

## **Schwere Unfälle im Atomkraftwerk Temelin**

Mögliche Abläufe, negative Auswirkungen der Sicherheitsdefizite, freigesetzte Mengen radioaktiver Schadstoffe

Zusammenfassende Stellungnahme für das Land Oberösterreich

Dr. Helmut Hirsch, wissenschaftlicher Konsulent

Hannover, 04. Mai 2001

### **1. Schwere Unfälle in Atomkraftwerken mit Druckwasserreaktor:**

Schwere Unfälle mit erheblichen Freisetzungen radioaktiver Schadstoffe sind in allen Atomkraftwerken, die heute weltweit betrieben werden, möglich. Dies betrifft insbesondere auch Druckwasserreaktoren aller Bauarten, unter anderem den Reaktortyp WWER-1000/320, der in Temelin errichtet wurde.

Die Voraussetzung für einen schweren Unfall ist, dass es zu einer (teilweisen oder vollständigen) Zerstörung des Reaktorkernes mit den hochradioaktiven Brennelementen kommt (Kernschmelze). Eine Kernschmelze tritt ein, wenn der Kern nicht ausreichend gekühlt wird – sei es aufgrund eines Lecks im primären Kühlkreislauf oder aufgrund von Störungen, bei denen die Kühlung ausfällt, während der Primärkreislauf intakt bleibt (sogenannte Transienten).

Der Umfang der Freisetzungen radioaktiver Schadstoffe nach dem Schmelzen des Reaktorkerns (der Quellterm) hängt wesentlich von der Sicherheitshülle (Containment) ab. Je früher das Containment seine Integrität verliert (oder umgangen wird), desto größer sind – als grobe Regel – die freigesetzten Mengen.

Dementsprechend können folgende Kategorien von Unfällen unterschieden werden<sup>1</sup>:

#### Frühes Versagen des Containment (innerhalb weniger Stunden):

- Umgehung des Containment (Leckagen aus dem primären in den sekundären Kühlkreislauf, Leckagen über Anschlussleitungen des Not- und Nachkühlsystems, Ausfall des Containment-Abschlusses usw.)
- Zerstörung des Containment durch hochenergetische Bruchstücke (Bersten des Reaktordruckbehälters)
- Beschädigung des Containments durch den geschmolzenen Kern (Durchschmelzen des Containments – Zeitpunkt ist von der konkreten Konstruktion des Containments abhängig, frühes Versagen auf diesem Weg kommt nur bei manchen Reaktortypen in Betracht)
- Explosionen (Wasserstoffexplosion – beim Schmelzen des Kernes bildet sich aufgrund chemischer Reaktionen Wasserstoff; Dampfexplosion – bei schlagartigem Kontakt des geschmolzenen Kernes mit Wasser)

---

<sup>1</sup> Siehe z.B.: Hirsch, H. et al.: IAEA Safety Targets and Probabilistic Risk Assessment; Gesellschaft für ökologische Forschung und Beratung, Hannover, August 1989, Kap. 10-12; sowie: Level 2 PSA Methodology and Severe Accident Management; NEA Committee on Nuclear Regulatory Activities, OCDE/GD(97)198, OECD, Paris, 1997

- Ausstoß des geschmolzenen Kernes aus dem Reaktordruckbehälter bei hohem Druck (führt zu schlagartigem Aufheizen der Atmosphäre im Containment, verbunden mit Erhöhung des Innendruckes)
- Zerstörung des Containment durch Einwirkungen von Außen (z.B. Erdbeben, Flugzeugabsturz)

Spätes Containment-Versagen (innerhalb einiger Tage):

- Versagen durch allmählichen Aufbau von Überdruck
- Zerstörung durch Durchschmelzen (sofern dies nicht zu frühem Versagen führt; der zeitliche Ablauf ist von der Konstruktion des Containments abhängig, s. oben)

Bei einem Kernschmelzunfall in einem Druckwasserreaktor, verbunden mit frühem Containmentversagen, können große Teile des radioaktiven Inventars des Reaktors freigesetzt werden, soweit Radionuklide betroffen sind, die relativ flüchtig sind: So können beispielsweise 10 bis 90 % der gesamten, im Reaktorkern befindlichen Mengen an Jod und Cäsium in die Atmosphäre gelangen, 10 bis 78 % des Tellur und 5 bis 40 % des Ruthenium. Bei schwerer freisetzbaren Radionukliden wie Strontium oder den Aktiniden (Plutonium u.a.) sind Freisetzungsraten in der Prozent-Größenordnung möglich<sup>2</sup>.

