

Katastrophenplanung

Der nukleare Super-GAU ist wahrscheinlicher als stets behauptet

Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Chemie in Mainz: Westeuropa hat das weltweit höchste Verseuchungsrisiko durch schwere Reaktorunfälle und am höchsten ist das Risiko in Südwestdeutschland.

Katastrophale nukleare Unfälle wie die Kernschmelzen in Tschernobyl und Fukushima sind häufiger zu erwarten als bislang angenommen. Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Chemie in Mainz haben anhand der bisherigen Laufzeiten aller zivilen Kernreaktoren weltweit und der aufgetretenen Kernschmelzen errechnet, daß solche Ereignisse im derzeitigen Kraftwerksbestand etwa einmal in 10 bis 20 Jahren auftreten können und damit 200 mal häufiger sind als in der Vergangenheit geschätzt. Zudem ermittelten die Forscher, daß die Hälfte des radioaktiven Cäsium-137 bei einem solchen größten anzunehmenden Unfall mehr als 1.000 Kilometer weit transportiert würde. Die Ergebnisse zeigen, daß Westeuropa – inklusive Deutschland – wahrscheinlich einmal in etwa 50 Jahren mit mehr als 40 Kilobecquerel (40.000 Becquerel) radioaktivem Cäsium-137 pro Quadratmeter belastet wird. Die Forscher fordern aufgrund ihrer Erkenntnisse eine tiefgehende Analyse und Neubetrachtung der Risiken, die von Kernkraftwerken ausgehen. Das erklärt das Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz in einer Pressemitteilung vom 22. Mai 2012 und macht damit auf eine Arbeit von Professor Dr. Jos Lelieveld und Kollegen aufmerksam, die jetzt in der Zeitschrift *Atmospheric Chemistry and Physics* veröffentlicht worden ist.

Um die Wahrscheinlichkeit einer Kernschmelze zu ermitteln, stellten die Mainzer Forscher demnach eine einfache

Rechnung an: Sie teilten die Laufzeit aller Kernreaktoren weltweit von der Inbetriebnahme des ersten zivilen Reaktors bis heute durch die Zahl der bisherigen Kernschmelzen. Die Laufzeit der Reaktoren summiert sich auf 14.500 Jahre; die Zahl der Kernschmelzen beträgt vier – eine in Tschernobyl und drei in Fukushima. Daraus ergibt sich, daß es in 3.625 Reaktorjahren zu einem GAU kommt, dem größten anzunehmenden Unfall, wie ihn die Internationale Bewertungsskala für nukleare Ereignisse (International Nuclear Event Scale, INES) definiert. Selbst wenn man dieses Ergebnis auf einen GAU in 5.000 Reaktorjahren aufrundet, um das Risiko konservativ abzuschätzen, liegt das Risiko 200mal höher als nach den Schätzungen der US-amerikanischen Zulassungskommission für Kernreaktoren von 1990.

Die Hälfte des radioaktiven Fallouts geht in Entfernungen bis 1.000 Kilometer um ein verunglücktes AKW nieder und ein Viertel der radioaktiven Partikel wird weiter als 2.000 Kilometer transportiert

Für ihre Studie unterschieden Lelieveld und Kollegen nicht, wie alt ein Kernreaktor ist, um welchen Typ es sich handelt oder ob er beispielsweise in einem besonders erdbebengefährdeten Gebiet steht. So tragen sie der Tatsache Rechnung, daß es auch in einem vermeintlich sicheren Reaktor zu einer Kernschmelze kommen kann – nicht zuletzt, weil sich nicht alle möglichen Ur-

sachen eines solchen fatalen Unfalls vorhersehen lassen. Schließlich hatte auch die Reaktorkatastrophe in Japan zuvor niemand für möglich gehalten.

Lelieveld und Kollegen bestimmten zudem die geographische Verteilung von radioaktiven Gasen und Partikeln rund um eine mögliche Unglücksstelle mit Hilfe eines Computermodells, das die Erdatmosphäre beschreibt. Das Atmosphärenchemie-Modell berechnet meteorologische Größen sowie chemische Reaktionen in der Atmosphäre. Anhand dieses Modells kann man beispielsweise die globale Verteilung von Spurengasen berechnen und es daher auch für Voraussagen zur Verbreitung von radioaktiven Gasen und Partikeln nutzen. Um die radioaktive Verseuchung näherungsweise zu ermitteln, berechneten die Forscher, wie sich Partikel des radioaktiven Cäsium-137 (¹³⁷Cs) in der Atmosphäre verbreiten und wo sie in welchen Mengen über den Niederschlag in den Boden gelangen. Das ¹³⁷Cs-Isotop entsteht als Zerfallsprodukt bei der Kernspaltung von Uran, hat eine Halbwertszeit von circa 30 Jahren und bildete nach den Havarien von Tschernobyl und Fukushima einen wichtigen Teil der radioaktiven Belastung.

