

rischen Staatsoper eine gutachterliche Stellungnahme verfaßt. Um diese Stellungnahme allen Musikern der Staatsoper zur Kenntnis geben zu können, mußte ein Saal gefunden werden, der außerhalb der Staatsoper und außerhalb staatlich-bayerischer Räume liegt. Zu dieser Versammlung kamen mehrere hundert Musiker. Es folgte eine weitere Personalversammlung, auf der der Intendant Nikolaus Bachler und Generalmusikdirektor Kent Nagano sich für das Gastspiel aussprachen. Sie hatten zwei Wissenschaftler aus dem Münchner Helmholtz-Zentrum um Unterstützung gebeten. Es gab eine heiße Debatte. Der gegenwärtige Stand ist, daß jene Musiker, die nicht nach Japan fahren wollen, einen Monat unbezahlten Urlaub nehmen sollen oder dürfen. Mit der Luft-hansa wurde ein Evakuierungsabkommen vereinbart, das für den Fall sich zuspitzender Bedingungen den sofortigen Rücktransport der Musiker garantiert. Es wurde versprochen, daß die Lebens-

mittel kontrolliert werden und Trinkwasser aus Deutschland mitgenommen wird. Es ist noch nicht klar, wie sich die Musiker nun entscheiden.

In den USA hatte die New Yorker Metropolitan Opera vergleichbare Probleme: gleich drei herausragende Solisten – Anna Netrebko, Joseph Calleja und Jonas Kaufmann lehnten es ab, in Japan aufzutreten. Anna Netrebko verwies auf ihre persönlichen Erfahrungen aus der Zeit nach Tschernobyl.

Das französische Orchestre de Lyon hat unter Berufung auf „Höhere Gewalt“ seine Sommerkonzertreise nach Japan abgesagt.

Die Dresdner Philharmonie hat ein ganzes Gastspiel in Japan storniert und bemüht sich darum, die Konzerte auf 2012/2013 zu verschieben. Die Stornierung wurde vom Dresdner Kulturbürgermeister Dr. Ralf Lunau entschieden, nachdem es Konsultationen mit Experten des Bundesamtes für Strahlenschutz und der Technischen Universität Dres-

den gab. Begründet wurde die Entscheidung mit der nach dem Reaktorunfall in Fukushima bestehenden Gefahr für die Gesundheit der Musiker. Die Dresdner bezogen sich ebenfalls auf „Höhere Gewalt“. Daran scheitern auch geplante Konzerte in Peking.

Das Salzburger Mozarteum-Orchester lehnte es unmittelbar nach Erdbeben und Tsunami sogar ab, nach Korea zu reisen.

Die Wiener Sängerknaben haben „aufgrund der verschärften Lage rund um das Kernkraftwerk Fukushima“ eine Japan-Tournee mit insgesamt 33 Auftritten storniert. Die Absage bedeutet eine schwere finanzielle Belastung für den Chor, wird doch mit den Tournee-Einnahmen die Ausbildung der Kinder finanziert. Die Wiener Sängerknaben gaben am 14. April zusammen mit dem Chorus Viennensis in der Stadthalle Wien ein Benefizkonzert, dessen Erlös einem Hilfsprojekt für Kinder im Norden Japans zugute kommen sollte.

In Berlin wird im Deutschen Symphonie-Orchester darüber nachgedacht, ob man die Oktober-Tournee nach Japan machen sollte oder nicht.

Mehrere Journalisten machen sich über die Angst-Michel-Musiker lustig. Dazu besteht aber überhaupt keine Veranlassung. Wäre es nicht durchaus vorstellbar, daß die an der Konzertreise aus unternehmerischen Gründen so interessierten Leiter der Orchester dafür sorgen, daß alle mitreisenden Musiker eine verbindliche Versicherung erhalten, daß das Orchester sämtliche anfallenden Behandlungskosten und Entschädigungen für den Fall einer Erkrankung im Verlauf der nächsten 40 Jahre übernimmt. Der Nachweis, daß die Erkrankung nicht von der Japanreise kommen kann, müßte dabei vom Orchester geführt werden. Wer sicher ist, daß bei einer Konzertreise nach Japan nichts passieren kann, könnte sich eigentlich auf eine solche Versicherung der Musiker einlassen.