Derartige Freisetzungen sind jenen vergleichbar, die beim Unfall in Tschernobyl 1986 eingetreten sind<sup>3</sup>, obgleich es sich in Tschernobyl um einen anderen Reaktortyp (RBMK) und um einen Unfallablauf handelt, der diesem Reaktortyp spezifisch war und in der gleichen Form in einem Druckwasserreaktor nicht auftreten kann.

Bei Unfällen mit spätem Containment-Versagen bzw. kontrolliertem Abbau des Überdruckes durch gefiltertes Abblasen liegen die Quellterme erheblich niedriger – mindestens um einen Faktor 10, u.U. sogar um mehrere Zehner-Potenzen<sup>4</sup>.

Da der Ablauf eines Unfalles im Detail nicht präzise vorhergesagt und rechnerisch modelliert werden kann, sind naturgemäß sämtliche Angaben zur Größe des Quellterms lediglich als grobe Richtwerte zu verstehen.

Darüber hinaus werden die Prozesse, die bei einem schweren Unfall ablaufen, bis heute noch nicht vollständig verstanden. Überraschungen und neue

---

<sup>2</sup> Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke – Phase B: Auswirkungen auf den Katastrophenschutz; Der Minister für Finanzen und Energie des Landes Schleswig-Holstein, Kiel 1990, Kapitel 2

<sup>3</sup> Chernobyl – Ten Years On, Radiological and Health Impact; OECD Nuclear Energy Agency, Paris, November 1995

<sup>4</sup> Hess, G.D. et al.: A Study of the Environmental Impact on Australia of a Nuclear Accident in Indonesia; Final Report, July 1998 ([www.dfat.gov.au/isecurity/accident/indes.html](http://www.dfat.gov.au/isecurity/accident/indes.html)), Appendix 1

Erkenntnisse sind jederzeit möglich. So wurde vor kurzem von experimentellen Arbeiten berichtet, die unerwartete Phänomene im Zusammenhang mit dem Verhalten von Jod, also einem sehr flüchtigen und damit wichtigen Nuklid, bei Unfällen zeigten<sup>5</sup>. Die entsprechenden Untersuchungen wurden fortgesetzt und dauern noch an.

## **2. Einschätzung der Unfallgefahr in Temelin:**

Die in Temelin zu erwartende Häufigkeit für einen schweren Kernschaden (Kernschmelze) sowie für große, frühzeitige Freisetzungen wurden vom Betreiber CEZ in einer 1996 abgeschlossenen Studie ermittelt. Neuere Ergebnisse sind nicht bekannt.

Wie bereits an anderer Stelle aufgezeigt<sup>6</sup>, liegt die in dieser Betreiber-Studie ermittelte Häufigkeit einer Kernschmelze etwa beim Doppelten des Zielwertes, den eine Expertengruppe der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) 1988 für in Betrieb befindliche Anlagen vorgegeben hat ( $1 \times 10^{-4}$  pro Jahr<sup>7</sup>), und etwa beim Zwanzigfachen des Zielwertes derselben Expertengruppe für neue Atomkraftwerke ( $1 \times 10^{-5}$  p..J.).

Noch gravierender sind die Überschreitungen der internationalen Zielwerte bei der Häufigkeit großer Freisetzungen, d.h. von Freisetzungen nach frühem Versagen des Containments: Es wurde rund das Zehnfache des Zielwertes für laufende Anlagen ( $1 \times 10^{-5}$  p.J.), bzw. rund das Hundertfache des Zielwertes für Neuanlagen ( $1 \times 10^{-6}$  p.J.) ermittelt.

Jene Faktoren, die in Temelin im Zusammenhang mit einem frühzeitigem Containment-Versagen eine Rolle spielen, stehen daher in den folgenden Ausführungen im Mittelpunkt. Dabei wird entsprechend jenen Punkten vorgegangen, die im vorigen Abschnitt aufgezählt wurden, unter Beschränkung auf die wichtigsten Faktoren.

### 2.1 Spezifische, belegbare Schwachstellen in Temelin:

**Umgehung des Containments:** Wie auch die genannte Studie der Betreiber zu Unfallhäufigkeiten zeigt, ist die Gefahr einer Umgehung des Containments durch Leckagen aus dem Primär- in den Sekundärkreislauf (der aus dem

---

<sup>5</sup> Petit, M. et al.: Iodine Behaviour during severe Accidents; EUROSAFE Tagung, Paris 1999, Seminar B

<sup>6</sup> Hirsch, H.: Atomkraftwerk Temelin – Sicherheitsdefizite; zusammenfassende Stellungnahme für das Land Oberösterreich, Hannover, 16.03.2001, Kap. 2.1

<sup>7</sup> Zur Erläuterung der Schreibweise:  $10^{-4} = 1/10.000$

Containment hinausführt) in Temelin besonders groß; rd. die Hälfte der ermittelten Häufigkeit von schweren Freisetzungen entfällt auf diesen Punkt<sup>8</sup>.

