

## Empfehlungen zur Minimierung des Strahlenrisikos in Japan

Zur Begrenzung des Strahlenrisikos durch die Aufnahme von Radionukliden mit der Nahrung in Japan nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima haben die Gesellschaft für Strahlenschutz (German Society for Radiation Protection) und der Informationsdienst Strahlentelex auf der Grundlage der Erfahrungen nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl die hier dargestellten Überlegungen und Berechnungen durchgeführt und geben folgende Empfehlungen:

1.

**Wegen der aktuell hohen Belastungen durch Radiojod ist der Bevölkerung in Japan zu empfehlen, derzeit auf den Verzehr von Salaten, Blattgemüsen und eßbaren Wildkräutern zu verzichten.**

2.

**Wegen Unsicherheiten der Bewertungsgrundlagen muß empfohlen werden Säuglingen, Kindern und Jugendlichen keine Nahrung mit mehr als 4 Becquerel des Leitnuklids Cäsium-137 pro Kilogramm Nahrungsmittel zu geben.**

**Erwachsenen ist zu empfehlen, Nahrungsmittel mit nicht mehr als 8 Becquerel des Leitnuklids Cäsium-137 pro Kilogramm Nahrungsmittel zu sich zu nehmen.**

3.

**Zur Kontrolle von Nahrungsmitteln in Japan und der Veröffentlichung von Meßergebnisse ist es nützlich, wenn Bürgerinitiativen und Stiftungen unabhängige Strahlenmeßstellen einrichten. In Europa wäre zu überlegen, wie solche Initiativen in Japan gefördert werden können.**

### Überlegungen und Berechnungen

Bei den nachfolgenden Berechnungen werden die Vorschriften der geltenden deutschen Strahlenschutzverordnung zugrunde gelegt.

Die Aufnahme von Radionukliden über Nahrungsmittel ist längerfristig der wichtigste Belastungspfad nach einer Atomkatastrophe. Die Organdosis der Schilddrüse nach dem Verzehr von lediglich 100 Gramm (0,1 kg) Spinat mit 54.000 Becquerel Jod-131 pro Kilogramm, wie er jetzt in Japan gemessen wurde, beträgt<sup>1</sup>

für einen Säugling (bis 1 Jahr) 20 Millisievert Schilddrüsendosis<sup>2</sup>

für ein Kleinkind von 1 bis 2 Jahren 19,4 Millisievert Schilddrüsendosis<sup>3</sup>

für ein Kind von 2 bis 7 Jahren 11,3 Millisievert Schilddrüsendosis<sup>4</sup>

für ein Kind von 7 bis 12 Jahren 5,4 Millisievert Schilddrüsendosis<sup>5</sup>

für einen Jugendlichen von 12 bis 17 Jahren 3,7 Millisievert Schilddrüsendosis<sup>6</sup>

für einen Erwachsenen (älter als 17 Jahre) 2,3 Millisievert Schilddrüsendosis<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Verzehrmenge in kg × Radioaktivitätskonzentration in Bq/kg × Dosiskoeffizient lt. Festlegung durch das Bundesumweltministerium vom 23.07.2001 in Sv/Bq = Dosis in Sv; 1 Sv = 1.000 Millisievert  
z.B. E-6 ist eine in der deutschen Strahlenschutzverordnung verwendete bürokratische Schreibweise der korrekten mathematischen Bezeichnung von  $10^{-6} = 0,000.001$

<sup>2</sup>  $0,1 \text{ kg} \times 54.000 \text{ Bq/kg} \times 3,7\text{E-}6 \text{ Sv/Bq} = 20 \text{ Millisievert}$

<sup>3</sup>  $0,1 \text{ kg} \times 54.000 \text{ Bq/kg} \times 3,6\text{E-}6 \text{ Sv/Bq} = 19,4 \text{ Millisievert}$

<sup>4</sup>  $0,1 \text{ kg} \times 54.000 \text{ Bq/kg} \times 2,1\text{E-}6 \text{ Sv/Bq} = 11,3 \text{ Millisievert}$

<sup>5</sup>  $0,1 \text{ kg} \times 54.000 \text{ Bq/kg} \times 1,0\text{E-}6 \text{ Sv/Bq} = 5,4 \text{ Millisievert}$