**Sebastian Pflugbeil ●**

## AKW Gundremmingen

# Emissionsspitzen beim Brennelementewechsel

## Zur Ursache von Leukämien bei Kindern in der Umgebung von Kernkraftwerken

Von Alfred Körblein\*

### Hintergrund

In der ARD-Sendung Plus-Minus vom 21. Juni 2011 wurde berichtet, dass während der Brennelementewechsel in Kernkraftwerken kurzzeitig hohe radioaktive Emissionsspitzen auftreten. Die verantwortliche Redakteurin, Frau Bertram, hatte vom Betreiber, dem Energiekonzern RWE, die Wochenmittelwerte der radioaktiven Abgaben aus dem Abluftkamin des Kernkraftwerks Gundremmingen erhalten. Im Rahmen der Re-

cherchen für die Sendung übermittelte sie mir eine Graphik der RWE, welche die Edelgas- und Jodabgaben mit der Abluft des Kernkraftwerks Gundremmingen in den Wochen um die beiden Brennelementewechsel des Jahres 2010 darstellen (Abbildung 1) und bat mich um eine Bewertung der Relevanz dieser Daten hinsichtlich der Interpretation der Ergebnisse der KiKK-Studie zu Leukämien bei Kleinkindern um Kernkraftwerke.

### Emissionsspitzen

Aus Abbildung 1 geht hervor, dass beim Brennelementewechsel in der 26. Kalenderwoche (26. KW) des Jahres 2010 1,3 Terabecquerel (TBq) ( $1,3 \cdot 10^{12}$  Bq) Edelgase und 11 Megabecquerel (MBq) Jod-131 ( $1,1 \cdot 10^7$  Bq) aus dem Abluftkamin emittiert wurden. Bei einem außerplanmäßigen zweiten Brennelementewechsel in der 44. Kalenderwoche waren es 1,7 TBq ( $1,7 \cdot 10^{12}$  Bq) Edelgase und 3,6 MBq ( $3,6 \cdot 10^6$  Bq) Jod-131.

Im Begleitschreiben der RWE heißt es außerdem, dass die mittleren Tagesabgabewerte bei Normalbetrieb für Edelgase bei  $1,0 \cdot 10^{10}$  Bq und für Jod-131 bei circa  $1,0 \cdot 10^4$  Bq liegen.

Während der 26. Kalenderwoche wurden also insgesamt  $1,3 \cdot 10^{12}$  Bq Edelgase abgegeben, im Normalbetrieb (also

außerhalb der Brennelementewechsel) werden in einer Woche  $7 \cdot 10^{10}$  Bq emittiert. Damit waren die Edelgas-Abgaben in der 26. Kalenderwoche 18,6-mal höher als im Normalbetrieb. Für Jod betrug dieses Verhältnis  $1,1 \cdot 10^7 / 7 \cdot 10^4 = 157$ . RWE betont, dass die Abgaben weit unterhalb der zulässigen täglichen Abgaben ( $1,85 \cdot 10^{13}$  Bq für Edelgase und  $2,2 \cdot 10^8$  Bq für Jod) liegen. Die Gesamtabgabe von Edelgasen lag im Jahr 2010 bei  $4,96 \cdot 10^{12}$  Bq (0,27 Prozent des Jahresgrenzwertes) und für Jod bei  $2 \cdot 10^7$  Bq (0,1 Prozent des Jahresgrenzwertes). Auf den Brennelementewechsel in der 26. Kalenderwoche entfielen also  $(1,3/4,96) \cdot 100 = 26$  Prozent der jährlichen Edelgasabgaben und  $(1,1 \cdot 10^7 / 2 \cdot 10^7) \cdot 100 = 55$  Prozent der Jodabgaben.