Hier spiegelt sich die Tatsache wieder, dass die Dampferzeuger bei Reaktoren vom Typ WWER-1000 eine notorische Schwachstelle sind. So berichtet die IAEAO, dass bei 25 Dampferzeugern in Reaktoren dieses Typs Risse gefunden wurden, drei davon erst, nachdem es zu Leckagen in den Sekundärkreislauf gekommen war<sup>9</sup>.

Demgegenüber wird von CEZ geltend gemacht, dass die Dampferzeuger in Temelin ein verbessertes Modell darstellen würden, so dass die Häufigkeit ihres Versagens in Wirklichkeit „*mindestens um einen Faktor von zehn oder hundert*“ geringer sei. Nur wegen fehlender genauere Informationen über die Verbesserungen habe man diese in der Studie zu den Unfallhäufigkeiten nicht berücksichtigen können<sup>10</sup>.

Dabei stellt sich die Frage, wie belastbar Informationen sind, die bei Studien der CEZ selbst nicht berücksichtigt werden konnten und die bis heute noch nicht öffentlich zugänglich gemacht wurden – und dies im Zusammenhang mit Dampferzeugern, die schon in den 80er Jahren gefertigt wurden.

In einem österreichischen, im Rahmen des „Triologs“ Tschechien/Österreich/EU erstellten Dokument wurden noch Ende Januar 2001 insgesamt 29 für die Sicherheit bedeutsame, noch nicht ausreichend geklärte Problembereiche aufgelistet, die auf potenzielle Schwachstellen hindeuten. Davon betreffen drei direkt die Problematik der Dampferzeuger bzw. der radioaktiven Freisetzungen bei Unfällen unter Umgehung des Containments<sup>11</sup>:

- Punkt 1: Umgehung des Containments und Unfälle mit Leckagen vom Primär- in den Sekundärkreislauf. Dies betrifft Rissbildung bzw. Versagen des Dampferzeuger-Kollektors, Abreißen von Dampferzeuger-Heizrohren sowie auch andere Unfallmechanismen.
- Punkt 10: Qualifikation der Sicherheits- und Abblaseventile an den Frischdampfleitungen für Durchströmen durch Wasser-Dampf-Gemische und Wasser. Ein solches Durchströmen stellt erheblich höhere Ansprüche an die Ventile als der Durchfluss von reinem Dampf. Nach einer Leckage im Dampferzeuger müssen die Ventile dieser Belastung standhalten und dann auch wieder zuverlässig geschlossen werden können, um eine Umgehung des Containments zu vermeiden.

---

<sup>8</sup> Teil-UVE II Temelin – Bericht an die österreichische Bundesregierung; Umweltbundesamt, Wien, November 2000 ([www.ubavie.gv.at](http://www.ubavie.gv.at)), Abschnitt 3, Kap. 2.5.1

<sup>9</sup> Final Report of the Programme on the Safety of WWER and RBMK Nuclear Power Plants; International Atomic Energy Agency, IAEA-EBP-WWER-15, Wien 1999, Kapitel 5.3.2

<sup>10</sup> Mlady, O.: NPP Temelin Safety Analysis Reports and PSA Status; International Conference on the Strengthening of Nuclear Safety in Eastern Europe, IAEA-CN-75, Wien 1999

<sup>11</sup> Austrian Report to The Expert Mission with Trilateral Participation According to Chapter IV of the Protocol of the Negotiations between the Czech and the Austrian Government; Rev. 1, 31 January 2001 ([www.ubavie.gv.at](http://www.ubavie.gv.at))

- Punkt 22: Zerstörungsfreie Prüfung von Bauteilen. Um die Entstehung und das Wachstum von Rissen möglichst rechtzeitig zu erkennen, müssen Dampferzeuger (und andere Komponenten) aufwendigen Prüfverfahren unterzogen werden, z.B. mittels Wirbelstrom.

Wenn derart wichtige, für die Einschätzung der Dampferzeuger bzw. die etwaige Beherrschung eines Unfalls zentrale Fragestellungen noch offen sind, erscheint der allgemeine Verweis auf nicht näher beschriebene Verbesserungen als nicht belastbar. In diesem Bereich besteht in Temelin ein Gefahrenmoment, das weitaus größer ist als bei modernen Druckwasserreaktoren in der Europäischen Union.

