

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

### 25 Jahre nach Tschernobyl

## Kranke Kinder und beschleunigte Alterung

Majak (Rußland/UdSSR) 1957, Harrisburg (USA) 1979, Tschernobyl (Ukraine/UdSSR) 1986, Fukushima (Japan) 2011 – auch ein Vierteljahrhundert nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl werden die Folgen verdrängt, vertuscht, verharmlost und bagatellisiert. Atomlobby und Politiker reden die Gefährdung durch sogenannte Niedrigdosisstrahlung mit gezielter Propaganda und beharrlichem Verschweigen der Risiken klein. Die Gesellschaft für Strahlenschutz hatte für den 6. bis 8. April 2011 Ärzte und Wissenschaftler aus den betroffenen Ländern Ukraine, Weißrußland und Rußland, eingeladen. Diese sind zu ganz anderen Ergebnissen über die Folgen von Tschernobyl gekommen als beispielsweise die Internationale Atomenergieagentur (IAEA) und die Weltgesundheitsorganisation (WHO) oder das Wissenschaftliche Komitee der Vereinten Nationen für die Wirkungen der Atomstrahlung (UNSCEAR). Doppelt so schnell gealterte Katastrophenhelfer, Hirnschäden und Beeinträchtigung kognitiver Funktionen, weniger und kranke, genetisch geschädigte Kinder, angeborene Entwicklungsschäden, Schilddrüsenkrebs und Brustkrebs, Leukämien und Lymphome – das sind Folgen der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl, wie sie jetzt berichtet wurden.

Der Strahlenunfall von Tschernobyl zog schwere ökologische Veränderungen nach sich, die zur Umsiedlung und Evakuierung der Bevölkerung aus Verbotszonen und

Umsiedlungszonen und zum notgedrungenen Weiterleben der Bürger in radioaktiv verschmutzten Gebieten führte. Darauf wies unter anderem die Moskauer Medizinprofessorin Larissa C. Baleva vom Zentrum für Forschung und Praxis des Strahlenschutzes von Kindern am wissenschaftlichen Forschungsinstitut für Pädiatrie und Kinderchirurgie des russischen Gesundheitsministeriums hin. Ihr Institut betreut sowohl Kinder, die noch in Gebieten leben, in denen die Bodenbelastung mit Cäsium-137 bis zu 1.665 kBq/m<sup>2</sup> beträgt, Kinder, die aus der Verbotszone und der Umsiedlungszone evakuiert wurden, Kinder, die in der Phase der intrauterinen Entwicklung radioaktiver Strahlung ausgesetzt waren, Kinder von Liquidatoren und Kinder, die der Bestrahlung durch Jod-131 ausgesetzt waren (Geburtsjahrgänge 1968 – 1986). Die bisher 25jährige Beobachtungszeit erlaubt, die Besonderheiten des Gesundheitszustandes der Kinder aus jeder Gruppe herauszuarbeiten und das Vorhandensein bestimmter Strahleneffekte, die sich bei den Kindern aus Hochrisikogruppen entwickelten, festzustellen.

Die medizinisch-demographischen Prozesse in den radioaktiv belasteten Gebieten sind, was die Situation in der Russischen Föderation angeht, sehr vielfältig, berichtete Frau Baleva. In den Jahren 1987 bis 2000 war demnach eine niedrigere Geburtenrate im Vergleich zur gesamten Russischen Föderation festzustel-

len, die mit einer höheren Kindersterblichkeit einherging. In den folgenden zehn Jahren (2001 bis 2009) entsprach die Situation dann zunächst der Situation in der gesamten Russischen Föderation, bis sich hier die Situation besserte.

In den mit Radionukliden belasteten Gebieten dauert die erhöhte allgemeine Morbidität der Kinder dagegen an. Die Erkrankungen sind schwerer und chronifizierter im Vergleich zur Kinderpopulation der Russischen Föderation. Die allgemeine Morbidität von Kindern, die radioaktiver Strahlung ausgesetzt waren, bleibt hoch, besonders bei Kindern, die immer noch in den strahlenbelasteten Gebieten leben. Die Rate von Neubildungen (Neoplasmen) liegt ständig über gesamt-russischen Werten. In den vergangenen zehn Jahren erhöhte sich der Anteil maligner Neoplasmen, angeborener Entwicklungsstörungen und Chromosomenanomalien. Registriert wurden seltene autosomal-dominante Syndrome, und in den Gruppen mit hohem Risiko auch embryotoxische Effekte, bei deren Herausbildung zytogenetische und immunologische Verletzungen, die zu genomischer Instabilität und immunologischen Defiziten bei Kindern aus Hochrisikogruppen führen, eine ätiologische Rolle spielen.

