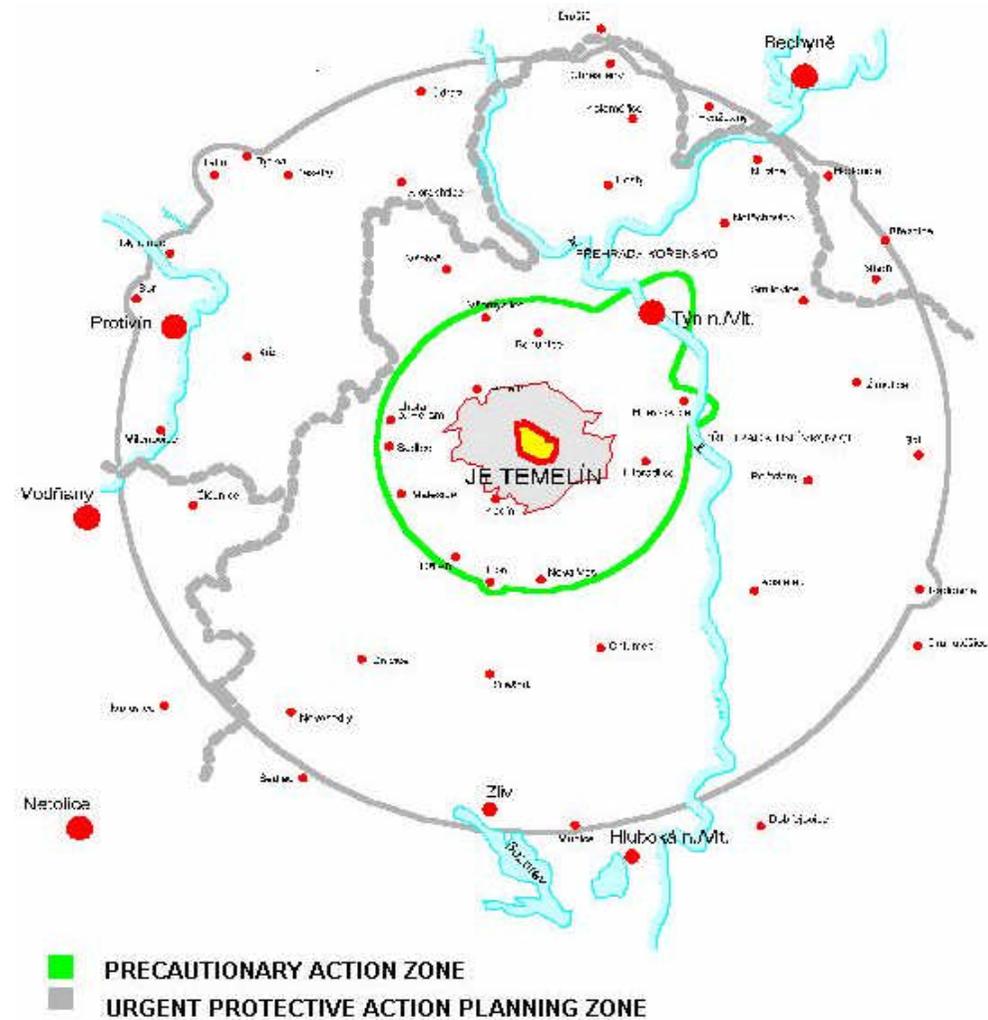


FIG.3: KKW TEMELIN ZONEN DER KATASTROPHENSCHUTZPLANUNG



IM BILD:

- ZONE DER VORBEUGENDEN MASSNAHMEN

ZONE DER DRINGENDEN MASSNAHMEN

**Fig 4: Frühwarnsystem**

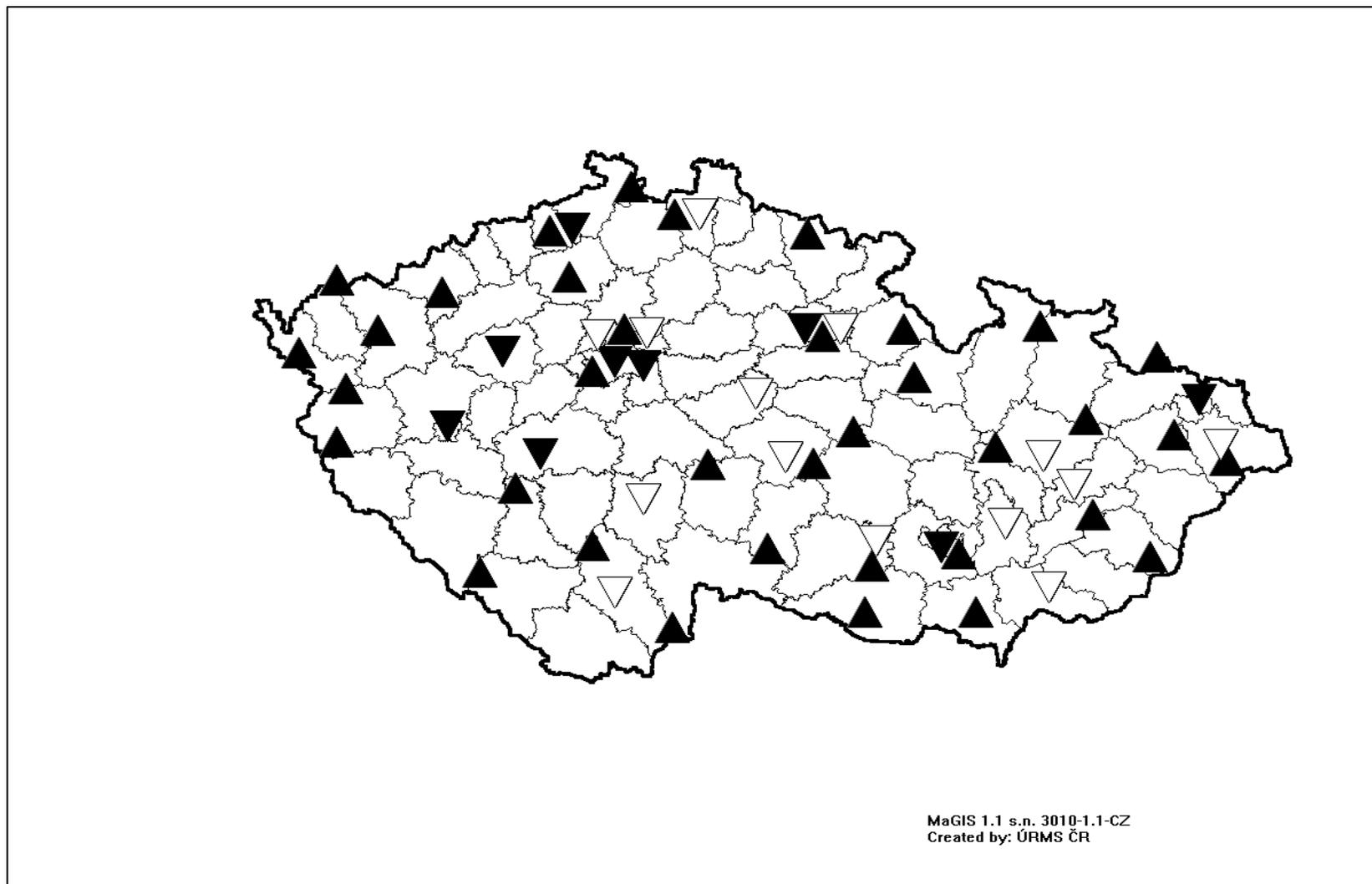


Fig. 5: TLD Monitoringnetz