**Bersten des Reaktordruckbehälters:** An anderer Stelle<sup>12</sup> wurde bereits ausgeführt, dass die Versprödung des Reaktordruckbehälters in Temelin einen Risikofaktor darstellt, der nicht ausreichend genau eingeschätzt werden kann. In den kritischen Schweißnähten des Reaktordruckbehälters von Block 1 wurde erhöhter Gehalt an Nickel (der versprödungsfördernd wirkt) festgestellt. Dies ist besonders bedenklich vor dem Hintergrund, dass die Datenbasis für das Werkstoffverhalten in Reaktoren des Typs WWER-1000 auch von russischen Experten als hochgradig unsicher eingestuft wird<sup>13</sup>.

In Temelin gibt es zwar ein gegenüber früheren Ansätzen bei anderen Reaktoren verbessertes Programm zur Ermittlung der Versprödung mittels sogen. Voreilproben. Ohne eine breite Datenbasis kann ein solches anlagenspezifisches Programm jedoch auch unter den günstigsten Voraussetzungen keine belastbaren Vorhersagen liefern, da die statistischen Streuungen zu groß sind.

In der „29 Punkte-Liste“ ist dieser Problembereich als Nummer 9 angeführt.

Ein Bersten des Reaktordruckbehälters mit gleichzeitiger Zerstörung des Containments durch Bruchstücke, und damit ein Kernschmelzunfall bei offenem Containment, kann in Temelin nicht ausgeschlossen werden. Eine vergleichbare Problematik besteht bei Druckwasserreaktoren in der Europäischen Union lediglich bei Altanlagen wie z.B. die Atomkraftwerke Stade und Obrigheim in Deutschland<sup>14</sup>.

**Durchschmelzen des Containment:** Das Containment in Temelin ist für Durchschmelzen besonders anfällig; eine Schwachstelle, die sich bei keinem

---

<sup>12</sup> Hirsch, H.: Atomkraftwerk Temelin – Sicherheitsdefizite; zusammenfassende Stellungnahme für das Land Oberösterreich, Hannover, 16.03.2001, Kap. 2.2

<sup>13</sup> An neueren Arbeit siehe z.B.: Kryukov, A.M.: Achievements, open issues and development of VVER reactor pressure vessel embrittlement assessment; NATO Advanced Research Workshop Assessment of Neutron Induced Embrittlement of Reactor Pressure Vessels, Varna, Bulgarien, 17.-20.09.2000

<sup>14</sup> Siehe zu.B.: Hirsch, H. et al.: Gutachten zum Reaktordruckbehälter des KKS – Endbericht; erstellt im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums, Hannover, Februar 1994

westeuropäischem Druckwasserreaktor findet. (Allerdings ist sie in ähnlicher Form bei einigen älteren Siedewasserreaktoren in Deutschland gegeben<sup>15</sup>.)

Wie bereits an anderer Stelle ausgeführt<sup>16</sup>, besteht aus diesem Grunde die Gefahr, dass praktisch jeder Unfall mit Kernschmelze auch zu großen frühzeitigen Freisetzungen führt.

Der Ablauf ist in diesem Falle etwas langsamer als bei den anderen genannten Wirkungsfaktoren für frühes Containment-Versagen. Das Durchschmelzen erfolgt nicht innerhalb weniger Stunden, sondern voraussichtlich innerhalb eines Zeitraumes von 24 – 36 Stunden, u.U. aber auch rascher<sup>17</sup>. Damit kommt es jedenfalls erheblich früher zu Freisetzungen als bei einem Versagen des Containments durch allmählichen Druckaufbau im Inneren, und damit auch zu einem größeren Quellterm.

Eine vollständige und genaue Einschätzung dieses Risikomomentes ist zur Zeit nicht möglich, da auch hier noch offene Fragen bestehen (Auslegung und Anordnung des Containments sind als Nummer 4 in der „29 Punkte-Liste“ enthalten).

#### 2.2 Punkte, bei denen noch wichtige Informationen fehlen:

**Wasserstoff-Explosionen:** Bezüglich der Wasserstoffbildung und –verteilung im Containment bestehen in Temelin insofern besonders komplizierte Verhältnisse, als der untere Teil des Containments in viele kleine Räume unterteilt ist, während die obere Hälfte weitgehend offen ist.