<sup>6</sup>  $0,1 \text{ kg} \times 54.000 \text{ Bq/kg} \times 6,8\text{E-}7 \text{ Sv/Bq} = 3,7 \text{ Millisievert}$

Nach der deutschen Strahlenschutzverordnung von 2001, Paragraph 47, gilt ein Grenzwert für die Organdosis der Schilddrüse im Normalbetrieb von Nuklearanlagen von 0,9 Millisievert pro Jahr, der in Japan bei Verzehr von lediglich 100 Gramm dieses Spinats bereits mehrfach überschritten ist. Im Störfall ist gemäß Paragraph 49 der deutschen Verordnung eine Organdosis der Schilddrüse von 150 Millisievert zulässig, was einer sogenannten effektiven Dosis von 7,5 Millisievert entspricht.<sup>8</sup>

**Deshalb ist der Bevölkerung in Japan zu empfehlen, derzeit auf den Verzehr von Salaten, Blattgemüsen und eßbaren Wildkräutern zu verzichten.**

Jod-131 hat eine Halbwertszeit von 8,06 Tagen. Nach dem Ausbrennen der Nuklearanlagen von Fukushima und der Beendigung der radioaktiven Emissionen in die Umwelt dauert es deshalb noch 7 Halbwertszeiten oder knapp 2 Monate, bis sich die Menge Jod-131 auf weniger als 1 Prozent der ursprünglichen Menge verringert hat. Das sind von 54.000 Becquerel nach knapp 2 Monaten noch circa 422 Becquerel und erst nach circa 16 Halbwertszeiten oder 129 Tagen bzw. 4,3 Monaten hat sich eine solche Menge Jod-131 auf weniger als 1 Becquerel verringert.

**Längerlebige Radionuklide**

Langfristig von besonderem Interesse sind die längerlebigen Radionuklide wie Cäsium-134 mit 2,06 Jahren Halbwertszeit, Cäsium-137 mit 30,2 Jahren Halbwertszeit, Strontium-90 mit 28,9 Jahren Halbwertszeit und Plutonium-239 mit 24.400 Jahren Halbwertszeit.

Nach 2 Jahren Brenndauer liegt das längerlebige Radionuklidinventar von Brennstäben üblicherweise in einem Verhältnis

Cäsium-137 : Cäsium-134 : Strontium-90 : Plutonium-239 = 100:25:75:0,5 vor.

Für den Fallout von Tschernobyl waren jedoch 2 Teile Cäsium-137 auf 1 Teil Cäsium-134 typisch. Den bisher veröffentlichten Messergebnissen aus Japan zufolge liegen Cäsium-137 und Cäsium-134 jetzt in ungefähr gleichen Anteilen im Fallout vor. Die Höhe des Gehalts an Strontium-90 und Plutonium-239 ist fraglich, ausreichende derartige Meßergebnisse werden nicht so schnell erhältlich sein. Die Mischoxid(MOX)-Brennelemente von Fukushima Dai-ichi enthalten mehr Plutonium, das aber wohl nicht vollständig ausgeblasen wird. Strontium hat sich bei den Atomunfällen in der Vergangenheit mit dem Fallout eher abgesetzt und ist in weiterer Entfernung von den havarierten Anlagen deshalb meist in geringerer Konzentration enthalten. Die nachfolgende Kalkulation geht deshalb insgesamt von einem Verhältnis

Cäsium-137 : Cäsium-134 : Strontium-90 : Plutonium-239 = 100:100:50:0,5 in Japan aus. Damit ergeben sich mit den mittleren Verzehrswerten gemäß Anlage VII Tabelle 1 der deutschen Strahlenschutzverordnung von 2001 für den Verzehr von gleichbleibend mit jeweils 100 Becquerel Cäsium-137 (Cs-137) und Cäsium-134 (Cs-134) sowie jeweils 50 Becquerel Strontium-90 (Sr-90) und 0,5 Becquerel Plutonium-239 (Pu-239) pro Kilogramm belasteten Nahrungsmitteln folgende effektive Jahresdosen:

---

<sup>7</sup>  $0,1 \text{ kg} \times 54.000 \text{ Bq/kg} \times 4,3\text{E-}7 \text{ Sv/Bq} = 2,3 \text{ Millisievert}$

<sup>8</sup> Entsprechend Anlage VI Teil C 2. der deutschen Strahlenschutzverordnung wird die Schilddrüse nur zu 5 Prozent gewichtet. Die Wichtung der Schilddrüse wurde mit der Begründung so niedrig angesetzt, daß sich Schilddrüsenkrebs sehr gut operieren lasse.