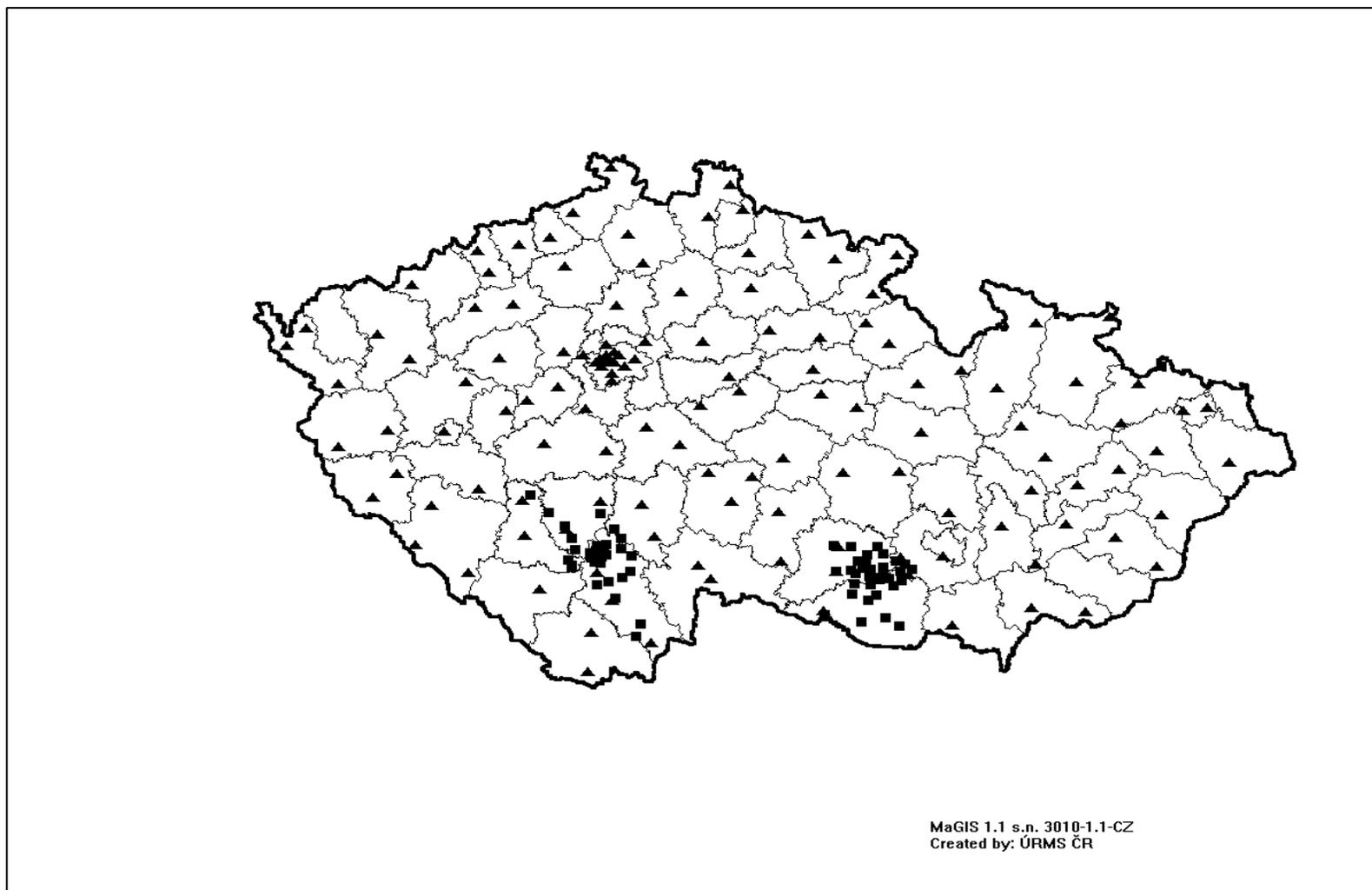
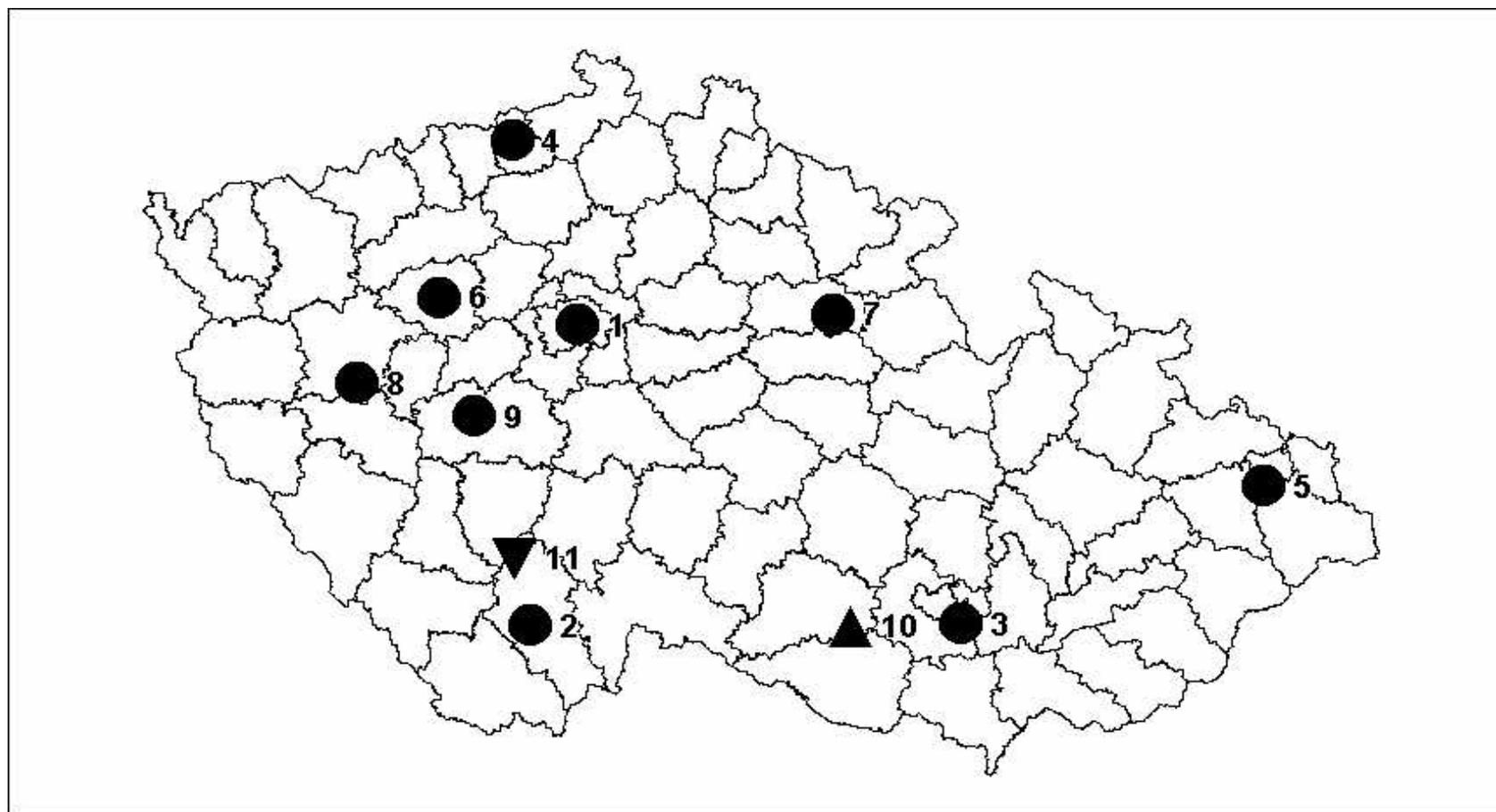