Die Simulation der Mainzer Wissenschaftler ergab, daß durchschnittlich nur acht Prozent der ¹³⁷Cs-Emission in einem Umkreis von 50 Kilometern um ein verunglücktes Kernkraftwerk niedergehen. Ungefähr die Hälfte der Teilchen (50 Prozent) würde innerhalb von 1.000 Kilometern abgelagert, und etwa 25 Prozent würden sogar weiter als 2.000 Kilometer transportiert. Diese Ergebnisse belegen, daß Reaktorunfälle weit über Staatsgrenzen hinweg radioaktive Verseuchung herbeiführen können.

Westeuropa trägt weltweit das höchste Risiko einer radioaktiven Verseuchung und am höchsten ist das Risiko in Südwestdeutschland

Die Ergebnisse der Transportrechnungen kombinierten Lelieveld und Kollegen mit der ermittelten Wahrscheinlichkeit einer Kernschmelze und der tatsächlichen Reaktordichte in der Welt, um zu bestimmen, wie oft eine radioaktive Kontamination droht. Laut Definition der Internationalen Atomenergieagentur IAEA gilt ein Gebiet mit mehr als 40 Kilobecquerel (40.000 Bq) Radioaktivität pro Quadratmeter als kontaminiert. Zur Erinnerung: Nach der Katastrophe von Tschernobyl belastete der radioaktive Niederschlag von Cäsium-137 und Cäsium-134 den Boden in Süddeutschland vielerorts im Mittel mit etwa 40 Kilobecquerel pro Quadratmeter.

Wie das Mainzer Team nun errechnete, droht eine Verseuchung mit mehr als 40 Kilobecquerel pro Quadratmeter in Westeuropa, wo die Reaktordichte sehr hoch ist, durchschnittlich einmal in 50 Jahren. Im weltweiten Vergleich tragen die Bürger im dichtbesiedelten Südwestdeutschland durch die zahlreichen Kernkraftwerke an den Grenzen von Frankreich, Belgien und Deutschland das höchste Risiko einer radioaktiven Verseuchung.

In Westeuropa wären bei einer einzigen Kernschmelze durchschnittlich 28 Millionen Menschen von einer Verseuchung mit mehr als 40 Kilobecquerel pro Quadratmeter betroffen. Noch höher ist diese Zahl in Südasien. Ein schwerer nuklearer Unfall würde dort etwa 34 Millionen Menschen betreffen, im Osten der USA und in Ostasien wären es 14 bis 21 Millionen Menschen, errechneten Lelieveld und Kollegen.

„Der Ausstieg Deutschlands aus der Kernenergie verringert

zwar das nationale Risiko einer radioaktiven Verseuchung. Deutlich geringer wäre die Gefährdung, wenn auch Deutschlands Nachbarn ihre Reaktoren abschalteten“, resümiert Jos Lelieveld. „Not-

wendig ist nicht nur eine tiefgehende und öffentlich zugängliche Analyse der tatsächlichen Risiken, die von Kernkraftwerken ausgehen. Vor dem Hintergrund unserer Erkenntnisse sollte meiner

Meinung nach auch ein international koordinierter Ausstieg aus der Kernenergie in Betracht gezogen werden“, ergänzt der Atmosphärenchemiker.

J. Lelieveld, D. Kunkel, M.G. Lawrence: Global risk of radioactive fallout after major nuclear reactor accidents, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 4245-4258, 2012, www.atmos-chem-phys.net/12/4245/2012/ doi:10.5194/acp-12-4245-2012 ●

Strahlenfolgen

Strahleninduzierte Karzinome der Bauchspeicheldrüse

Von Inge Schmitz-Feuerhake*

Zahlreiche Befunde nach Inkorporation von Alphastrahlen und aus dem Berufsmilieu zeigen, dass Pankreaskarzinome durch chronische Strahlenexposition sehr viel empfindlicher erzeugt werden, als aus den Daten der japanischen Atombombenüberlebenden gefolgert wurde. Die Bauchspeicheldrüse muss dringend in die Liste strahlenempfindlicher Organe für die Anerkennung von Berufskrankheiten aufgenommen werden.

In Anhang 2 zum Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 2402 der Berufskrankheitenverordnung (Erkrankungen durch ionisierende Strahlen) kommen Pankreaskarzinome in der Liste strahleninduzierbarer Erkrankungen nicht vor. Die deutsche Radarkommission, die das Strahlenrisiko von Soldaten und Zivilbeschäftigten in Radaranlagen der Bundeswehr und der Nationalen Volksarmee der DDR bewertet hat, zählt in ihrem Bericht von 2003 die Pankreastumore zu den „nicht oder sporadisch mit ionisierender Strahlung assoziierten Tumoren“, zu denen „keine verlässlichen Risikoschätzwerte bekannt sind“ [1; Tab.6-3, S.76,77].

