

## **Stellungnahme**

### **Konsequenzen aus dem Kritikalitätsunfall in der JCO-Uranverarbeitungsanlage in Tokaimura, Japan, für deutsche Anlagen**

#### **1           Beratungsauftrag**

Der BMU hat die RSK mit Schreiben vom 07.10.1999 gebeten, eine Stellungnahme im Zusammenhang mit dem Kritikalitätsunfall in der Uranverarbeitungsanlage der JCO in Tokaimura, Japan zu erarbeiten. In dieser Stellungnahme soll insbesondere auf Anlagen in Deutschland eingegangen werden, die mit der Anlage in Tokaimura vergleichbar sind und in denen mit gleichen oder ähnlichen Kernbrennstoffen umgegangen wird. Außerdem sollen einschlägige besondere Vorkommnisse in deutschen Anlagen bezeichnet werden, bei denen menschliche Fehlhandlungen ursächlich waren.

Der Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG der RSK hat sich auf seiner 2. Sitzung am 28.10.1999, seiner 4. Sitzung am 17.02.2000, seiner 5. Sitzung am 20.04.2000 und seiner 6. Sitzung am 29.06.2000 mit dieser Thematik befasst. Die RSK hat diesen Gegenstand und die vorliegende Stellungnahme in ihrer 326. Sitzung am 11.11.1999, ihrer 332. Sitzung am 06.07.2000 und ihrer 333. Sitzung am 07.09.2000 beraten.

Zur Beratung lagen Unterlagen von japanischer Seite /1, 2, 3, 4/, der IAEA /5/, der GRS /6/ und dem Forschungszentrum Jülich /7/ zu Unfallhergang, Ursache und Auswirkungen vor. Die GRS hat einen Bericht zur Kritikalitätssicherheit der deutschen Anlagen der Brennstoffversorgung vorgelegt, die über eine Genehmigung nach § 7 AtG verfügen /8/. Zu diesen Anlagen haben die zuständigen Aufsichtsbehörden der Länder Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Hessen Überprüfungen der Kritikalitätssicherheit durch zugezogene Sachverständige der Technischen Überwachungsvereine anstellen lassen, deren Ergebnisberichte der RSK vorgelegt wurden /9/. Außerdem lagen Unterlagen zum Umgang mit Kernbrennstoffen nach § 9 AtG, zur staatlichen Verwahrung von Kernbrennstoffen nach § 5 AtG sowie zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen nach § 6 AtG vor /10/.

## 2 Darstellung des Unfalls

- **Die betroffene Anlage und der Verarbeitungsprozess**

In der Uranverarbeitungsanlage der JCO wird ausgehend von Uranhexafluorid Urandioxid-Pulver mit einem Anreicherungsgrad bis 5 % U-235 für Leichtwasserreaktoren hergestellt.

Daneben kann in einer eigenen Test-Anlage Urandioxid bis zu einem Anreicherungsgrad von 20 % U-235 produziert werden. Dazu wird angeliefertes Uranoxid als Pulver in Salpetersäure gelöst und so in Uranylнитratlösung überführt. Durch Zusatz von Ammoniak wird aus dieser Lösung Ammoniumdiuranat ausgefällt, abfiltriert und anschließend in einem Ofen in Urandioxid umgewandelt. Der Unfall ereignete sich in dieser Test-Anlage, die sich in einem Nebengebäude zum eigentlichen Fertigungsprozess der Uranhexafluorid-Urandioxid-Konversion befindet. Diese Test-Anlage wurde nur gelegentlich betrieben (fünf Kampagnen im Zeitraum von 1986-1999).

- **Unfallablauf und –ursachen**

Die betroffene Anlage verfügt über einen zylindrischen Fällbehälter, dem ein Lösebehälter vorgeschaltet ist. Die Kritikalitätssicherheit des Fällbehälters beruht allein auf der Einhaltung der zulässigen Uranmasse für den jeweiligen Anreicherungsgrad.

