

tional werden aber erst oberhalb dieses Wertes Sanierungsmaßnahmen zur Radonverminderung empfohlen. Jährlich sterben in Deutschland etwa 1.800 Menschen an Radon in Wohnbereichen, also alle vier Stunden ein Mensch, rechnete Renneberg vor. Möglicherweise trage Radon – französischen Untersuchungen zufolge – auch zum Auftreten von Leukämie bei Kindern bei. Es bestehe dringender Handlungsbedarf, die Radonexpositionen zu senken. Zielwert für Neubauten sei 100 Bq/m<sup>3</sup>, Orientierungswert für Sanierungsentscheidungen an Altbauten 200 Bq/m<sup>3</sup>.

Die Strahlenempfindlichkeit des Ungeborenen ist besonders hoch und die Strahlenempfindlichkeit der Frau scheint für praktisch alle Organe und bezogen auf das relative Risiko etwa doppelt so hoch zu sein, wie die des Mannes, wurde festgestellt. Zudem sei die Strahlenempfindlichkeit der Augenlinse höher als bisher angenommen, die bisherige Annahme einer Schwellendosis für den Grauen Star (Katarakt) sei fragwürdig, die Latenzzeit nehme mit abnehmender Dosis zu, das heißt die Linsentrübung erfolge lediglich später. Die Forschungen seien fortzusetzen und zu intensivieren, eine Senkung des Grenzwerts für die Augenlinse müsse dringend geprüft werden, heißt es in einer Mitteilung des BMU.<sup>5</sup>

Bundesumweltminister Gabriel bedauerte zudem den bereits in Deutschland eingetretenen Verlust an Kompetenz im Strahlenschutz. Die Lehrstühle für Strahlenschutz und Strahlenbiologie an den Universitäten seien zu Gunsten größerer Fachbereiche zu-

nehmend nicht mehr besetzt worden. Die im Februar 2007 erfolgte Gründung des „Kompetenzverbundes Strahlenforschung“ in Deutschland, solle dem mit einer engen Kooperation zwischen Forschungszentren und Hochschulen entgegensteuern und wissenschaftlichen Nachwuchs fördern. Beobachter fragten jedoch schon anlässlich der Gründung des Verbundes, weshalb über Jahre hinweg ein universitäres Institut für Strahlenbiologie nach dem anderen abgebaut und geschlossen wurde und jetzt ein „Kompetenzverbund“ für Strahlenforschung erfunden wird, dessen Glieder fast alle enge Beziehungen mit der Atomwirtschaft pflegen.<sup>6</sup>

Die für den Bereich der Röntgenverordnung bereits im Jahre 1995 zum Zwecke der Qualitätssicherung und Selbstkontrolle bei der medizinischen Strahlenanwendung eingerichteten „ärztlichen Stellen“ haben versagt, betonte Renneberg ergänzend: Die Medizin verabreiche weiterhin die mit Abstand größten Dosen, vor allem in der Röntgendiagnostik.

Besonders begrüßte Gabriel, daß der Gedanke der Nachhaltigkeit des Schutzes der Umwelt nun auch von der ICRP für den Strahlenschutz aufgegriffen werde. Die Umwelt auch unabhängig vom Menschen zu schützen, sei ein wesentliches Element nachhaltiger Umweltpolitik. „Die hohe wissenschaftliche Reputation der ICRP“, mache hoffentlich möglich, „was zuvor nicht möglich war“, erläuterte Renneberg. Ziel im BMU sei es, aus der Strahlenschutzverordnung in Deutschland ein eigenes Gesetz zu machen und nicht nur wie bisher ein Verordnungsanhängsel des Atomgesetzes.

**Kommentar:** Die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) ist eine von der Anwenderseite ins Leben gerufene, ihre Mitglieder selbst rekrutierende Organisation ohne weitere Legitimation. Ihre Empfehlungen wurden in der Vergangenheit meist unbesehen von Behörden und Regierungen übernommen und umgesetzt. Wie sich auf der Berliner Strahlenschutz-

konferenz jetzt zeigte, ist das heute nicht mehr zwangsläufig so. Jedenfalls von Seiten der Politik, das heißt im Bundesumweltministerium, wurden die neuen ICRP-Empfehlungen durchaus kritisch gewürdigt. Es bleibt zu hoffen, daß auch in der Mainstream-Wissenschaft vermehrt damit begonnen wird, selbständig zu denken. **Th.D.**

### Medizinische Strahlenbelastung

## Chromosomenschäden nach CT-Untersuchung

**Wissenschaftler befürchten künftig 58.000 zusätzliche tödliche Krebserkrankungen unter 6,5 Millionen kindlichen Patienten in den USA als Folge von CT-Untersuchungen im Jahr 2006.**