Bei den strahlenexponierten Kindern findet eine echte Erhöhung des Aberrationenspiegels statt, sowohl bei Chromatiden als auch bei Chromosomen (paarige Fragmente, Dizentrika und ringförmige Chromosomen, die zu den instabilen Chromosomenaberrationen gehören). Auch ist ein Anstieg der stabilen Chromosomenaberrationen zu ver-

zeichnen: Deletionen und Translokationen.

Die Erforschung der zytogenetischen Charakteristika, des Eiweiß-Polymorphismus und der Reparaturaktivität der DNA bei Kindern von Liquidatoren zeigt Frau Baleva zufolge, daß in der Kinderpopulation genomische Instabilität vorhanden ist, und die adaptiven Möglichkeiten bei Nachkommen begrenzter sind, unabhängig davon, wie lange bei ihrer Zeugung die Arbeit ihrer Eltern an der Beseitigung der Folgen des Reaktorunfalls von Tschernobyl zurücklag.

Betrachtet man die strahlenexponierten Kinder gesondert, angefangen von der intrauterinen Entwicklungsphase, werden noch weitere Veränderungen des zytogenetischen Bildes deutlich: eine signifikante Verbreiterung des Spektrums zytogenetischer Strukturdefekte (isochromatide Fragmente, Brüche im Zentromer, Chromatidenaustausch). Es konnte gezeigt werden, daß bei Kindern, die ab der intrauterinen Entwicklungsphase strahlenbelastet waren, der Index der individuellen Heterozygotizität abnahm, was auf eine Einengung des Spektrums adaptiver Möglichkeiten hindeuten kann, und folglich auf eine Hypersensitivität gegenüber Umweltschadstoffen, so Frau Baleva. Diese Vermutung werde durch ein Absinken der Reparaturaktivitäten der genomischen DNA gestützt.

Ein Vergleich der zytogenetischen Verletzungen zeigte, daß zur Gruppe mit hohem Risiko, Schilddrüseneschwulste zu entwickeln, Personen mit einer inkorporierten Radiojod-Dosis von 50 cGy und darüber gehören; bei ihnen halte eine hohe Aktivität des Mutations-

prozesses in den Körperzellen an.

Die Erforschung der genomischen Instabilität unter Verwandtschaftsgesichtspunkten dient als Beweisgrundlage für die wissenschaftliche Bewertung der Ursache-Wirkungsbeziehung bei der Entstehung von Krankheiten, bei denen der Strahlenfaktor zum Tragen kommt.

Das Immunsystem des Säuglings ist außerordentlich empfindlich gegenüber ionisierender Strahlung. Störungen der T-Lymphozyten-Kette des Immunsystems wurden bei der Mehrheit der Kinder aus Gruppen mit Strahlenrisiko registriert und äußerten sich in der Bildung eines spezifischen Patterns, das für die Bevölkerung radioaktiv verschmutzter Gebiete charakteristisch ist, für Erwachsene ebenso wie für Kinder. Die Störung der B-Zell-Ketten des Immunsystems zeigt sich in einer Depression der B-Lymphozyten-Kette. Ein gemeinsames Merkmal für fast alle Gruppen mit Strahlenrisiko war eine Störung der NK-Zellen, die für den Schutz gegen Geschwülste verantwortlich sind (Zellen mit CD16-Markern): die immunologischen Anzeichen einer Depression des Anti-Tumorschutzes war ein niedriger Spiegel von Zellen mit CD16-Markern im peripheren Blut, erklärte Frau Baleva.

Als weiteres wichtiges allgemeines Anzeichen für Immundefekte, die für Kinder aus allen Risikogruppen charakteristisch sind, ist das Vorhandensein einer anomalen Immunogenese. Sie besteht in einer allgemeinen, gleichgerichteten Tendenz zur Abnahme der Zellen, die mit dem Marker „polypotente Aktivierung“ (Marker CD 38) zur Leukozytenaktivierung beitragen, und der proliferierenden Zellen (mit den Markern CD 71). Das zytologische Phänomen einer niedrigen Proliferationsaktivität der Lymphozyten im peripheren Blut war

charakteristisch für Kinder aller Strahlenrisikogruppen (bei den meisten Kindern lag die absolute Menge der Lymphozyten unter der für ihre Altersgruppe typischen Norm). Wichtigstes Anzeichen der gestörten Immunogenese ist ein erhöhter Ausstoß von Zellen ins periphere Blut, die einen Rezeptor zur Apoptose(Zelltod)-Induktion (CD 95+) tragen, was möglicherweise mit der Umproduktion „nicht vollwertiger“ Zellen und ihrem Ausstoß in die Zirkulation zusammenhängt. Anscheinend kann man dieses Phänomen als „frühe Alterung der Zellen“ ansehen, es ist jedoch nicht auszuschließen, daß ein kompensatorischer Reinigungsmechanismus stattfindet, der zur schnelleren Entfernung von Zellen mit zytogenetischen oder funktionellen Defekten aus dem Kreislauf dient, so Frau Baleva. Die Untersuchungsergebnisse erlauben die Schlußfolgerung, daß der hohe Stand der Vorbereitung zum Zelltod bei strahlenbelasteten Kindern eine Antwort des Organismus auf die Bestrahlung ist, und wahrscheinlich einer der wichtigsten Mechanismen zur Verhinderung der Herausbildung onkogener Effekte in bestrahlten Populationen ist.