Uranoxid-Pulver mit einer Anreicherung von 18,8 % wurde chargenweise in kleineren Zehn-Liter-Behältern zu Uranylнитratlösung gelöst. Am Vortag des Unfalls wurden vier Behälter mit der gewonnenen Uranylнитratlösung von Hand direkt in den Fällbehälter eingebracht. Auf die gleiche Weise wurden am folgenden Tag weitere drei Behälter mit Uranylнитratlösung in den Fällbehälter entleert. In dem Fällbehälter sollte die Uranylнитratlösung homogenisiert werden. Insgesamt wurden etwa 45 l Uranylнитratlösung mit 16,6 kg Uran eingefüllt und damit das für Uran bis 20 % Anreicherung und diesen Tank festgelegte Massenlimit von 2,4 kg Uran um das Sieben – bis Achtfache überschritten.

Dadurch wurde die Lösung in dem Fällbehälter mit einer ersten Leistungsspitze prompt kritisch, der Behälter blieb jedoch intakt. Der kritische Zustand der Lösung blieb über etwa 20 Stunden hin erhalten, bis er im Zuge einer Intervention durch Zerstörung der Kühlwasserleitung und durch Austreiben des Kühlwassers aus dem Kühlmantel des Fällbehälters beendet wurde. Zur Stabilisierung des unterkritischen Zustandes wurde außerdem Borsäure in den Fällbehälter eingespeist.

Die unmittelbare Ursache für den Unfall war die Einspeisung einer zu hohen Spaltstoffmasse in den Fällbehälter, der mit einem Durchmesser von 45 cm für Uranlösung mit 18,8 % Anreicherung nicht geometrisch kritikalitätssicher ist. Die Einhaltung der Massenbegrenzung von 2,4 kg stellte somit die entscheidende und einzige Sicherheitsmaßnahme dar.

In früheren Kampagnen wurden jeweils etwa 40 l Lösung in ähnlicher Weise in einem Lagertank

homogenisiert, der allerdings geometrisch sicher ausgelegt ist. Warum für die Homogenisierung anstelle des Lagertanks der geometrisch nicht kritikalitätssichere Fällbehälter verwendet wurde, ist nicht geklärt.

Der Löse-, Einfüll- und Homogenisierungsvorgang entsprach außerdem nicht dem genehmigten Vorgehen. Danach hätte die Auflösung nicht in Zehn-Liter-Behältern, sondern in dem vorgesehenen zylindrischen, geometrisch sicheren Lösebehälter erfolgen müssen. Der Homogenisierungsschritt war im beschriebenen Verfahrensablauf gar nicht vorgesehen, sicherheitstechnisch nicht geprüft und von der Aufsichtsbehörde nicht genehmigt. Die ungenehmigte Vorgehensweise wurde vom Betreiber eingeführt und seit Jahren praktiziert. Die Arbeiter verfügten anscheinend über keine ausreichenden Kenntnisse über Kritikalitätsrisiken. Eine Beaufsichtigung durch ihre Vorgesetzten fand nicht statt. Aufsichtliche Kontrollen durch die Aufsichtsbehörde waren nicht vorgesehen und wurden während der gelegentlich stattfindenden Kampagnen nicht durchgeführt.

- **Radiologische Auswirkungen**

Aufgrund der Analysen der Uranlösung nach dem Unfall und der durchgeführten Aktivierungsmessungen ergibt die japanische Untersuchung des Unfalls eine Gesamtzahl von etwa  $2,5 \cdot 10^{18}$  Spaltungen. Davon ereigneten sich etwa  $1,2 \cdot 10^{18}$  Spaltungen in den ersten Minuten, die restlichen Spaltungen entfallen auf die etwa gleichförmig anhaltende Kritikalität in der sogenannten Plateauphase.

Die drei Arbeiter, die mit dem Einfüllen der Uranyl-nitratlösung beschäftigt waren, erhielten sehr hohe Strahlendosen von 18, 10 und 2,5 Gy. Zwei Arbeiter sind inzwischen infolge dieser Strahlenexposition verstorben, der dritte Arbeiter wurde aus dem Krankenhaus entlassen. Während des Unfalls und bei den Maßnahmen zur Beendigung des kritischen Zustandes im Zuge der Intervention erhielten Beschäftigte, die in der Nähe des Unfallortes arbeiteten, sowie Feuerwehrleute und Einsatzkräfte Strahlendosen meist unterhalb von 50 mSv (Höchstwert 120 mSv). Auch einige Anwohner außerhalb des Anlagengeländes erhielten Strahlenexpositionen von bis zu 25 mSv. Kurzzeitig führte die Freisetzung von flüchtigen kurzlebigen radioaktiven Stoffen zu einer erhöhten Gammadosisrate von einigen  $\mu\text{Gy/h}$ .