**Edelgaskonzentrationen im Abluftstrom**

Halbstündige Mittelwerte der Edelgaskonzentration in der Abluft des KKW Gundremmingen für die 25., 26., 43. und 44. Kalenderwoche 2010, erhielt ich auf Anfrage vom bayerischen Landesamt für Umweltschutz. Abbildung 2 zeigt die Edelgaskonzentration in der Abluft während des Brennelementwechsels in der 26. Kalenderwoche und in der Woche davor (25. Kalenderwoche). Die horizontale Linie unten ist der Mittelwert der Konzentrationen vom 23. bis 25. Juni 2010, einem Zeitraum ohne erhöhte Abgaben, der im Folgenden als typisch für den Normalbetrieb betrachtet wird.

In Abbildung 3 ist das Verhältnis zwischen den Abgaben in der 26. Kalenderwoche und den Abgaben im Normalbetrieb (horizontale Linie in Abbildung 2) dargestellt. 50 Prozent der Abgaben der 26. Kalenderwoche entfallen auf einen einzigen Tag, den 29. Juni 2010. Der Spitzenwert der Konzentration beträgt das 160-fache der Konzentration im Normalbetrieb. Die entsprechende Darstellung für die 44. Kalenderwoche zeigt Abbildung 4.

Kennt man die Konzentration in der Abluft, so kann die abgegebene Aktivität durch Multiplikation mit dem Volumenstrom und der Zeit berechnet werden. Aus den gemessenen Konzentrationen in der Abluft und dem Volumenstrom von 260.000 Kubikmeter pro Stunde (m<sup>3</sup>/h) (nach Betreiberangaben) errechnet sich eine Edelgasabgabe von insgesamt 1,65 TBq in der 26. Kalenderwoche, 27 Prozent mehr als die von RWE genannten 1,3 TBq. Für die 44. Kalenderwoche errechnen sich 2,18 TBq oder 28 Prozent mehr als der von RWE genannte Wert (1,7 TBq).

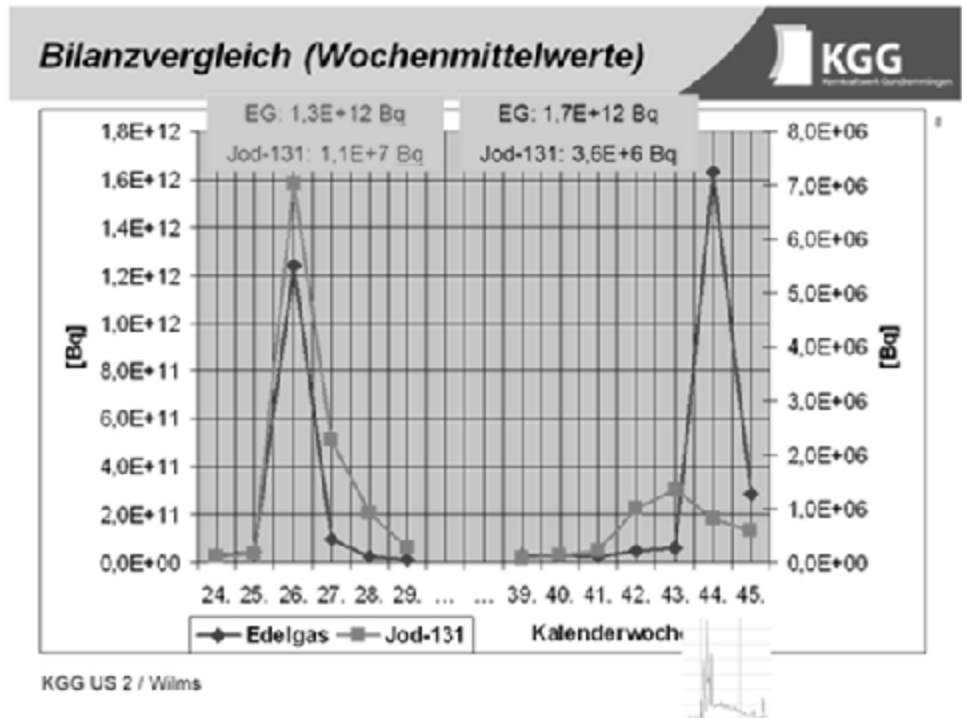


Abbildung 1: Wochenmittelwerte 2010 der Edelgas- und Jodemissionen aus dem Abluftkamin des Kernkraftwerks Gundremmingen. Quelle: RWE