Im Jahre 1997 wurde berichtet, dass die bis dahin geplanten Gegenmaßnahmen nicht geeignet seien, eine Detonation von Wasserstoff zu verhindern<sup>18</sup>. Dies bedeutet allerdings noch nicht zwangsläufig, dass dieses Problem in Temelin schlimmere Formen annimmt als z.B. in modernen westeuropäischen Druckwasserreaktoren. Es kann zur Zeit weltweit nicht als gelöst angesehen werden.

An der Entwicklung von Maßnahmen zur Kontrolle, wie kontrolliertes Abbrennen des Wasserstoffs oder Reduktion der Wasserstoffentstehung, wird seit Jahren im internationalen Rahmen intensiv gearbeitet. Dabei ist bisher deutlich geworden, dass wohl ein kompliziertes Maßnahmenpaket erforderlich wäre, um die Wasserstoff-Problematik unter Kontrolle zu bekommen, sofern dies

---

<sup>15</sup> Hirsch, H. et al.: Atomstrom 2000: Sicher, sauber, alles im Griff? Aktuelle Probleme und Gefahren bei deutschen Atomkraftwerken; erstellt im Auftrag des Bundes für Umwelt und Naturschutz e.V. Deutschland, Bonn/Hannover, Dezember 1999

<sup>16</sup> Hirsch, H.: Atomkraftwerk Temelin – Sicherheitsdefizite; zusammenfassende Stellungnahme für das Land Oberösterreich, Hannover, 16.03.2001, Kap. 2.4

<sup>17</sup> Teil-UVe II Temelin – Bericht an die österreichische Bundesregierung; Umweltbundesamt Wien, November 2000 (www.ubavie.gv.at), Abschnitt 3, Kap. 2.5.1

<sup>18</sup> Teil-UVe II Temelin – Bericht an die österreichische Bundesregierung; Umweltbundesamt Wien, November 2000 (www.ubavie.gv.at), Abschnitt 3, Kap. 2.5.1

überhaupt möglich ist. Weitere Arbeiten sind noch erforderlich<sup>19</sup>. Dieser Punkt betrifft sämtliche Leichtwasserreaktoren (Druck- und Siedewasserreaktoren).

Jedenfalls bestehen hier auch noch in Temelin noch offene Fragen; Punkt 16 der oben genannten „29 Punkte-Liste“ vom 31. Januar 2001 behandelt die Kontrolle von Wasserstoff bei schweren Unfällen. Es ist dies ein Punkt, bei dem noch „mittlere Anstrengungen“ erforderlich sind, um ihn einer Klärung durchzuführen.

**Ausstoß der Kernschmelze bei hohem Druck:** Hier gibt es nach bisherigen Erkenntnissen keine Anzeichen dafür, dass dieser Unfallablauf in Temelin häufiger eintreten könnte als bei modernen westeuropäischen Druckwasserreaktoren.

Offene Fragen bestehen jedoch auch in diesem Zusammenhang. Um die Wahrscheinlichkeit des sogen. Hochdruckpfades zu verringern, sind Eingriffe der Betriebsmannschaft erforderlich (sogen. Accident Management).

Nummer 6 der „29 Punkte-Liste“ behandelt Verfahrensweisen für Notfälle und Management schwerer Unfälle. Darin wird deutlich gemacht, dass dabei noch zahlreiche Unklarheiten bestehen; u.a. scheint nicht festzustehen, inwieweit Vorkehrungen für entsprechende Maßnahmen in Temelin überhaupt schon getroffen sind.

**Zerstörung des Containment durch Einwirkungen von Außen:** Es gibt deutliche Hinweise darauf, dass insbesondere die Gefährdung durch Erdbeben in Temelin unterschätzt und die Anlage nicht angemessen gegen Erdbeben ausgelegt wurde.

Die Intensität des maximalen Berechnungserdbebens erscheint zu gering angenommen. Überdies wurde dieser Intensität eine zu geringe Bodenbeschleunigung zugeordnet. Die Annahmen sind also in doppelter Hinsicht zu optimistisch<sup>20</sup>.

Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass die Hauptgefahr bei Erdbeben darin liegt, dass Rohrleitungen, Ventile, Kabel, Komponenten von Sicherheitssystemen u.ä. durch Schwingungen der Gebäude zerstört werden. Die Zerstörung des Gebäudes selbst ist als ein sehr unwahrscheinliches Extremereignis anzusehen, mit dem lediglich bei Erdbeben zu rechnen wäre, die tatsächlich weit über die bisherigen Annahmen hinausgehen.