Die vertiefte Untersuchung der Unfallauswirkungen durch die japanischen Behörden ist noch nicht abgeschlossen. Aktuelle Zwischenergebnisse sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

### **3 Bewertungsmaßstäbe und Anforderungen zur Kritikalitätssicherheit**

Gesetzliche Grundlage für Anlagen der nuklearen Brennstoffver- und -entsorgung in Deutschland ist das Atomgesetz (AtG). Darin wird die nach Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden gefordert. Außerdem müssen die beim Betrieb einer solchen Anlage tätigen Personen die notwendigen Kenntnisse über mögliche Gefahren und die anzuwendenden Schutzmaßnahmen aufweisen. Die verantwortlichen Personen müssen die hierfür erforderliche Zuverlässigkeit und Fachkunde besitzen. Nähere Bestimmungen über den Umgang mit Kernbrennstoff finden sich in § 4 zur Beförderung, § 5 zur Staatlichen Verwahrung, § 6 zur Aufbewahrung, § 7 zur Genehmigung von Anlagen und § 9 zu Bearbeitung,

Verarbeitung und sonstigen Verwendungen.

Nach § 74 (2) der Strahlenschutzverordnung müssen Kernbrennstoffe so gelagert werden, dass ein kritischer Zustand während der Lagerung unter keinen Umständen entstehen kann.

Eine nähere Bestimmung der im Atomgesetz geforderten Schadensvorsorge nach dem Stand von Wissenschaft und Technik stellen die vom BMU bekannt gegebenen Sicherheitsanforderungen für Anlagen der Brennstoffversorgung vom April 1997 dar /11/. Sie enthalten konkrete Handlungsempfehlungen und geben einen Rahmen für die sicherheitstechnische Auslegung und Begutachtung der Anlagen vor. Im Genehmigungsverfahren für Anreicherungsanlagen und Brennelementfabriken wird in der Regel ein Kritikalitätsstörfall als Auslegungsstörfall untersucht. Dabei muss die Einhaltung der Störfallplanungswerte nach § 28 (3) StrlSchV rechnerisch nachgewiesen werden.

Ein wesentliches Grundprinzip zur Vermeidung von Kritikalitätsstörfällen ist das Sicherheitsprinzip des Doppelfehlers (Double Contingency Principle), wonach sicherzustellen ist, dass mindestens zwei voneinander unabhängige, gleichzeitig wirkende, im bestimmungsgemäßen Betrieb nicht zu erwartende Ereignisabläufe eintreten müssen, bevor Kritikalität erreicht werden kann. Dieses Prinzip ist in den Grundsätzen zur Kritikalitätssicherheit bei der Verarbeitung und Handhabung von Kernbrennstoffen in DIN 25403, Teil 1 /12/ sowie in der internationalen Norm ISO-1709 verankert /13/. Anforderungen administrativer Art zur Einhaltung der Kritikalitätssicherheit enthält DIN 25474 /14/.

#### **4 Überprüfung der Kernbrennstoff verarbeitenden Anlagen und des Umgangs mit Kernbrennstoffen in Deutschland**

Anlässlich des Kritikalitätsunfalls in Tokaimura wurden von den zuständigen Aufsichtsbehörden Überprüfungen durchgeführt, inwieweit ähnliche oder gleiche Vorkommnisse in Anlagen der Kernbrennstoffverarbeitung und beim Umgang mit Kernbrennstoffen in Deutschland möglich sind und ob die vorgesehenen Schutzmaßnahmen gegen Kritikalität ordnungsgemäß greifen oder ob Erkenntnisse aus dem Kritikalitätsunfall in Japan Anlass geben, die Schutzvorkehrungen in Deutschland zu verbessern. Dies wird im Folgenden dargestellt.

