

ten werden deshalb mit nicht-linearer statt mit logistischer Regression ausgewertet. Auch hier werden zwei Modelle für den langjährigen zeitlichen Trend verwendet, ein linearer und ein linear-quadratischer. Außerdem enthält das Modell Dummyvariable für den Knick im Jahr 2008 und das Jahr 1979.

Das linear-quadratische Modell führt auch hier zu einer besseren Anpassung an die Daten; die Deviance verringert sich von 21,65 (df=24) auf 19,58 (df=23) ( $P=0,133$ , F-Test). Abb. 3 zeigt das Ergebnis der Auswertung mit dem linear-quadratischen Modell.

Aus der Differenz zwischen der Zahl der beobachteten Leukämiefälle im Zeitraum 1979 bis 2010 und der auf Grund des Verlaufs der Rate ohne den Tschernobylterm erwarteten Fälle (gestrichelte

Linie in Abbildung 3) errechnen sich mit dem linearen Modell 89 Exzessfälle ( $P=0,0307$ ) und mit dem linear-quadratischen Modell 162 Exzessfälle ( $P=0,0153$ ).

### Diskussion

Bei allen Unterschieden in der Schätzung der Größe des Effekts ergibt sich bei den verschiedenen Regressionsmodellen übereinstimmend eine statistisch signifikant erhöhte Leukämieinzidenz bei Kindern in Belarus nach Tschernobyl. Lediglich das lineare Modell mit Zeitfenster 1987 bis 1995 scheidet wegen schlechter Anpassung aus. Hier noch einmal die Ergebnisse für die Anzahl der Exzessfälle bei den einzelnen Modellen, jeweils mit einem linearen (L) und einem linear-quadratischen (LQ) zeitlichen Trend:

1. Für das Zeitfenster 1987 bis 1995 ergeben sich 74 (L) bzw. 168 (LQ) Exzessfälle. Allerdings scheidet das lineare Modell wegen schlechter Anpassung an die Daten aus.

2. Läßt man einen Knick im zeitlichen Verlauf im Jahr 2008 zu, so errechnen sich 82 (L) bzw. 145 (LQ) Exzessfälle. Beide Modelle erlauben eine gute Anpassung an die Daten.

3. Mit dem Knick im Jahr 2008 und ohne das Jahr 1979 errechnen sich 96 (L) bzw. 137 (LQ) Exzessfälle.

4. Das Modell mit dem Tschernobylterm, einem Knick im Jahr 2008 und ohne 1979 ergibt 89 (L) bzw. 162 (LQ) Exzessfälle.

Die Krümmung der Regressionslinie beim Modell (1) wird im wesentlichen bestimmt durch die deutlich erhöhten

Punkte an den beiden Enden des Untersuchungszeitraums. Ohne die Daten der Jahre 1979 und 2009 bis 2010 ist die Krümmung nicht signifikant.

Das Modell mit dem glockenförmigen Tschernobylterm kommt ohne Festlegung eines Zeitfensters aus und ist biologisch plausibel. Das Maximum der Leukämieinzidenz zeigt sich im Jahr 1991, fünf Jahre nach Tschernobyl. Außerdem findet sich ein hochsignifikanter Peak schon im Jahr 1987, im ersten Folgejahr von Tschernobyl.

1. Mikhail V. Malko. „Kein Wissenschaftsbetrug“, Strahlentelex (2014) 650-651:01-03  
[www.strahlentelex.de/Stx\\_14\\_65\\_0-651\\_S01-03.pdf](http://www.strahlentelex.de/Stx_14_65_0-651_S01-03.pdf)

## Katastrophenplanung

### Neue deutsche Notfallpläne bringen nur vergleichsweise reduzierten Strahlenschutz

Zum dritten Jahrestag der Reaktorkatastrophe von Fukushima hat die deutsche Strahlenschutzkommission (SSK) jetzt neue Empfehlungen für die Notfallpläne rund um die deutschen Atomkraftwerke vorgelegt. Sie beziehen sich auf eine Analyse des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) vom April 2012, „basierend auf den Erfahrungen aus dem Unfall in Fukushima“ (vergl. Strahlentelex 646-647 vom 05.12.2013, S. 6-7). Demnach sollen nach einer schweren Atom-Havarie in Deutschland oder in den Nachbarstaaten die Anwohner in einem Radius von künftig fünf statt bisher zwei Kilometern innerhalb von spätestens sechs Stunden aus dieser sogenannten Zentralzone evakuiert werden. Die SSK geht davon aus, daß in diesem Bereich effektive Strahlendosen