Die Warnungen von Strahlenschützern vor der ständig zunehmenden Zahl von Computertomographie(CT)-Untersuchungen vor allem bei Kindern und jungen Menschen, erhalten durch drei neue Studien weitere Unterstützung. Von G. Stephan vom Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz in Oberschleißheim und Kollegen erschien im Mai 2007 im International Journal of Radiation Oncology Biology Physics der American Society for Therapeutic Radiology and Oncology ein Untersuchungsbericht, der eine erhöhte Rate von Chromosomenaberrationen nach CT-Untersuchungen bei pädiatrischen Patienten nachweist. Bereits im Januar 2007 war zudem in dem internationalen Journal Radiology eine von Kai Rothkamm vom Department of Radiation Oncology & Biology der University of Oxford und Kolleginnen verfaßte Arbeit über DNA-Schäden in weißen Blutkörperchen (Leukozyten) nach Strahlenbelastungen durch CT erschienen, die als

quantitative Biomarker für Niedrigdosisstrahlung dienen können. Schließlich erschien im International Journal of Health Services eine Arbeit von Rosalie Bertell, Lynn Ehrle und Inge Schmitz-Feuerhake, in der ausgehend vom Risiko der Anwendung der Computertomographie bei Kindern auch die Geschichte der Leugnung des Strahlenrisikos beschrieben wird.

Um zu untersuchen, ob CT-Untersuchungen bei Kindern das Auftreten von Chromosomenaberrationen erhöhen, untersuchten Stephan et al. vor und nach den CT-Aufnahmen Blutproben von 10 Kindern, bei denen die Indikation für die CT-Untersuchungen Verletzungen durch Unfälle und nicht wie bei früheren Studien innere Krankheiten waren. Die mittlere Blutdosis der 10 Kinder geben die Autoren mit etwa 12,9 Milligray (entspricht 12,9 Millisievert (mSv)) an. Auf der Basis von mehr als 20.000 analysierten Zellen ergab sich dann, daß nach der CT-Untersuchung

<sup>5</sup> vergl. Inge Schmitz-Feuerhake, Sebastian Pflugbeil: Strahleninduzierte Katarakte (Grauer Star) als Folge berufsmäßiger Exposition und beobachtete Latenzzeiten, Strahlentelex 456-457 v. 5.1. 2006, S. 1-7.

<sup>6</sup> Strahlentelex 484-485 v. 1.3. 2007, S. 2-3.

die Häufigkeiten von dizentrischen Chromosomen (dic) und azentrischen Fragmenten (ace) in den Lymphozyten signifikant erhöht waren. Die beobachtete Zunahme der Chromosomenaberrationen entfiel dabei hauptsächlich auf die Altersgruppe der bis 9 Jahre alten Kinder, während deren Anstieg in der Altersgruppe der 10- bis 15-jährigen nicht signifikant war. Stephan et al. schlußfolgern daraus, daß bei Kindern unter 10 Jahren eine höhere Strahlenempfindlichkeit vorliegt als bei älteren Menschen, wie es in der Strahlenbiologie auch für andere Effekte angenommen wird.

Rothkamm et al. stellen die Brauchbarkeit der Darstellung und Quantifizierung von durch CT-Untersuchungen strahleninduzierten DNA-Schäden in mononuklearen Zellen des peripheren Blutes von Erwachsenen als quantitative Biomarker für Belastungen durch Niedrigdosisstrahlung dar. Dazu untersuchten sie das Blut von 8 Frauen und 5 Männern im mittleren Alter von 63,8 Jahren, die entweder ein Brust- oder ein Ganzkörper-CT erhielten. Ihnen wurden venöse Blutproben vor dem CT-Scan entnommen, die in vitro verschiedenen Strahlendosen ausgesetzt wurden, um Referenzwerte zu erhalten. Weitere Blutproben wurden 5 bis 30 Minuten nach dem CT entnommen und mit den erzeugten Referenzwerten verglichen. Rothkamm et al. beschreiben das Verfahren als sehr brauchbar.

Lynn Ehrle und Kolleginnen geben eine Analyse von Problemen im Zusammenhang mit Niedrigdosisstrahlung und setzen dabei den Schwerpunkt auf Computertomographien bei Kindern. Sie beziehen sich dabei auf verschiedene frühere Studien, die in Strahlenforschungsarbeiten wenig zitiert werden und quantifizieren die zusätzliche Anzahl tödlicher Krebserkrankungen, die auf

CT-Untersuchungen des Magen-Darm-Traktes bei Kindern in den USA zurückgeführt werden können. Lynn Ehrle und Kolleginnen kommen zu dem Ergebnis, daß bereits eine Dosis von 10 Millisievert (mSv) aus einer einzigen CT-Untersuchung ein potentes Mutagen darstellt und Verheerungen im Körper der Kinder anrichten kann. Mehr als 58.000 zusätzliche tödliche Krebserkrankungen werden den Berechnungen zufolge im Laufe des weiteren Lebens von 6,5 Millionen pädiatrischen Patienten in den USA auf dieses Konto gehen, die im Jahre 2006 etwa 18,1 Millionen Einzeldosen aus vielfachen Bauch-Scans während CT-Untersuchungen ausgesetzt waren. Eine scheinbar geringe Dosis durch ein CT wird so durchaus ein Problem für die öffentliche Gesundheit. Lynn Ehrle und Kolleginnen schlagen politische Initiativen vor, um ein Problembewußtsein zu schaffen und zu erreichen, daß durch unnötigen Aufwand in der radiologischen Diagnostik verursachte Strahlenbelastungen vermieden werden.