In Deutschland verfügen zur Zeit drei Anlagen der Kernbrennstoffverarbeitung über eine Genehmigung nach § 7 AtG zur Erzeugung und Verarbeitung von Kernbrennstoffen.

Dies sind:

- die Uranreicherungsanlage Gronau der Firma URENCO Deutschland GmbH
- die Brennelement-Fertigungsanlage Lingen der Firma Advanced Nuclear Fuels GmbH (ANF)
- die im Leerfahrbetrieb befindliche MOX-Anlage in Hanau der Firma Siemens.

Die Aufsichtsbehörden und ihre Gutachter kommen bezüglich dieser oben genannten Anlagen nach den Überprüfungen zu dem Ergebnis, dass die Maßnahmen zur Kritikalitätssicherheit uneingeschränkt die bestehenden Anforderungen erfüllen. Insbesondere ist das Sicherheitsprinzip nach DIN 25403, Teil 1,

erfüllt, dass mindestens zwei voneinander unabhängige, gleichzeitig wirkende, im bestimmungsgemäßen Betrieb nicht zu erwartende Ereignisabläufe auftreten müssen, bevor Kritikalität erreicht werden kann.

Die Einhaltung der Sicherheitsmaßnahmen wird regelmäßig intern und durch Aufsichtsbehörden bzw. Sachverständige überprüft. Die Fachkunde des eingesetzten Personals wird durch Sicherheitsbelehrungen, spezielle Belehrungen zu Arbeiten im Kontrollbereich und durch Schulungen sichergestellt. Die Gutachter kommen zu dem Ergebnis, dass gegen einen Kritikalitätsunfall wie in Tokaimura ausreichend Vorsorge getroffen ist. Aus Gutachtersicht sind keine Aspekte erkennbar, die eine weitergehende Überprüfung des Sicherheitskonzeptes erforderlich machen würden.

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), bzw. die Aufsichtsbehörden der Länder haben außerdem auf Wunsch des BMU die staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen nach § 5 AtG, die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen nach § 6 AtG, bzw. den Umgang mit Kernbrennstoffen nach § 9 AtG in ihrem Zuständigkeitsbereich überprüft. Rückfragen der RSK wurden von den einzelnen Aufsichtsbehörden schriftlich beantwortet /10/.

Bei der staatlichen Verwahrung werden Kernbrennstoffe nur gelagert, Verarbeitungsschritte finden nicht statt. Die Kritikalitätssicherheit der Lagerkonfigurationen ist gutachterlich überprüft. Auch bei den zu unterstellenden Störfällen unter Beachtung des Störfallprinzips nach DIN 25403, Teil 1 ist die Kritikalitätssicherheit gegeben. Gleiches gilt für die Einhaltung der Kritikalitätssicherheit bei der Aufbewahrung von Kernbrennstoff in Form von UF<sub>6</sub>, Uranoxid, frischen oder bestrahlten Brennelementen und kernbrennstoffhaltigen Abfällen.

Die meisten Genehmigungen zum Umgang mit Kernbrennstoffen nach § 9 AtG enthalten Beschränkungen der insgesamt zulässigen Spaltstoffmasse, die unterhalb der kleinsten kritischen Masse liegen, so dass keine Kritikalität erreicht werden kann /10/. In einigen Fällen ist die Gesamtmasse an Spaltstoff theoretisch zwar ausreichend, um Kritikalität zu erreichen; aufgrund der festgelegten Beschränkungen erscheint das Erreichen eines kritischen Zustandes jedoch praktisch nicht möglich (Siemens-Forschungszentrum in Erlangen und Karlstein, GKSS Geesthacht). Größere Kernbrennstoffmengen können im Institut für Transurane, Karlsruhe, und im Forschungszentrum Jülich gehandhabt werden. Für beide Anlagen gelten Massen- und Moderationsbeschränkungen, deren Einhaltung im Wesentlichen durch organisatorische Maßnahmen sicher gestellt werden. Die Landesbehörden von Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen haben das jeweilige Kritikalitätssicherheitskonzept und die Sicherheitsmaßnahmen detailliert geprüft und aus Anlass des Kritikalitätsunfalls in Tokaimura zusätzliche Überprüfungen durchgeführt /10/. Im Falle des Forschungszentrums Jülich wurden Verbesserungen der administrativen Vorkehrungen zur Gewährleistung der Kritikalitätssicherheit angeordnet, die derzeit umgesetzt werden.