Fig.6: Territorialnetz der Luftverschmutzungsmeßpunkte und der RMS Labors



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

**Kompendium der Maßnahmen zur Verringerung der  
Strahlenbelastung in Folge von Ereignissen mit nicht  
unbedeutenden Strahlenfolgen**

(Katalog der Gegenmaßnahmen)

**Band 1**

Dezember 2000

**Tabelle 4.2-4 Freigesetzte Aktivitäten die bei einer Entfernung von 100 km oder 300 km jeweils zu einer Effektivdosis von 10 mSv innerhalb von 7 Tagen führen können**

| Nuklid   | Deposit      | Freigesetzte Aktivität an der Quelle (Bq)<br>Zeitpunkt der Freisetzung |   |
|--|--------------|--|---|
|  |              | Früh (6h nach<br>Reaktorabschaltung)                                   | Spät (120 h nach<br>Reaktorabschaltung) |
| <b>Entfernung Quelle – Empfangspunkt: 100 km (Empfangspunkt entlang der Ausbreitungslinie)</b> |              |  |   |
| *I 131   | trocken      | 3.2.E+17   | 5.2.E+17                                |
| I 131  | trocken      | 1.4E+18  | 1.8E+18                                 |
| Te 132   | trocken      | 2.7E+18  | 2.7E+18                                 |
| Cs 137   | trocken      | 1.5E+18  | 1.5E+18                                 |
| *I 131   | 5 mm/h Regen | 1.6E+16  | 1.6E+16                                 |
| I 131  | 5 mm/h Regen | 1.2E+17  | 7.1E+17                                 |
| Te 132   | 5 mm/h Regen | 2.8E+16  | 2.8E+16                                 |
| Cs 137   | 5 mm/h Regen | 6.1E+16  | 6.1E+16                                 |
| Xe 133   | keines       | 3.5E+21  | 3.5E+21                                 |
| <b>Entfernung Quelle – Empfangspunkt: 300 km (Empfangspunkt entlang der Ausbreitungslinie)</b> |              |  |   |
| *I 131   | trocken      | 8.3E+17  | 1.4E+18                                 |
| I 131  | trocken      | 3.6E+18  | 4.5E+18                                 |
| Te 132   | trocken      | 6.9E+18  | 6.9E+18                                 |
| Cs 137   | trocken      | 3.9E+18  | 3.9E+18                                 |
| *I 131   | 5 mm/h Regen | 4.1E+16  | 4.0E+17                                 |
| I 131  | 5 mm/h Regen | 3.0E+17  | 1.8E+18                                 |
| Te 132   | 5 mm/h Regen | 7.1E+16  | 7.1E+16                                 |
| Cs 137   | 5 mm/h Regen | 1.6E+17  | 1.6E+17                                 |
| Edelgas  | keines       | 1.4E+21  | 9.2E+21                                 |
| XE 133   | keines       | 9.2E+21  | 9.2E+21                                 |

\*Referenznuklid

|  |  |
|--|--|
| <b>Belastungspfade:</b>                              | Gammasubmersion, Inhalation, Gammabodenstrahlung               |
| <b>Ausbreitung in große Entfernung:</b>              | NRPB Modell  |
| <b>Windgeschwindigkeit:</b>                          | 10 m/s   |
| <b>Mischschichthöhe:</b>                             | 1000m  |
| <b>Bodenkorrekturfaktor:</b>                         | vernachlässigbar, b=1 (s. Kapitel 8)                           |
| <b>Integrationszeit für die Gammabodenstrahlung:</b> | 7d   |
| <b>Atmungsrate:</b>                                  | $3.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ für Normalaktivität   |
| <b>Integrationszeit der Inhalationsdosis</b>         | 50a  |
| <b>Referenzgruppe:</b>                               | Erwachsene   |
| <b>Zugrundeliegende Gleichung:</b>                   | (2.1), (3.1), (4.1) in Kapitel 8,<br>Unterkapitel 8.2 bis 84.4 |

**Anm.:** Die im Vergleich zum Inventar (Annahme: Gleichgewichtskern eines Leistungsreaktors mit etwa 3700 MW<sub>th</sub>) etwas höheren operationellen Interventionsniveaus (freigesetzte Aktivität) zeigen, daß bei einer Entfernung von über 300 km und darüber keine Schutzräume mehr notwendig sind.

Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

**Kompendium der Maßnahmen zur Verringerung der  
Strahlenbelastung in Folge von Ereignissen mit nicht  
unbedeutenden Strahlenfolgen**

(Katalog der Gegenmaßnahmen)

**Band 2**

Dezember 2000

Tabelle 7.2-4: Ausgesuchte Radionuklide im Inventar eines 1300 - MWel DWR Gleichgewichtskern, durchschnittlicher Abbrand [SSK 13], Aktivität in Bq