Dennoch sollte diese Möglichkeit nicht völlig ausgeschlossen werden, solange im Zusammenhang mit der Erdbebengefährdung noch offene Fragen bestehen.

---

<sup>19</sup> H. Hirsch et al.: Safety Criteria for Nuclear Power Plants; Institute of Risk Research of the Academic Senate of the University of Vienna, Risk Research Report No. 36, February 2000, Appendix II

<sup>20</sup> Hirsch, H.: Die offenen Sicherheitsfragen des Atomkraftwerkes Temelin; zusammenfassende Stellungnahme für den Bund Naturschutz in Bayern e.V., Hannover, 27. 04. 2001



Die Auslegung gegen Erdbeben und die Einschätzung der seismischen Gefahren sind als Nummer 7 in der „29 Punkte-Liste“ enthalten.

### 2.3 Spätes Versagen des Containment:

Dieser Punkt tritt bei der Beurteilung des Atomkraftwerkes Temelin tendenziell insofern in den Hintergrund, als bei einem Kernschmelzunfall mit hoher Wahrscheinlichkeit ein frühzeitiges Versagen zu befürchten ist. Andere Versagensmechanismen werden also meist verhindern, dass es zu einem späten Versagen durch Überdruck überhaupt noch kommt.

Die Problematik des späten Containment-Versagens würde an Bedeutung gewinnen, wenn es durch zusätzliche Maßnahmen gelänge, die Risiken eines frühen Versagens deutlich zu senken. Dies ist jedoch zur Zeit nicht absehbar.

### 2.4 Fazit:

Die Gefahr schwerer Unfälle ist in Temelin, verglichen mit modernen Druckwasserreaktoren in der Europäischen Union, überdurchschnittlich hoch. Dies lässt sich bereits aus der hohen ermittelten Häufigkeit von Kernschmelzunfällen ablesen.

Besonders verschärft wird dieser Punkt aber dadurch, dass im Falle einer Kernschmelze die Wahrscheinlichkeit für ein frühzeitiges Versagen des Containments, verbunden mit besonders großen radioaktiven Freisetzungen, sehr hoch ist.

Diese hohe Wahrscheinlichkeit ist auf eine Reihe von spezifischen Schwachstellen in Temelin zurückzuführen, die hier aufgezeigt wurden.

Verschärfend kommt hinzu, dass bei praktisch allen Themen, die schwere Unfälle betreffen, Informationen fehlen. Über die oben genannten Themenbereiche aus der „29 Punkte-Liste“ hinaus enthält diese unter Nummer 26 auch die grundsätzliche und umfassende Frage nach den bisher durchgeführten Analysen zu schweren Unfällen einschließlich der Planung von Gegenmaßnahmen zu ihrer Abmilderung.

Angesichts der bereits bekannten Fakten erscheint es kaum vorstellbar, dass spezifische Schwachstellen (jedenfalls kurzfristig) ausgeräumt bzw. behoben werden können. Dagegen ist es durchaus denkbar, dass eine weitere Prüfung noch zusätzliche Schwachstellen und Gefahrenmomente an den Tag bringt.

### **3. Quellterme bei schweren Unfällen in Temelin:**

#### 3.1 Diskussion der anzusetzenden Quellterme:

Aus den hier dargestellten Sachverhalten folgt, dass beim Atomkraftwerk Temelin Unfälle mit besonders großen Quelltermen, und somit besonders schwerwiegenden Folgen, eine Wahrscheinlichkeit aufweisen, die erheblich höher als bei modernen Atomkraftwerken in der EU liegt und etwa das Hundertfache des Zielwertes beträgt, den eine Expertengruppe der Internationalen Atomenergie-Organisation 1988 für neue Anlagen vorgegeben hat.

Es erscheint daher als plausibel und angemessen, wenn Betrachtungen zu den Unfallfolgen Quellterme zugrunde gelegt werden, bei denen frühzeitig große Anteile der flüchtigen Radionuklide in die Atmosphäre freigesetzt werden.

Die vom österreichischen Umweltbundesamt in Anlehnung an Untersuchungen im bulgarischen Atomkraftwerke Kosloduj 5 (wie Temelin ein WWER-1000/320) angesetzten Quellterme tragen dem Rechnung. Ein Vergleich mit den in Kapitel 1 angegebenen Freisetzungsraten bei frühem Containment-Versagen zeigt übrigens, dass diese beiden Quellterme dabei noch keineswegs bis an die Grenze des Möglichen gehen<sup>21</sup>:

Quellterm I entspricht einem Kernschmelzunfall infolge Ausfall der Kühlung mit anschließendem Hochdruckversagen des Containments, Quellterm II einer Kernschmelze infolge Abriss von zwei Dampferzeuger-Heizrohren bei offenstehendem Sicherheitsventil (d.h. Umgehung des Containments, ein besonderes Gefahrenmoment in Temelin). Die Freisetzung beginnt im ersten Fall nach 5 Stunden, im zweiten Falle bereits nach 2 Stunden. Die Dauer der Freisetzung beträgt 1,5 bzw. 1 Stunde.