Die Aufsichtsbehörden der Länder haben für ihren Zuständigkeitsbereich mitgeteilt, dass ihnen Vorfälle eines bewussten Abweichens der Genehmigungsinhaber von der genehmigten Betriebsweise beim Umgang mit Kernbrennstoffen nicht bekannt sind. Betriebsinterne Kontrollen und Kontrollen durch die Aufsichtsbehörden werden regelmäßig durchgeführt. Soweit erforderlich wird das mit dem Umgang mit Kernbrennstoffen betraute Personal auch bezüglich der Kritikalitätssicherheit eingewiesen.

Die GRS hat überprüft, inwieweit besondere Vorkommnisse in Anlagen der Brennstoffverarbeitung in Deutschland Bezüge zur Einhaltung der Kritikalitätssicherheit aufweisen. Seit 1990 wurden neun Vorkommnisse in deutschen Anlagen zur Brennstoffversorgung gemeldet, bei denen es zu Beeinträchtigungen der Sicherheitsvorkehrungen gegen Kritikalität gekommen ist, oder aus denen Lehren für eine Erhöhung der Sicherheit gegen Kritikalität abzuleiten sind. Bei diesen Vorkommnissen war immer noch mindestens eine weitere Sicherheitsbarriere als Konsequenz des Sicherheitsprinzips wirksam. Die Vorkommnisse lassen sich vier Kategorien zuordnen:

- Fehler bei der Ein- und Ausgangskontrolle des Spaltmaterials bzw. der jeweiligen Behälter,
- Verletzung der Moderationsbeschränkung,
- Ansammlung von Spaltstoffen an nicht dafür vorgesehenen Stellen,
- Fehleinschätzung des Spaltstoffgehalts bei Reststoffen aus der Stilllegung.

## **5 Bewertung durch die RSK**

Seit 1945 haben sich nach den vorliegenden Informationen mit dem jüngsten Unfall in Tokaimura weltweit 60 Kritikalitätsstörfälle ereignet, davon ein großer Teil in Testanlagen oder bei der Durchführung sogenannter kritischer Experimente. In Anlagen der Brennstoffverarbeitung ereigneten sich 24 Kritikalitätsunfälle. Die physikalischen Vorgänge bei Kritikalität in Uranlösungen sind durch analytische und experimentelle Arbeiten weitgehend bekannt. Der Ablauf und die Wirkungen des Kritikalitätsunfalls in Tokaimura entsprechen diesen Kenntnissen.

Die RSK sieht die Relevanz des Kritikalitätsunfalls in Tokaimura vor allem darin,

- dass offensichtlich Mängel bei der Organisation und Eigenkontrolle des Betreibers bestanden und eine unzureichende Aufsicht diese Mängel nicht beseitigen konnte,
- dass der Fällbehälter lediglich dann unterkritisch war, wenn Anreicherungsgrad und zugehörige Spaltstoffmasse korrekt eingehalten waren (und somit eine konstruktiv durch Geometriebegrenzung oder Festabsorber erreichbare zweite Sicherheitsbarriere für den Fall einer fehlerhaften Anreicherungs- und Massenbestimmung nicht gegeben war),
- dass der Betreiber der Anlage und die eingesetzten Arbeiter von sich aus den Arbeitsvorgang gegenüber dem genehmigten Ablauf verändert haben,
- dass anscheinend der Kenntnisstand der Arbeiter bezüglich Kritikalität unzureichend war.

Aus diesen Aspekten ergeben sich die wesentlichen Gegenstände für die Bewertung des Unfalls und seiner Relevanz für deutsche Anlagen.

Die Überprüfung der Frage, ob aufgrund dieser Aspekte die in Deutschland vorgesehenen Vorsorgemaßnahmen für Anlagen der Brennstoffversorgung (regelmäßige interne und externe behördliche bzw. gutachterliche Kontrolle der Einhaltung der Sicherheitsvorkehrungen, Double Contingency Principle, Auslegung gegen Kritikalitätsstörfall in Anreicherungsanlagen und Brennelementfabriken, regelmäßige Fachkundenachweise) abzuändern oder zu ergänzen sind, ergibt aus Sicht der RSK keinen Handlungsbedarf.