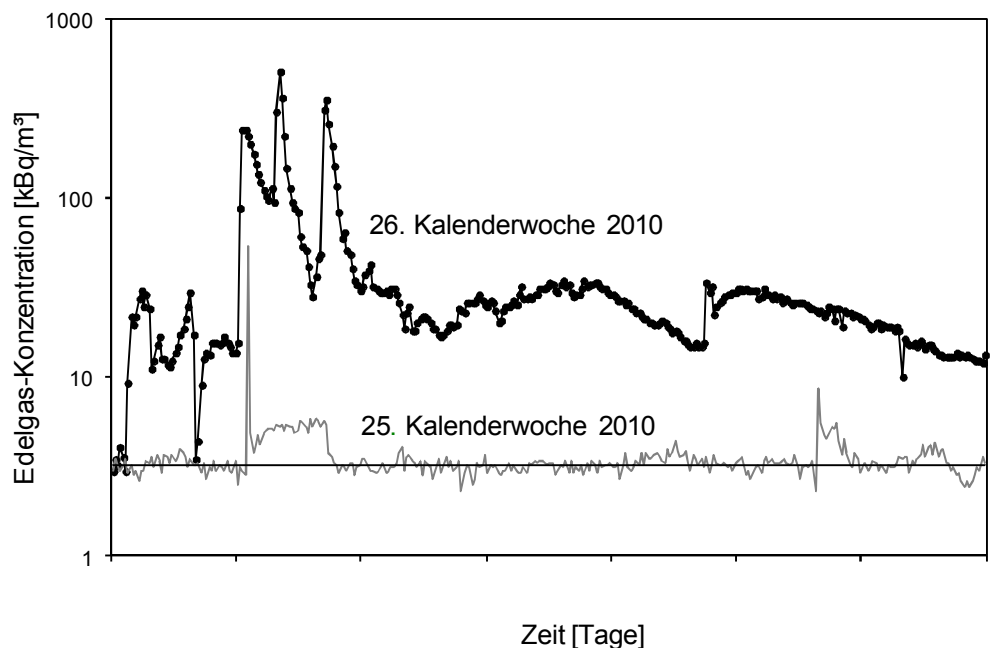


Abbildung 2: Edelgaskonzentration in der Abluft während des Brennelementwechsels in der 26. Kalenderwoche 2010 (Datenreihe oben, schwarze Punkte) und in der 25. Kalenderwoche 2010 (Datenreihe unten, graue Linie), halblogarithmischer Auftrag.

**Abschätzung des Strahlenrisikos**

Geht man von der Gültigkeit einer linearen Beziehung zwischen Dosis und Wirkung aus, so sollte eine um 1 Prozent erhöhte Strahlendosis auch ein um 1 Prozent erhöhtes Strahlenrisiko bedeuten. Allerdings gilt dies nicht, wenn die Do-

sis-Wirkungsbeziehung nicht-linear ist. Ist die Dosis-Wirkungsbeziehung nach oben (positiv) gekrümmt, so wird sich das Strahlenrisiko überproportional erhöhen. Darauf habe ich in einem Beitrag für den Strahlentelex vom November 2008 hingewiesen [1].