Folgende Anteile des Inventars des Reaktorkerns werden freigesetzt (beispielhafte Angabe wichtiger Radioknuklide; die Angaben gelten jeweils für sämtliche Isotope des jeweiligen Elementes, z.B. bei Cäsium also für Cs-134 und Cs-137):

---

<sup>21</sup> Teil-UVE II Temelin – Bericht an die österreichische Bundesregierung; Umweltbundesamt Wien, November 2000 ([www.ubavie.gv.at](http://www.ubavie.gv.at)), Abschnitt 4, Kapitel 10

Nuklidgruppe	Quellterm I	Quellterm II	Zum Vergleich: Tschernobyl- Quellterm <sup>22</sup>
Tellur	30 %	10 %	25-60 %
Jod	20 %	10 %	50-60 %
Cäsium	20 %	10 %	20-40 %
Ruthenium	3 %	1 %	>3,5 %
Strontium	2 %	1 %	4-6 %
Barium	2 %	1 %	4-6 %
Lanthan	0,3 %	0,1 %	
Cer	0,3 %	0,1 %	3,5 %

Wie ersichtlich, sind diese Quellterme im Durchschnitt etwas kleiner als der Quellterm des Tschernobyl-Unfalles, sie liegen aber in der gleichen Größenordnung. Zu berücksichtigen ist, dass die Freisetzungen in Tschernobyl über einen Zeitraum von insgesamt 10 Tagen erfolgten, während in Temelin mit der gesamten Freisetzung innerhalb weniger Stunden zu rechnen ist, was besonders hohe Ansprüche an den Katastrophenschutz stellt.

Quellterm II entspricht einem Unfallablauf, auf den gemäß Untersuchungen des Betreibers rd. die Hälfte der zu erwartenden Häufigkeit schwerer Unfälle entfällt. Auch wenn bei diesen Untersuchungen u.U. bestimmte Risikofaktoren nicht angemessen berücksichtigt wurden (z.B. das Bersten des Reaktordruckbehälters), steht außer Frage, dass es sich um einen für Temelin sehr wichtigen Unfallablauf handelt. Daher ist es angemessen, diesen Quellterm bei Betrachtungen von Unfallfolgen zugrunde zu legen<sup>23</sup>, solange dabei klargestellt wird, dass noch größere Quellterme und damit schlimmere Unfallfolgen möglich sind.

Es sei daran erinnert, dass Angaben zu Quelltermen zwangsläufig mit Ungenauigkeiten behaftet sind. Eine exakte Vorhersage der zu bestimmten Unfallabläufen gehörigen freigesetzten Menge ist aufgrund der großen Komplexität der Abläufe nicht möglich.

Nicht berücksichtigt bei diesen Überlegungen ist die Gefahr, dass es bei einem schweren Unfall im Reaktor auch zu Freisetzungen aus dem Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente kommen kann. Durch die Einführung der sogen. Kompaktlagerung können diese Becken in Temelin besonders große Mengen

<sup>22</sup> Chernobyl – Ten Years On, Radiological and Health Impact; OECD Nuclear Energy Agency, Paris, November 1995

<sup>23</sup> Dies ist einem zweiten, parallel zur vorliegenden Stellungnahme ausgearbeiteten Papier geschehen, siehe: Franke, B.: Konsequenzen schwerer Unfälle im AKW Temelin: Ist die Katastrophenschutzplanung hinreichend?; zusammenfassende Stellungnahme für das Land Oberösterreich, ifeu-Institut Heidelberg, 04.05.2001

an Brennstoff enthalten – in jedem Block bis zu rd. 300 t, das entspricht etwa dem Dreifachen des Reaktorkerns. Dementsprechend befindet sich in den Becken bei kompletter Füllung auch die dreifache Menge an langlebigen radioaktiven Stoffen. Der Quellterm könnte dadurch also erheblich vergrößert werden. Auch die im Containment gebildete Wasserstoffmenge kann vergrößert werden, wenn es zu einer Erhitzung des Brennstoffes im Becken kommt.