Hinsichtlich der Überprüfung der einzelnen in Deutschland betroffenen Anlagen der Brennstoffversorgung bzw. Verwahrung kommt die RSK zu folgenden Ergebnissen:

Bezüglich der Überprüfung der drei in Deutschland nach § 7 AtG genehmigten Anlagen folgt die RSK den Ergebnissen und Wertungen der Aufsichtsbehörden der Länder und ihrer Gutachter. Dabei ist insbesondere auf die Anreicherungsbegrenzung von 5 % U-235 bei URENCO und bei ANF, Lingen und die kritikalitätssichere Auslegung unter Einhaltung des Sicherheitsprinzips nach DIN 25403, Teil 1 zu verweisen. Die organisatorischen Maßnahmen zur Einhaltung der Kritikalitätssicherheit unterliegen regelmäßiger aufsichtlicher Kontrolle. Durch Sammlung und Auswertung besonderer Vorkommnisse wird der notwendige Erfahrungsrückfluss zur ständigen Überprüfung und Verbesserung der Sicherheitsvorkehrungen unterstützt. Die erforderliche Fachkunde wird durch Maßnahmen der Betreiber, die wiederum der aufsichtlichen Kontrolle unterliegen, aufrechterhalten und weiterentwickelt. Eigenmächtige Abweichungen der Betreiber von den Vorgehensweisen des genehmigten Betriebes sind nicht aufgetreten. In den Anlagen wurde im Zuge des Genehmigungsverfahrens der Fall Kritikalität als auslegungsbestimmender Störfall nach § 28.3 StrlSchV betrachtet und analysiert. Auf dieser Basis sind Maßnahmen für diesen Störfall festgelegt worden. Übungen im Alarmfall Kritikalität werden durchgeführt. Ein Unfallhergang und -ablauf wie in Tokaimura ist in diesen Anlagen aus Sicht der RSK daher nicht zu erwarten.

Die RSK hat auch keine Bedenken, was die Einhaltung der Kritikalitätssicherheit der staatlichen Verwahrung nach § 5 AtG sowie der Aufbewahrung von Kernbrennstoffen nach § 6 AtG betrifft. Ein Kritikalitätsunfall wie oder ähnlich wie in Tokaimura ist in Anbetracht der Vorsorgemaßnahmen und der Aufbewahrung ohne sonstige Verarbeitung von Kernbrennstoffen nicht zu erwarten.

Bezüglich des sonstigen genehmigten Umgangs mit Kernbrennstoffen nach § 9 AtG sind die der RSK zugeleiteten Informationen von unterschiedlichem Tiefgang. In vielen Fällen sind die zugelassenen Spaltstoffmassen zu klein, um Kritikalität zu erreichen. Im Institut für Transurane, Karlsruhe und im Forschungszentrum Jülich beruht die Kritikalitätssicherheit auf organisatorischen Maßnahmen (Begrenzung von Gesamtmenge und Einzelmengen pro Raum oder Position), die eine sorgfältige Buchführung und Bilanzierung erfordern. Außerdem bestehen Beschränkungen der Moderation mit der Trennung in trockene und moderierte Bereiche. Das Sicherheitsprinzip nach DIN 25403, Teil 1 wird dabei eingehalten. Letztlich beruht die Einhaltung der Kritikalitätssicherheit bei diesen Konzepten auf einer organisatorischen Kontrolle. Der RSK sind diesbezüglich keine Defizite bekannt geworden; die der RSK übermittelten Unterlagen zum Kritikalitätssicherheitskonzept bzw. zur Kritikalitätsschutzordnung sind detailliert und von der zuständigen Aufsichtsbehörde fachlich geprüft. Die RSK begrüßt, dass die zuständigen Aufsichtsbehörden aus Anlass des Kritikalitätsunfalls in Japan die Schutzvorkehrungen gegen Kritikalität im Institut für Transurane und im Forschungszentrum Jülich erneut überprüft haben.