Die grundsätzliche Strahleninduzierbarkeit von Pankreas-

karzinomen hat sich aber in zahlreichen Befunden nach Strahlentherapie gezeigt, das heißt bei Patienten, die wegen einer anderen bösartigen oder gutartigen Erkrankung mit Strahlen behandelt wurden. Für solche, bei denen die Bauchspeicheldrüse im Strahlenfeld lag, zeigten sich signifikant erhöhte Raten an Pankreaskarzinomen als Spätfolge [2-6]. Der Effekt zeigte sich auch in Einzelfallstudien, bei denen das nachfolgende Pankreaskarzinom genau im Feld der vorher applizierten Therapiedosis lag [7-11]. Bei Patienten, die wegen Morbus Bechterew aus therapeutischen Gründen Radiuminjektionen erhielten, traten ebenfalls vermehrt Pankreaskarzinome als Spätfolge auf [12].

Aber auch für den Niederdosisbereich muss man die Auffassung, dass Pankreaskarzinome durch ionisierende Strahlen nicht zu erwarten sind, als überholt ansehen. Sie stammt aus den Befunden bei den Überlebenden der Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki 1945, die nach wie vor das bevorzugte Referenzkollektiv von Strahlenschutzgremien darstellen. Bei diesen hatten sich in der Tat bis in die 1990er Jahre keine erhöhten Raten gezeigt. Der Grund für dieses Defizit kann darin liegen, dass bis heute Pankreaskarzinome meistens sehr bald nach Dia-

gnose zum Tode führen und früher – bis in die 1970er Jahre – sehr schwer zu diagnostizieren waren. Dadurch kommt es zu einer Untererfassung und einer Analyse nur geringer Fallzahlen (als Vergleichsgruppe dient nicht die übrige japanische Bevölkerung, sondern das Strahlenrisiko wird anhand von Dosis-Wirkungskurven ermittelt).

Inzwischen sind erhöhte Raten bei den japanischen Atombombenüberlebenden registriert worden, und zwar sowohl für die Inzidenz [13] als auch für die Mortalität [14]. Die Verdopplungsdosis – gemittelt über alle Altersgruppen – würde danach 3,8 Sievert (Sv) beziehungsweise 12,5 Sv betragen. Die Erhöhungen sind aber nicht signifikant. In einer weiteren Analyse der Daten durch andere Autoren – gedacht für Risikovorhersagen bei der Strahlentherapie – erweisen sich die Pankreasdaten als eindeutig dosisabhängig und damit strahlenbedingt [15].

Als weiteres Beispiel für die chronische Wirkung inkorporierter Alphastrahlung sind die Folgen von thoriumhaltigem Kontrastmittel („Thorotrast“) anzusehen, das zur Gefäßdarstellung im Röntgenbild etwa zwischen 1930 und 1950 eingesetzt wurde. Studien in mehreren Ländern haben gezeigt, dass unter den Folgeerkrankungen auch Pankreaskarzinome zu verzeichnen sind [16-18]. Auch bei ehemaligen Arbeitern einer Anlage zur Gewinnung von Thorium aus Monazitsand, das unter anderem als Kernbrennstoff verwendet wird, waren

die Pankreaskarzinome erhöht, und zwar signifikant um das Vierfache [19].

In einer schwedischen Studie über Krebserkrankungen in Gegenden mit erhöhter natürlicher Untergrundstrahlung durch Radon und in einer entsprechenden Studie in den USA fanden sich unter anderem Anstiege der Mortalität an Pankreaskarzinomen [20, 21]. Weitere signifikante Erhöhungen bei strahlenexponierten Arbeitnehmern werden angegeben für Uranarbeiter [22] und Beschäftigte in Nuklearanlagen [23, 24].

Die genannten Befunde aus dem Bereich niedriger Dosis und chronischer Belastung sind mit den hohen Verdopplungsdosen aus dem Atombombenkollektiv nicht kompatibel, liefern jedoch keine Dosisangaben für die Risikoschätzung. Aus Untersuchungen mit therapeutischen Dosen lassen sich auch keine Dosis-Effekt-Beziehungen für den Niederdosisbereich herleiten, da bei hohen Dosen die Zellen in hohem Maße abgetötet werden, so dass die kanzerogene Wirkung abnimmt.

Eine Studie gibt es aber an Beschäftigten, für die auch gemessene Dosiswerte vorliegen. Kanadische Autoren können sich rühmen, das umfangreichste nationale Register über beruflichen Strahlenexponierte seit 1951 auszuwerten [24]. Es umfasst etwa 600.000 Beschäftigte aus dem technischen und medizinischen Bereich. Für Pankreaskarzinome wird ein relatives Strahlenrisiko von 10,9 pro Sv angegeben. Das entspricht einer Verdopplungsdosis von