Im Folgenden nehme ich an,

dass die Dosis-Wirkungsbeziehung die Form einer kumulierten Lognormalverteilung hat (siehe Abbildung 5). Dann bestimmen im wesentlichen die Spitzenwerte der Strahlenbelastung das Strahlenrisiko. In die Berechnung des Strahlenrisikos gehen außer der Form der Dosis-Wir-

kungsbeziehung, auch der zeitliche Verlauf der Abgaben (Abbildung 2) und das Jahresmittel der Strahlenbelastung durch die radioaktiven Abgaben des KKW ein. Es zeigt sich, dass mit dem von RWE genannten Wert von (maximal) 0,01 Millisievert (mSv) pro Jahr (entsprechend 1 Prozent der Hintergrundstrahlung) das Strahlenrisiko nur um 12 Prozent ansteigt. Aber schon eine Strahlenbelastung durch KKW's von 0,04 mSv pro Jahr ergibt eine Erhöhung des Strahlenrisikos um 113 Prozent.

Berechnungen zur Strahlenbelastung durch Kernkraftwerke sind wegen Unsicherheiten in den Modellen und Annahmen mit recht großen Fehlern behaftet. Auch systematische Fehler werden vermutet, die zur Unterschätzung der Dosis führen, insbesondere infolge der Aufnahme von Radionukliden mit der Nahrung. Fachleute rechnen mit möglichen Unsicherheiten in der Dosisbestimmung um mindestens eine Größenordnung. Die obige Annahme eines Jahresmittelwertes der Strahlenbelastung von 0,04 mSv durch Kernkraftwerke liegt also noch innerhalb der Genauigkeit der Dosisbestimmung.

Das auffällige Ergebnis der KiKK-Studie, eine Verdoppelung des Leukämierisikos bei Kleinkindern im Nahbereich von Kernkraftwerken, ließe sich also damit erklären, dass die Strahlenbelastung durch Kernkraftwerke in „Spikes“ auftritt, und dass die Strahlenwirkung überproportional mit der Strahlendosis ansteigt.

1. Körblein A. Einfluss der Form der Dosis-Wirkungsbeziehung auf das Leukämierisiko. Strahlentelex 524-525 (2008):8-10, [www.strahlentelex.de/Stx\\_08\\_524\\_S08-10.pdf](http://www.strahlentelex.de/Stx_08_524_S08-10.pdf)

\* Dr. Alfred Körblein,  
[www.alfred-koerblein.de](http://www.alfred-koerblein.de)

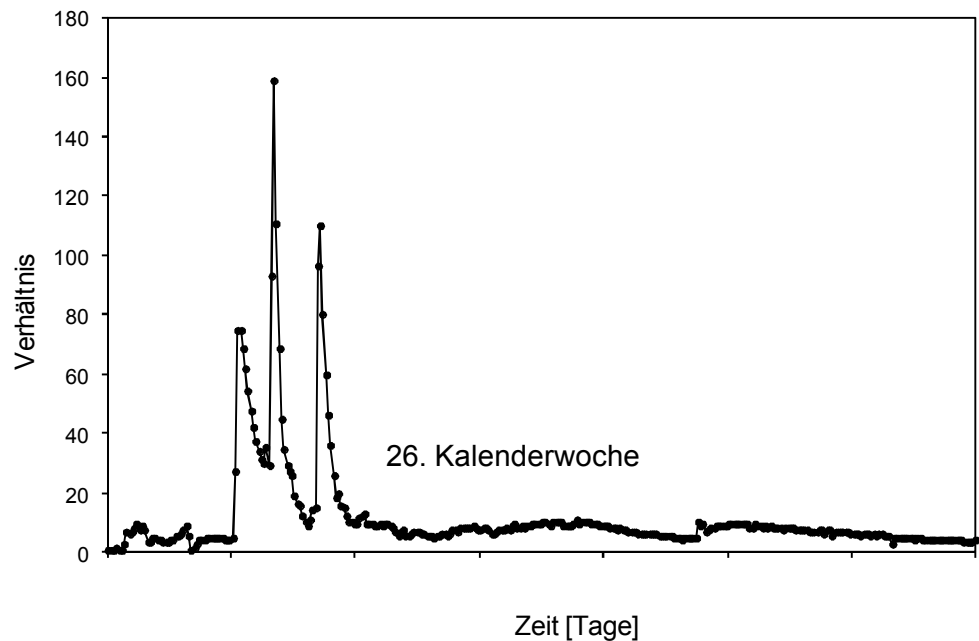


Abbildung 3: Verhältnis der Edelgaskonzentrationen in der 26. Kalenderwoche 2010 zu den Konzentrationen im Normalbetrieb

