

Tschernobyl wütet im Erbgut

Zwölf Jahre nach Tschernobyl weiss man: Niedrige Strahlendosen wirken auf das Erbgut weit verheerender, als die offiziellen Behörden glauben machen.

Prof. Dr. med. Michel Fernex

Seit Anfang der achtziger Jahre werden in Weissrussland zehn verschiedene Missbildungen bei Neugeborenen systematisch und obligatorisch auf nationaler Ebene registriert. Prof. Lazjuk publizierte 1994 und 1995^{1,2} Daten, die eine statistisch signifikante Zunahme der Missbildungsrate bei Neugeborenen der Nach-Tschernobyl-Generation belegt. Lazjuk untersuchte ein Gebiet, das durch den GAU mit Cäsium-137 verseucht wurde, und verglich die Daten von 1988 bis 1992 mit Daten vor dem GAU (1982 bis 1987). Die Zunahme der Missbildungsrate hing proportional mit der Cäsium-137-Kontamination des Bodens zusammen: Anstieg der Missbildungen um 39% bei einer Verseuchung von weniger als 1 Curie pro Quadratkilometer (Ci/km²), ein Anstieg um 44% bei 1-15 Ci/km² und eine Zunahme um 79% in Gebieten mit mehr als 15 Ci/km².

Kaum eine weissrussische Region blieb vom Tschernobyl-Fallout verschont, ferner spielt die inkorporierte chronische Radionuklidbelastung der EinwohnerInnen eine immer bedeutsamere Rolle: Wasser sowie viele Nahrungsmittel, die dort konsumiert werden, sind mit Strontium-90, Cäsium-137 und zahlreichen anderen Radionukliden verseucht.

Die Missbildungen, die statistisch signifikant häufiger auftreten, sind Anencephalie, Spina bifida, Polydactylie, Gliedermisbildung bzw. fehlende Glieder sowie multiple Missbildungen. Es handelt sich vorwiegend um teratologische Strahlungsschäden, während Polydactylie häufiger auf eine dominante Mutation zurückzuführen ist. Auch multiple Missbildungen beruhen zum Teil auf solchen Mutationen.

In der ersten Generation kommen die dominanten Mutationen zum Ausdruck, wobei die meisten im frühen Embryonalstadium letal verlaufen und somit nicht erfasst werden. Die viel häufigeren rezessiven Mutationen wirken sich vorwiegend in den folgenden Generationen aus, weshalb sie nach dem GAU noch nicht beim Menschen, sondern erst bei Säugetieren, Vögeln, Fischen und Insekten festgestellt werden können, da diese eine viel kürzere Generationenabfolge aufweisen.

Sinkende Geburtsraten

In einer Fischzucht 200 Kilometer von Tschernobyl entfernt entstehen nur noch aus 30% der befruchteten Karpfeneier lebensfähige Larven – der grosse Rest stirbt ab.³ Beim Menschen können letale Mutationen nur indirekt vermutet werden, zum Beispiel indem man den Rückgang der Natalität (Geburtsrate) mit einer Abnahme der Fertilität (Fruchtbarkeit) in Verbindung setzt. Generell ist in Weissrussland die Geburtsrate gesunken. In Gebieten mit einer Verseuchung von weniger als 1 Curie Cäsium-137/km² liegt das Defizit bei -10%, was sich durch die ungünstigen sozioökonomischen Verhältnisse im Lande erklären lässt. Mit einer höheren Belastung der Umwelt durch Cäsium sind die Geburtsraten ca. um -20% gesunken und in Gebieten mit mehr als 15 Ci/km² um ca. minus ein Drittel – immer verglichen mit der Zeit vor Tschernobyl.

Die Missbildungsraten sind nach 1994 im ganzen Land weiter angestiegen. Bei Neugeborenen in hochkontaminierten Gebieten ist fast eine Verdoppelung der Missbildungsrate aufgetreten.