| Nuklid       | Zeit nach Beendigung der Kettenreaktion |          |          |          |          |
|--------------|---|----------|----------|----------|----------|
|              | 0 h                                     | 1 h      | 6 h      | 24 h     | 120 h    |
| Kr 85        | 2.81E+16                                | 2.81E+16 | 2.81E+16 | 2.81E+16 | 2.81E+16 |
| Kr 85m       | 1.04E+18                                | 9.06E+17 | 4.18E+17 | 2.38E+16 | 9.16E+09 |
| Kr 87        | 1.95E+18                                | 1.14E+18 | 7.49E+16 | 4.10E-12 | 0.0      |
| Kr 88        | 2.77E+18                                | 2.18E+18 | 6.42E+17 | 7.92E+15 | 5.24E+05 |
| Xe 133       | 7.57E+18                                | 7.57E+18 | 7.55E+18 | 7.30E+18 | 4.72E+18 |
| Xe 135       | 1.65E+18                                | 2.04E+18 | 2.94E+18 | 1.77E+18 | 2.12E+15 |
| Total Kr-Xe  | 1.50E+19                                | 1.39E+19 | 1.17E+19 | 9.13E+18 | 4.75E+18 |
| I 131        | 3.63E+18                                | 3.62E+18 | 3.57E+18 | 3.37E+18 | 2.42E+18 |
| I 132        | 5.32E+18                                | 5.29E+18 | 5.11E+18 | 4.37E+18 | 1.86E+18 |
| I 133        | 7.58E+18                                | 7.44E+18 | 6.35E+18 | 3.49E+18 | 1.42E+17 |
| I 134        | 8.21E+18                                | 5.74E+18 | 2.18E+17 | 1.83E+11 | 0.0      |
| I 135        | 7.06E+18                                | 6.36E+18 | 3.77E+18 | 5.70E+17 | 2.43E+13 |
| Total iodine | 3.18E+19                                | 2.85E+19 | 1.90E+19 | 1.18E+19 | 4.43E+18 |
| Sr 89        | 3.86E+18                                | 3.85E+18 | 3.84E+18 | 3.80E+18 | 3.60E+18 |
| Sr 90        | 2.22E+17                                | 2.22E+17 | 2.22E+17 | 2.22E+17 | 2.22E+17 |
| Sr 91        | 4.74E+18                                | 4.41E+18 | 3.06E+18 | 8.24E+17 | 7.48E+14 |
| Y 90         | 2.32E+17                                | 2.32E+17 | 2.32E+17 | 2.30E+17 | 2.25E+17 |
| Y 91         | 4.91E+18                                | 4.91E+18 | 4.91E+18 | 4.88E+18 | 4.66E+18 |
| Zr 95        | 6.42E+18                                | 6.42E+18 | 6.41E+18 | 6.35E+18 | 6.08E+18 |
| Zr 97        | 6.38E+18                                | 6.13E+18 | 4.99E+18 | 2.39E+18 | 4.65E+16 |
| Nb 95        | 6.37E+18                                | 6.37E+18 | 6.37E+18 | 6.37E+18 | 6.36E+18 |
| Mo 99        | 6.86E+18                                | 6.79E+18 | 6.45E+18 | 5.34E+18 | 1.95E+18 |
| Tc 99m       | 6.01E+18                                | 6.01E+18 | 5.91E+18 | 5.10E+18 | 1.88E+18 |
| Ru 103       | 5.62E+18                                | 5.61E+18 | 5.59E+18 | 5.52E+18 | 5.14E+18 |
| Ru 105       | 3.59E+18                                | 3.17E+18 | 1.45E+18 | 8.75E+16 | 2.70E+10 |
| Ru 106       | 1.38E+18                                | 1.38E+18 | 1.38E+18 | 1.38E+18 | 1.37E+18 |
| Rh 105       | 3.38E+18                                | 3.38E+18 | 3.27E+18 | 2.43E+18 | 3.73E+17 |
| Sb 127       | 3.19E+17                                | 3.18E+17 | 3.08E+17 | 2.70E+17 | 1.31E+17 |
| Sb 129       | 1.14E+18                                | 9.86E+17 | 4.42E+17 | 2.46E+16 | 5.02E+09 |
| Te 127       | 3.13E+17                                | 3.13E+17 | 3.11E+17 | 2.90E+17 | 1.64E+17 |
| Te 127m      | 3.88E+16                                | 3.88E+16 | 3.88E+16 | 3.88E+16 | 3.85E+16 |
| Te 129       | 1.13E+18                                | 1.08E+18 | 6.25E+17 | 1.38E+17 | 9.98E+16 |
| Te 129m      | 1.69E+17                                | 1.69E+17 | 1.69E+17 | 1.67E+17 | 1.53E+17 |
| Te 131m      | 5.30E+17                                | 5.20E+17 | 4.63E+17 | 3.06E+17 | 3.33E+16 |
| Te 132       | 5.24E+18                                | 5.20E+18 | 4.97E+18 | 4.24E+18 | 1.81E+18 |
| Cs 134       | 3.51E+17                                | 3.51E+17 | 3.51E+17 | 3.50E+17 | 3.49E+17 |
| Cs 136       | 1.34E+17                                | 1.34E+17 | 1.32E+17 | 1.27E+17 | 1.03E+17 |
| Cs 137       | 2.99E+17                                | 2.99E+17 | 2.99E+17 | 2.99E+17 | 2.99E+17 |
| Ba 140       | 6.67E+18                                | 6.65E+18 | 6.58E+18 | 6.31E+18 | 5.08E+18 |
| La 140       | 6.82E+18                                | 6.82E+18 | 6.80E+18 | 6.71E+18 | 5.74E+18 |