## **Schlussfolgerungen**

Übergeordnet betont die RSK, dass die erforderliche Fachkunde bei den Betreibern, aber auch bei Aufsichtsbehörden und Gutachterorganisationen auf dem Gebiet der Kritikalitätssicherheit erhalten bleiben

muss und die einschlägigen Regeln (z. B. ISO-Normen) einzuhalten sind. Ein angemessener internationaler Erfahrungsaustausch und eine sachgerechte Auswertung besonderer Vorkommnisse bezüglich der Aspekte der Kritikalitätssicherheit sind weiterhin zu gewährleisten.

Es wird empfohlen zu prüfen, ob die nach § 9 AtG genehmigten Umgangsmengen an Spaltstoff noch in allen Fällen den Bedürfnissen der Genehmigungsinhaber entsprechen. Es wird angeregt, eine Übersicht über sämtliche nach § 9 AtG erteilten Genehmigungen bei einer Stelle des Bundes zu führen.

Bei dem Kritikalitätsunfall in Japan blieb der kritische Zustand über mehr als 20 Stunden erhalten. Es zeigte sich, dass eine Beendigung der Kritikalität nur durch improvisierte Maßnahmen möglich war. Die RSK empfiehlt, bei den Maßnahmen gegen Kritikalitätsunfälle im auslegungsüberschreitenden Bereich die Aspekte eines längeren Andauerns des kritischen Zustandes und Maßnahmen zur Störfallbeendigung zu berücksichtigen.



**Table 1: Status of Exposure Following the Accident /15/**

The status of radiation exposure confirmed by measurements after the accident is as follows.

<i>Classification</i>	<i>Number of Person</i>	<i>Remarks</i>
<b>Employees:</b>		
Those who were working when the accident occurred	3 <sup>Note 1</sup>	Approximately 1 to 4.5 GyEq (Discharged from the hospital) Approximately 6.0 to 10 GyEq (Still in the hospital) Approximately 16 to 20 GyEq or higher (Died on December 21)
Those who were on the site when the accident occurred	56	Detected by whole body counters and film batches. Maximum dose: 64 mSv (Effective dose equivalent) <sup>Note 2</sup>
Those who were removing water	18	Detected by whole body counters and dosimeters. Maximum dose: 120 mSv (1 cm dose equivalent) <sup>Note 2</sup>
Those who injected boron acid	6	Detected by dosimeters. Maximum dose: 0.62 mSv (1 cm dose equivalent)
<b>Disaster prevention personnel:</b>		
Governmental bodies (personnel from JAERI, NFCDI)	57	Detected from 57 persons out of 206 persons measured with film batches and TLD. Maximum dose: 9.2 mSv (Effective dose equivalent)
Firemen (who engaged in rescue operation)	3	Detected by whole body counters. Maximum dose: 13 mSv (Effective dose equivalent)
<b>Ordinary residents (Those who were staying near the JCO site):</b>		
	7	Detected by whole body counters. Maximum dose: 15 mSv (Effective dose equivalent)

Note 1) Estimated from measurements of Na24 in blood, chromosome analysis, whole body counter data, and the number of lymphocytes.

Note 2) An effective dose equivalent is a unit for evaluating the total influence of radiation on different human body structures. A 1 cm dose equivalent is a type of dose equivalent introduced instead of effective dose equivalents for the purpose of measurement and evaluation, meaning a dose

equivalent at a point which is 1 cm deep from the body surface. 1 cm dose equivalents are measured to be safer than effective dose equivalents. For neutron exposure caused by the accident, the 1 cm dose equivalent is twice as high as the effective dose equivalent.

Note 3) Dose equivalents include tentative values.