G. Stephan, K. Schneider, W. Panzer, L. Walsh, U. Oestreicher: Enhanced yield of chromosome aberrations after CT examinations in paediatric patients, *Int. J. Radiat. Biol.*, Vol. 83, No. 5, May 2007, pp. 281-287.

Kai Rothkamm, Sheena Balroop, Jane Shekhdar, Patricia Fernie, Vicky Goh: Leukocyte DNA Damage after Multi-Detector Row CT: A Quantitative Biomarker of Low-Level-Radiation Exposure, *Radiology*: Vol. 242: No. 1 – Jan. 2007.

Rosalie Bertell, Lynn Howard Ehrle, Inge Schmitz-Feuerhake: Pediatric CT Research Elevates Public Health Concerns: Low-Dose Radiation Issues are Highly Politicized, *Int. J. of Health Services*, Vol. 37, No. 3, pp. 419-439, 2007. ●

## Strahlenfolgen

# Partikelförmiges abgereichertes Uran ist für menschliche Lungenzellen zytotoxisch und verursacht Chromosomenbrüche

Abgereichertes Uran (DU) wird häufig in militärischen Waffen und Munition eingesetzt. Deshalb sind ihm Soldaten und unbeteiligte Zivilisten vermutlich häufig und weiträumig ausgesetzt. DU wird zwar für ein menschliches Karzinogen gehalten, das die Bronchialzellen der Lunge angreift, Untersuchungen darüber gibt es aber kaum. Sandra S. Wise vom Wise Laboratory of Environmental and Genetic Toxicology der University of Southern Maine in Portland (USA) und Kollegen haben deshalb die Zytotoxizität und die Chromosomenbrüche verursachenden (klastogenen) Eigenschaften von sowohl partikelförmigem (wasserunlöslichem) und wasserlöslichem DU in menschlichen bronchialen Fibroblasten (WTHBF-6-Zellen) bestimmt. Der Bericht darüber wurde im April 2007 in den *Chemical Research in Toxicology* der American Chemical Society veröffentlicht.

Dem Bericht zufolge wurden Urantrioxid ( $UO_3$ ) und Uranylacetat (UA) als prototypische partikuläre beziehungsweise lösliche DU-Salze verwendet. Nach 24-stündiger Exposition führten demnach sowohl Urantrioxid als auch Uranylacetat zu einer konzentrationsabhängigen Zytotoxizität in den WTHBF-6-Zellen. Speziell führten 0,1, 0,5, 1 und 5 Mikrogramm pro Quadratzentimeter ( $\mu g/cm^2$ ) Uran-

trioxid zu relativen Überlebensraten von jeweils 99, 57, 32 und 1 Prozent. Ebenso führten 100, 200, 400 und 800 Mikromol ( $\mu M$ ) Uranylacetat jeweils zu relativen Überlebensraten von 98, 92, 70 und 56 Prozent. Unterzog man die Zellen einer chronischen Exposition bis zu 72 Stunden mit Urantrioxid oder Uranylacetat, so war der Grad der Zytotoxizität erhöht. Wise et al. untersuchten auch die klastogenen Eigenschaften dieser Verbindungen und berichten, daß bei Konzentrationen von 0, 0,5, 1 und 5  $\mu g/cm^2$  Urantrioxid jeweils 5, 6, 10 und 15 Prozent der Zellen im Zustand der Metaphase Chromosomenschäden verschiedener Art aufwiesen. Uranylacetat führte dagegen nicht zu Chromosomenschäden über das Hintergrundniveau hinaus. Es gab den Autoren zufolge einen geringfügigen Anstieg bei den verursachten Chromosomenschäden, wenn die Behandlung mit Urantrioxid auf 48 oder 72 Stunden ausgedehnt wurde, jedoch nicht bei chronischer Exposition mit Uranylacetat.

Sandra S. Wise, W. Douglas Thompson, AbouEl-Makarim Aboueissa, Michael D. Mason, John Pierce Wise Sr.: Particulate Depleted Uranium Is Cytotoxic and Clastogenic to Human Lung Cells, *Chem. Res. Toxicol.* 20(5), 815-820, 2007. ●