**Tabelle 7.2-9: Kumulative Freisetzungsanteile, die sich an dem Kerninventar der Deutschen Risikostudie, Phase B [DRSB], orientieren**

|   | Freisetzter Anteil des Kerninventars |                      |                      |                      |                      |                       |                      |                      |                      |  |
|---|--------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--|
|   | Kr-Xe                                | I                    | Cs                   | Yc                   | Sr                   | Ra <sup>226</sup>     | La <sup>214</sup>    | Ce <sup>137</sup>    | Ba                   |  |
| Vollständiges Containmentversagen   | 1                                    | 0,5                  | 10                   | 0,9                  | 4·10 <sup>-2</sup>   | 1·10 <sup>-5</sup>    | 2·10 <sup>-2</sup>   | 4·10 <sup>-2</sup>   | 3·10 <sup>-1</sup>   |  |
| Primärkreisleck in den Kreis (ohne Wasserstoffdeflagration in Containment und Kreis) ER-PLA       | 1                                    | 3,7·10 <sup>-1</sup> | 3,7·10 <sup>-1</sup> | 2,3·10 <sup>-1</sup> | 1,7·10 <sup>-1</sup> | 2,5·10 <sup>-4</sup>  | 6,4·10 <sup>-3</sup> | 1,4·10 <sup>-2</sup> | 1,1·10 <sup>-1</sup> |  |
| Dampferzeugerbohrungsleck ohne ausreichendes Wasser im defekten Dampferzeuger ER-SG LP*a          | 1,7·10 <sup>-4</sup>                 | 1,5·10 <sup>-1</sup> | 1,5·10 <sup>-1</sup> | 3,0·10 <sup>-2</sup> | 6,7·10 <sup>-5</sup> | 8,5·10 <sup>-1</sup>  | 7,0·10 <sup>-9</sup> | -                    | 1,4·10 <sup>-3</sup> |  |
| Dampferzeugerbohrungsleck ohne ausreichendes Wasser im defekten Dampferzeuger ER-SG LP*b          | 1,7·10 <sup>-4</sup>                 | 2,5·10 <sup>-2</sup> | 2,5·10 <sup>-2</sup> | 1,5·10 <sup>-3</sup> | 1,3·10 <sup>-5</sup> | 1,7·10 <sup>-6</sup>  | 1,3·10 <sup>-4</sup> | -                    | 2,7·10 <sup>-4</sup> |  |
| Vergrößertes Containmentleck (10 cm <sup>2</sup> ) über Kreise und Hilfsgebäude ER-leakage LP*    | 1                                    | 7,8·10 <sup>-1</sup> | 3,5·10 <sup>-1</sup> | 2,1·10 <sup>-3</sup> | 1,5·10 <sup>-4</sup> | 3,6·10 <sup>-7</sup>  | 5,6·10 <sup>-4</sup> | 1,3·10 <sup>-2</sup> | 1,3·10 <sup>-4</sup> |  |
| Kontrollierte Druckentlastung bei 0,6 MPa und Freisetzung über den Kanin ER - Druckentlastung ND* | 9,0·10 <sup>-3</sup>                 | 2,0·10 <sup>-3</sup> | 3,3·10 <sup>-7</sup> | 3,5·10 <sup>-6</sup> | 2,0·10 <sup>-5</sup> | 6,4·10 <sup>-10</sup> | 6,3·10 <sup>-3</sup> | 2,0·10 <sup>-6</sup> | 1,7·10 <sup>-2</sup> |  |

1) "Ru" steht auch für Rh, Co, Mo, Pd, Al, Tc

2) "La" steht auch für Pr, ND, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Ac, Zr, Nb, Y

3) "Ce" steht auch für Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md

Anm.: In Phase B der Risikostudie, wurden die oben angeführten Nuklidgruppen teilweise ausgeweitet und neu strukturiert. Diese wurde im Kontext der Untersuchung des Radionuklidverhaltens in Unfallatmosphäre im Lichte einer detaillierten Analyse durchgeführt und es wurden die neuen Erkenntnisse mit Phase A verglichen. Dies betrifft vor allem die weniger flüchtigen Radionuklide.