von 1.000 Millisievert (mSv) und 1.000 Milligray (mGy) Dosis für das rote Knochenmark bei Erwachsenen und Kleinkindern innerhalb von 7 Tagen bei Daueraufenthalt im Freien für die dortige Bevölkerung erreicht und überschritten werden können. Schwellendosen von etwa 100 mGy für Fehlbildungen, die besonders in den Wochen 3 bis 7 einer Schwangerschaft ausgelöst werden können und von etwa 300 mGy für geistige Retardierung nach Exposition in den Wochen 8 bis 15 (nach Ansicht der Internationalen Strahlenschutzkommission ICRP 2007), würden außerhalb eines 5-Kilometer-Radius nicht mehr erreicht.

Der Radius der sich daran anschließende Mittelzone soll zudem von 10 auf 20 Kilometer vergrößert und inner-

halb von 24 Stunden geräumt werden. Bis zu dieser Entfernung müsse mit dem Überschreiten der Eingreifrichtwerte für „Evakuierung“ (100 mSv effektive Dosis), „Einnahme von Jodtabletten“ (Schilddrüsen-Organosomen von 50 mSv für Kinder und Jugendliche unter 18 Jahren und Schwangere sowie 250 mSv für Personen von 18 bis 45 Jahren) und „Aufenthalt in Gebäuden“ (10 mSv effektive Dosis durch äußere Exposition und inhaliertes Radiojod bei Daueraufenthalt im Freien) sämtlich innerhalb von 7 Tagen gerechnet werden.

Die Außenzone von bisher 50 soll zudem auf 100 Kilometer Radius erweitert werden. Hier sollen die Behörden darauf vorbereitet sein, den Teil der Bevölkerung schnell mit Jodtabletten zu versorgen, der nicht älter als 45 Jahre ist, weil für diese die vorstehenden Eingreifrichtwerte für die Schilddrüse ebenfalls noch erreicht und überschritten werden können. Und weil das auch noch in Entfernungen bis zu 200 Kilometern möglich

sei und mit einem Radius von 200 km um deutsche und grenznahe Anlagen der Nachbarstaaten fast das gesamte deutsche Staatsgebiet abgedeckt wird, hält es die SSK für sinnvoll, im gesamten Gebiet der Bundesrepublik Deutschland Vorbereitungen zur Verteilung von Jodtabletten zu treffen. In dem neuen 100-Kilometer-Ring um die Atomkraftwerke befinden sich dann auch zahlreiche Großstädte, darunter die Millionenstädte Hamburg und München. In ihrem Einzugsbereich liegen die aktiven Atomkraftwerke Brokdorf (Schleswig Holstein) und Isar (Bayern).

Damit wohnen nicht mehr einige hunderttausend Menschen in Evakuierungsgebieten, sondern mehrere Millionen, womit alle mit der Katastrophenbewältigung befaßten Behörden und Organisationen überfordert sein dürften. Die bisherigen Notfallplanungen waren zudem lediglich von einer einmaligen, zeitlich begrenzten Freisetzung von Radionukliden ausgegangen, nicht aber von einer länger andau-

erden, wie dies in Fukushima stattfand und teilweise immer noch anhält.

**Furcht vor Diskussionen**

Langfristig umgesiedelt werden soll bislang in Gebieten, in denen eine jährliche Strahlenbelastung von mehr als 100 Millisievert infolge des radioaktiven Niederschlags zu erwarten ist. Wie verlautet hatte man in der SSK diskutiert, diesen Wert auf 50 mSv zu halbieren. In ihrer jetzt veröffentlichten Empfehlung spricht die SSK jedoch nicht mehr davon. In Japan beträgt dieser Wert nämlich lediglich 20 Millisievert und bei Tschernobyl betrug er sogar nur 5

Millisievert pro Jahr. Der deutsche Strahlenschutz ist damit schlechter als der in Japan und in den Ländern der früheren Sowjetunion. 20 Millisievert jährlich ist zudem der Wert, der beruflich strahlenexponierten Personen zugemutet wird. Diese Tatsachen könnten zu einer Diskussion des deutschen Richtwertes führen und dessen Absenkung die Größe der betroffenen Gebiete und die Zahl der betroffenen Personen vervielfachen, wird befürchtet. Offenbar ist das der Grund, weshalb dies jetzt von der SSK nicht mehr erwähnt wird.