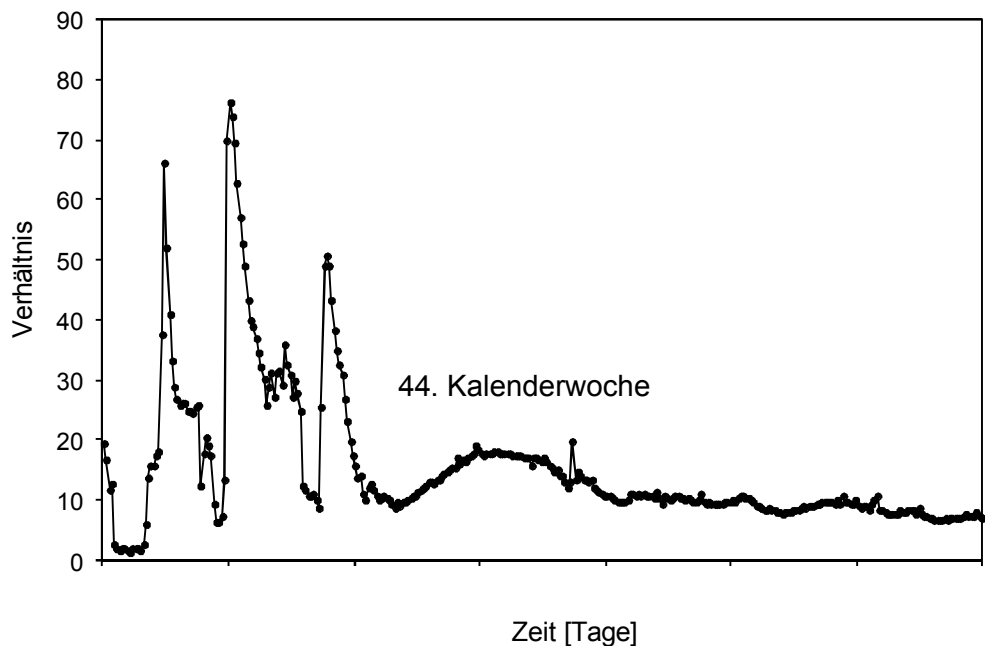


Abbildung 4: Verhältnis der Edelgaskonzentrationen in der 44. Kalenderwoche 2010 zu den Konzentrationen im Normalbetrieb

### Atomülllager Asse

## 25 Hektar großes Zwischenlager geplant

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) plant nahe dem maroden Atomülllager Asse ein rund 250.000 Quadratmeter großes Zwischenlager für Atomüll. Ein Sprecher wollte am 23. Juni 2011 Ort

und Größenangabe allerdings nicht bestätigen. Das meldete die Deutsche Presseagentur (dpa). Auf dem Areal werden demnach die 126.000 Atomüllfässer oberirdisch gelagert, die aus der Schachanlage geborgen werden sollen. Dies soll so lange geschehen, bis es eine Lösung für ein Endlager gibt. Die Rückholung der Atomüllfässer ist notwendig, weil Wasser in das Lager eindringt.

### Nachtrag

## Zweifel ...

Zur Tabelle auf Seite 7 der vorigen Strahlentelex-Ausgabe (Nr. 586-587 vom 02.06.2011: Zweifel an Nahrungsmittelmessungen in Japan) fehlt die Angabe zur Einheit der aufgelisteten Meßergebnisse. Dies sei hier nachgetragen: Es sind dort alles Becquerel pro Kilogramm (Bq/kg).