Dieser Punkt ist nicht zuletzt deshalb von Bedeutung, weil es bei Reaktoren des Typs WWER-1000/320 bisher noch wenig Erfahrungen mit Kompaktlagerung gibt und die Kühlsysteme der Lagerbecken in Temelin besondere Schwachstellen aufweisen<sup>24</sup>.

### 3.2 Mängel der vorliegenden Unterlagen:

Ein Papier zu Katastrophenschutzmaßnahmen und schweren Unfällen, das von der tschechischen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde SUJB kürzlich vorgelegt wurde, enthält die Aussage, dass nach einem Unfall dringende Schutzmaßnahmen in Nachbarländern der Tschechischen Republik nicht erforderlich werden<sup>25</sup>.

Offensichtlich lagen den Untersuchungen, auf denen dieses Papier basiert, Unfallszenarien mit kleineren Quelltermen als den oben angegebenen zugrunde. Dies kann jedoch nicht überprüft werden, da das Papier keinerlei Angaben zu den Quelltermen enthält. Darüber hinaus fehlt eine ganze Reihe weiterer Informationen, die für eine Einschätzung und Bewertung der präsentierten Ergebnisse essentiell wären:

- Keine Angaben zum radioaktiven Inventar des Reaktorkerns
- Keine Angaben zum genauen Verlauf der ersten Phase des Kernschmelzens (bis zur Zerstörung des Reaktordruckbehälters)
- Keine Angaben zum genauen Verlauf der späteren Unfallphasen, insbesondere keine Angaben zum Verhalten des Containments (Zeitpunkt des Versagens, Art des Versagens, Größe und Örtlichkeit der Öffnung(en) im Containment, gebildete Wasserstoffmengen, Verteilung derselben in den einzelnen Räumen ...)
- Keine Angaben zu Unfallszenarien bei geringer Leistung und im abgeschalteten Zustand

---

<sup>24</sup> Teil-UVE II Temelin – Bericht an die österreichische Bundesregierung; Umweltbundesamt Wien, November 2000 ([www.ubavie.gv.at](http://www.ubavie.gv.at)), Abschnitt 3, Kapitel 3.1

<sup>25</sup> Principles and Methods of Emergency Planning and Response at NPP Temelin, Including Assessment of Beyond Design and Severe Accidents Consequences; Presented during the Workshop organized by SUJB on 4 April 2001 in Prague (Link ist zu finden unter [www.ubavie.gv.at](http://www.ubavie.gv.at))

- Keine Angaben zur möglichen Rolle des Brennelement-Lagerbeckens bei Unfällen (Komplizierung von Unfallabläufen, Erhöhung von Freisetzungen)
- Keine Angaben zu Nachrüstmaßnahmen und Maßnahmen des „Accident Management“
- Keine Angaben zu den Quelltermen, keine Diskussion möglicher Quellterme

Auch zur Ausbreitung der radioaktiven Schadstoffe in der Atmosphäre sowie zu den Auswirkungen fehlen genaue Angaben. Eine Diskussion der Unfallfolgen ist nicht Thema der vorliegenden Stellungnahme<sup>26</sup>.

Im Bericht zur Gesamt-UVP Temelin, der am 10. April 2001 von einer tschechischen Expertenkommission vorgelegt wurde<sup>27</sup>, fehlt die Behandlung schwerer Unfälle vollkommen. Die von tschechischer Seite bisher öffentlich vorgelegten Unterlagen können somit die Annahme einer hohen Wahrscheinlichkeit schwerer Unfälle mit großen Quelltermen in keiner Weise relativieren oder in Frage stellen.

Temelin ist somit gemäß dem derzeitigen Wissensstand eine Anlage, von der weit größere Gefahren ausgehen als von modernen Druckwasserreaktoren in der Europäischen Union.

---

<sup>26</sup> Siehe dazu: Franke, B.: Konsequenzen schwerer Unfälle im AKW Temelin: Ist die Katastrophenschutzplanung hinreichend?; zusammenfassende Stellungnahme für das Land Oberösterreich, ifeu-Institut Heidelberg, 04.05.2001

<sup>27</sup> Bewertung der Umweltauswirkungen des KKW Temelin, vorgelegt im Rahmen der freiwilligen und über den üblichen Standard hinausgehenden Vorgangsweise laut Artikel V des Melker Protokolls; Kommission für die Prüfung der Umweltauswirkungen des Kernkraftwerkes Temelin, Prag, April 2001, deutsche Übersetzung durch das Umweltbundesamt, Wien ([www.ubavie.gv.at](http://www.ubavie.gv.at))