Selbst wenn die untersuchten Patienten keine klinisch manifesten Formen von Immundefekten aufweisen, zeigen die gewonnenen Daten, daß bei den meisten Kindern aus Strahlenrisikogruppen, die direkt oder indirekt exponiert waren, Anomalien einer Reihe von Bestandteilen des Immunsystems vorliegen.

Eine Bewertung des Gesundheitszustandes von Kindern und Nachkommen, die der Strahlung ausgesetzt waren, besonders einer ständigen Niedrigdosisstrahlung, erfordert die Berücksichtigung eines ganzen Komplexes von ungünstigen Faktoren, die auf den Säugling einwirken.

Unter den Bedingungen erhöhter Hintergrundstrahlung

kann die Wirkung negativer, nicht mit Radioaktivität zusammenhängender Faktoren die Besonderheiten bei Entstehung und Verlauf pathologischer Zustände verändern oder das Risiko strahleninduzierter Krankheiten erhöhen. Dazu zählt zum Beispiel Jodmangel, der eine sehr starke Vorbedingung für die Entstehung strahleninduzierter Schilddrüsenerkrankungen ist. Zur Risikogruppe, die ein aufmerksames und langfristiges Monitoring erfordert, zählt auch die Kohorte der in utero bestrahlten Kinder. Die Strahlensensitivität des Embryos für eine Induzierung von Spätfolgen ist 10- bis 300mal größer als die des ausgewachsenen Organismus.

Die oben angeführten Daten belegen die Notwendigkeit, die Gesundheit der betroffenen Kinder, aber auch der Nachkommen erster und zweiter Generation von bestrahlten Eltern, zu erhalten und zu verbessern, bei den Kindern das Risiko maligner Neoplasmen, angeborener und genetischer Erkrankungen zu senken, hochtechnologische Verfahren der Diagnostik (zyto- und molekulargenetische

sche, immunologische u. a.) einzusetzen und die dafür nötige Infrastruktur in der Gesundheitsversorgung vorzuhalten und zu entwickeln, fordert Frau Baleva.

Seit der Katastrophe von Tschernobyl sind 25 Jahre vergangen, aber die Probleme sind noch da, ernste Probleme, die auch Entscheidungen auf Regierungsebene erfordern. Denn es geht um die Gesundheit und das Wohlergehen der gegenwärtigen und künftiger Generationen der Bevölkerung, die durch den Unfall von Tschernobyl radioaktiver Strahlung ausgesetzt war, so Frau Baleva.

Larissa C. Baleva: The Role of Genomic and Immune Disorders in the Development of Diseases among Children Exposed to Radionuclides after the Chernobyl NPP Accident / Die Rolle von Verletzungen des Genoms und des Immunsystems bei der Entstehung von Krankheiten bei Kindern, die der Wirkung von Radionukliden infolge des Unfalls von Tschernobyl ausgesetzt waren. In: Gesellschaft für Strahlenschutz: Internationaler Kongreß 25 Jahre Folgen der Tschernobyl-Katastrophe, Berlin 6.-8. April 2011, Abstractband. ●

## Uranbergbau

# Fehlerhafte Daten bei der Anerkennung von Berufskrankheiten des Uranbergbaus in Deutschland

Der Uranbergbau ist mit Lungenerkrankungen der Bergleute verbunden, die sehr oft tödlich verlaufen. Ursache für die Erkrankungen sind kurzlebige Zerfallsprodukte des radioaktiven Edelgases Radon, radioaktiver und silikonhaltiger Staub und äußere Gammastrahlung. Lungenkrebs und Silikose werden in Deutschland als Berufskrankheiten anerkannt, extrapulmonale Krebse, Leukämien und Lungenfi-

brosen sind jedoch ebenfalls zu beachten.

Dr. Gerd Georg Eigenwillig, Strahlenexperte der Gewerkschaften, hat jetzt seine kritische Bewertung des Uranbergbaus im Erzgebirge, die dadurch bedingten Strahlenexpositionen, die Erkrankungen der Bergleute und die Anerkennungspraxis der Berufsgenossenschaft in zweiter, erweiterter und überarbeiteter