- für einen Säugling (bis 1 Jahr) 6 Millisievert Effektivdosis/Jahr<sup>9</sup>
- für ein Kleinkind von 1 bis 2 Jahren 2,8 Millisievert Effektivdosis/Jahr<sup>10</sup>
- für ein Kind von 2 bis 7 Jahren 2,6 Millisievert Effektivdosis/Jahr<sup>11</sup>
- für ein Kind von 7 bis 12 Jahren 3,6 Millisievert Effektivdosis/Jahr<sup>12</sup>
- für einen Jugendlichen von 12 bis 17 Jahren 5,3 Millisievert Effektivdosis/Jahr<sup>13</sup>
- für einen Erwachsenen (älter als 17 Jahre) 3,9 Millisievert Effektivdosis/Jahr<sup>14</sup>

Nach Paragraph 47 der geltenden deutschen Strahlenschutzverordnung gilt im Normalbetrieb von Nuklearanlagen durch Ableitungen über Luft oder Wasser für Einzelpersonen der Bevölkerung ein Grenzwert von 0,3 Millisievert jährliche Strahlenbelastungen. Dieser Wert wird beim ausschließlichen Verzehr von festen Nahrungsmitteln und Getränken mit jeweils 100 Becquerel pro Kilogramm des Leitnuklids Cäsium-137 bereits überschritten und muß entsprechend zur Einhaltung des Grenzwertes von 0,3 Millisievert pro Jahr herabgesetzt werden auf

- 5,0 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm für Säuglinge bis 1 Jahr
- 10,7 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm für Kinder von 1 bis 2 Jahre
- 11,5 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm für Kinder von 2 bis 7 Jahre
- 8,3 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm für Kinder von 7 bis 12 Jahre
- 5,7 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm für Jugendliche von 12 bis 17 Jahre
- 7,7 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm für Erwachsene

**Wegen Unsicherheiten der Bewertungsgrundlagen muß empfohlen werden Säuglingen, Kindern und Jugendlichen keine Nahrung mit mehr als 4 Becquerel des Leitnuklids Cäsium-137 pro Kilogramm Nahrungsmittel zu geben. Erwachsenen ist zu empfehlen, Nahrungsmittel mit nicht mehr als 8 Becquerel des Leitnuklids Cäsium-137 pro Kilogramm Nahrungsmittel zu sich zu nehmen.**

Für eine derartige Belastung von 100.000 Personen mit jeweils 0,3 Millisievert jährlich kalkuliert die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP), daß dann etwa 1 bis 2 von ihnen später zusätzlich jährlich an Krebs sterben werden. Nach unabhängigen Auswertungen der Daten von Hiroshima und Nagasaki<sup>15</sup> können es allerdings auch 10 mal mehr, also etwa 15 von 100.000 jährlich mit 0,3 Millisievert belasteten Menschen sein. Bei höheren Belastungen ergibt sich eine entsprechend höhere Krebssterblichkeit.

<sup>9</sup>  $325,5 \text{ kg/Jahr} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (2,1\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 2,6\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 2,3\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 4,2\text{E-}6 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 6 \text{ Millisievert/Jahr}$

<sup>10</sup>  $414 \text{ kg/Jahr} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,2\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,6\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 7,3\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 4,2\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 2,8 \text{ Millisievert/Jahr}$

<sup>11</sup>  $540 \text{ kg/Jahr} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (9,6\text{E-}9 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,3\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 4,7\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 3,3\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 2,6 \text{ Millisievert/Jahr}$

<sup>12</sup>  $648,5 \text{ kg/Jahr} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,0\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,4\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 6,0\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 2,7\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 3,6 \text{ Millisievert/Jahr}$

<sup>13</sup>  $726 \text{ kg/Jahr} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,3\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,9\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 8,0\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 2,4\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 5,3 \text{ Millisievert/Jahr}$

<sup>14</sup>  $830,5 \text{ kg/Jahr} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,3\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,9\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 2,8\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 2,5\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 3,9 \text{ Millisievert/Jahr}$

<sup>15</sup> Nussbaum, Belsey, Köhnlein 1990; s. Strahlentelex 90-91 v. 04.10.1990