Die neue Bundesumweltministerin Barbara Hendricks

(SPD) erklärte am 10. März 2014 in Berlin, sie unterstütze die Empfehlungen der SSK und werde diese an die Innenministerkonferenz weiterleiten. Zudem sollten die Notfallpläne auch mit den Nachbarstaaten abgestimmt werden, denn diverse ausländische Atomkraftwerke stehen in unmittelbarer Nähe der Landesgrenzen. Die Region Berlin-Brandenburg wäre zudem künftig von dem von der polnischen Regierung unter dem Premier Donald Tusk befürworteten Bau eines Atomkraftwerks bei Danzig bedroht.

Für die Umsetzung der Pläne sind in Deutschland die Bun-

desländer zuständig. Deshalb ist unklar, wann sie in Kraft treten werden. Die zuständigen Innenminister treffen sich das nächste Mal im Juni 2014. Eine vorangegangene Empfehlung der SSK aus dem Jahre 2006 war erst nach zwei Jahren rechtlich wirksam geworden.

Strahlenschutzkommission (SSK): Planungsgebiete für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernkraftwerken – Empfehlungen der Strahlenschutzkommission vom 13./14. Februar 2014. www.ssk.de

**Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung**

**Die ungebremste Zunahme der Computertomographien (CT) sorgt für steigende medizinische Strahlenbelastungen**

**Unterrichtung der Bundesregierung über das Jahr 2012**

Über die Entwicklung der Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2012 hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit jetzt Bundestag und Bundesrat unterrichtet (Bundestagsdrucksache 18/708 vom 3. März 2014).

und Abwasser sind demnach bei den Atomkraftwerken Gundremmingen, Neckar und Emsland zu verzeichnen. Höhere Strahlenbelastungen für die Bevölkerung verursachen allerdings mit ihrer Fortluft die Forschungszentren, besonders die von Karlsruhe und Jülich. Im Vergleich zu Gund-

remmingen, dem AKW mit den höchsten Strahlenbelastungen in der Umgebung, sind diese beim Forschungszentrum Karlsruhe 2- bis 5-fach höher.

Weiter heißt es, die mittlere Strahlenexposition der Bevölkerung durch den Reaktorunfall von Tschernobyl sei 2012 fast ausschließlich durch die Bodenstrahlung des im Jahr 1986 deponierten Cäsium-137 verursacht worden. Andere Radionuklide spielten keine Rolle mehr. Auf Grund seiner physikalischen Halbwertszeit von 30 Jahren lägen noch zirka 54 Prozent der 1986 deponierten Aktivität vor. Grundnahrungsmittel wie Milch, Gemüse, Getreide, Obst und

Fleisch seien durch radioaktives Cäsium aus dem Reaktorunfall nur noch geringfügig belastet. In Lebensmitteln aus Waldgebieten und vereinzelt auch bei Fischen würden jedoch weiterhin höhere Werte gemessen.

Die spezifischen Cäsium-137-Aktivitäten reichten bei einigen Arten von Wildpilzen, zum Beispiel Maronenröhrlingen (41 Messungen) bis 940 Becquerel pro Kilogramm (Bq/kg) und bei Pfifferlingen (98 Messungen) bis 1490 Bq/kg. Eine Wintertrüffel habe 1820 Bq/kg enthalten. Bei Fischen seien bis zu 42 Bq/kg bei Flußbarsch aufgetreten (17 Messungen). Bei Wildschweinen seien nach wie vor stel-

Unter anderem geht aus der Unterrichtung hervor, daß die von den zuständigen Behörden festgelegten Höchstwerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen in allen Fällen eingehalten worden seien, heißt es dazu in den Mitteilungen des Bundestages vom 18. März 2014. Die tatsächlichen jährlichen Ableitungen lägen im allgemeinen deutlich unter den Genehmigungswerten. Die mit deutlichem Abstand höchsten Freisetzen radioaktiver Stoffe über Fortluft

Effektive Jahresdosis einer Person durch ionisierende Strahlung in mSv im Jahr 2012, gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands und aufgeschlüsselt nach Strahlenursprung