## Quellenangaben

- /1/ Nuclear Safety Commission (Japan)  
Investigation Committee for Criticality Accident at Uranium Processing
- /2/ Shunsuke Kondo (University of Tokyo)  
Consequences and Causes of Criticality Accident at Conversion Test Facility at JCO Tokai Works on September 30, 1999
- /3/ Kunihiisa Soda (Japan Atomic Energy Research Institute)  
Criticality Accident at the Nuclear Fuel Conversion Facility in Tokaimura  
  
Presentations at the OECD/NEA workshop, Tokaimura, Japan, October 26, 1999  
and at the IAEA/INSAG Meeting, Vienna, Austria, March 1, 2000.
- /4/ Atsuyuki Suzuki (University of Tokyo)  
Causes of the JCO Criticality Accident and Lessons Learned.  
International Workshop on the Safety of Nuclear Fuel Cycle. OECD (NEA),  
CRPPH, NSC, CNRA, Tokyo, Japan, 29-31 May 2000
- /5/ International Atomic Energy Agency (IAEA): Report on the preliminary fact finding  
mission following the accident at the nuclear fuel processing facility in Tokaimura, Japan.  
Vienna, November 1999
- /6/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH  
W. Thomas: Kritikalitätsunfall in Tokaimura, Japan, 6. Oktober 1999
- /7/ K. Kugeler, H. Brockmann, P.W. Phlippen, W. Scherer, I. Singh (FZ Jülich):  
Informationen und Analysen zum Kritikalitätsunfall in Tokai-mura.  
Atw 44, Heft 11, November 1999
- /8/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH  
B. Gmal, E.F. Moser: Kritikalitätssicherheit von Anlagen der nuklearen Brennstoffver-  
sorgung in Deutschland von dem Hintergrund des Kritikalitätsunfalls in Tokaimura.  
19.10.1999
- /9/ Stellungnahme der Aufsichtsbehörden der Länder und ihrer zugezogenen Sachver-  
ständigen:

- /9.1/ Schreiben des Hessischen Ministeriums für Umwelt , Landwirtschaft und Forsten vom 21. Oktober 1999 (Dr. Funke) mit Sachstandsbericht des RWTÜV: Siemens Rückbauprojekte Hanau, BT MOX, Kritikalitätssicherheit, 27. Oktober 1999
- /9.2/ TÜV Arbeitsgemeinschaft Kerntechnik West: Bericht über die Überprüfung der Urananreicherungsanlage Gronau auf Kritikalitätssicherheit, 27. Oktober 1999
- /9.3/ Schreiben des Niedersächsischen Umweltministeriums vom 29.10.1999. 401-40311/06-21.1 mit Stellungnahme der TÜV Nord Gruppe vom 28. Oktober 1999 zur Überprüfung der Kritikalitätssicherheit der Brennelementfertigungsanlage Lingen (BFL)
- /10/ Stellungnahmen der Aufsichtsbehörden der Länder:
  - Baden-Württemberg vom 15.11.99, 13.04.00, 17.04.00
  - Bayern vom 07.12.99, 18.04.00, 03.05.00
  - Berlin vom 05.11.99 und 11.04.00
  - Brandenburg vom 14.04.00
  - Hessen vom 25.04.00
  - Mecklenburg-Vorpommern vom 16.11.99, 19.11.99, 24.11.99
  - Niedersachsen vom 11.11.00 und 07.04.00
  - Nordrhein-Westfalen vom 25.11.99, 24.03.00, 11.04.00, 18.04.00, 25.04.00
  - Rheinland-Pfalz vom 18.04.00
  - Sachsen vom 17.04.00
  - Sachsen-Anhalt vom 13.04.00
  - Schleswig-Holstein vom 18.04.00
  - Thüringen vom 14.04.00
  - Die Länder Bremen, Hamburg und Saarland weisen keine einschlägigen Anlagen auf.
- /11/ BMU: Sicherheitsanforderungen für Kernbrennstoffversorgungsanlagen vom April 1997, BMU RS III 3 – 13200/7
- /12/ DIN 25403, Teil 1: Kritikalitätssicherheit bei der Verarbeitung und Handhabung von Kernbrennstoffen, Grundsätze, Dezember 1991
- /13/ ISO-1709: Fissile Materials – Principles of Criticality Safety in Handling and Processing, October 1975. Draft revision December 1985
- /14/ DIN 25474: Maßnahmen administrativer Art zur Einhaltung der Kritikalitätssicherheit in kerntechnischen Anlagen, ausgenommen Reaktoren. April 1995
- /15/ The Report of the Uranium Processing Plant Criticality Accident Investigation Committee Nuclear Safety Commission, Dec. 24, 1999, provisional Translation May 29, 2000, (S. 20)