Offensichtliche Fehlinformation

Professor Lazjuk schreibt: «Eines der ungelösten Probleme infolge der Tschernobyl-Katastrophe in Belarus ist der Anstieg der Geburtenrate von Kindern mit angeborenen Entwicklungsfehlern, die die zahlenmässig stärkste Gruppe bei menschlichen Erbkrankheiten darstellt. Dieses Problem beunruhigt die Bevölkerung der Republik zutiefst und hat schwerwiegende Gründe. Die aus dem Reaktor ausgetretenen Radionuklide (Cs-137 und Sr-90)

tragen zur Schädigung der Erbanlagen bei (mutagener Effekt) und stören die normale Organbildung (teratogener Effekt).»⁴

Internationale Behörden nehmen dieses Probleme nicht zur Kenntnis. Am internationalen Tschernobyl-Kongress der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) 1996 in Wien kamen Genetiker aus Belarus wie Professor Lazjuk nicht zu Wort. Die offizielle Sprecherin sagte, es sei nichts bekannt über eine mögliche Zunahme von Missbildungen. Lächelnd erwähnte sie «anekdotische» Geschichten von Schweinen mit zwei Köpfen. Sie behauptete, es existiere kein Register, das beweisen würde, dass die Missbildungsraten nach Tschernobyl angestiegen sei. In der Thalidomidaffäre («Contergan», vgl. vorangehender Beitrag «Wer schützt uns vor der IAEO?») wurde dasselbe Argument erfolgreich benutzt.⁵ Doch damals stimmte die Aussage, es gab kein Register. Im Zusammenhang mit Tschernobyl verfängt dieses Argument aber nicht mehr, weil eben Weissrussland über ein ausgezeichnetes Register verfügt. Diese offensichtliche Fehlinformation im Hauptreferat wurde an der IAEO-Konferenz nicht diskutiert, da Vorträge über Krebs folgten und die anschließende Diskussion der Dosimetrie gewidmet werden musste.

Seit Tschernobyl werden bei der Zellteilung im Kern grobe Anomalien sowie Chromosomenanomalien in Blutzellen festgestellt.⁶ Diese Veränderungen treten vor allem bei Menschen auf, die in den radioaktiv kontaminierten Gegenden arbeiteten. Aufgrund dieser Anomalien im Zellkern kann man retrospektiv abschätzen, welcher Strahlendosis ein Mensch ausgesetzt war.⁷

Mutationen beim Kind beruhen meistens auf diskreten Anomalien im Bereich der DNA. Diese führen, wenn sie im Bereich kodierender Abschnitte der DNA stattfinden, zur Substitution von Aminosäuren in Eiweissmolekülen, bzw. Enzymen, und werden von Generation zu Generation übertragen. Dubrova und Mitarbeiter⁸ haben das Blut von 79 Familien, die 250 Kilometer von Tschernobyl entfernt in kontaminiertem Gebiet lebten, untersucht; sie nahmen dafür von Mutter, Vater und Kind Blutproben. Es wurden dann die Minisatellit-DNA-Abschnitte der Eltern mit denjenigen der Kinder verglichen.

Die Frequenz der Mutationen in der Kontrollgruppe – die auf nicht-verseuchtem Gebiet lebte – entsprach den bisherigen Befunden anderswo in der Welt, während in den 79 untersuchten Familien die Mutationsrate doppelt so hoch war als in den Kontrollfamilien. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant.

In der Zeitschrift «Nature» kommentiert Hillis⁹ von der Universität Texas diese Arbeit sowie jene von Baker und Mitarbeitern¹⁰ in einem Editorial, das mit folgender Aussage endet: «We now know that the mutational effects of nuclear accidents can be much greater than suspected, and that evolutionary rates in at least parts of eukariotic genomes can be raised well beyond levels previously considered possible.»

Mutationsraten wie bei Viren

Goncharova und Ryabokon¹¹ haben zwischen 1986 und 1991 Feldmäuse in besiedelten, aber radioaktiv verseuchten Gebieten Weissrusslands untersucht. In dieser Beobachtungsperiode sind 12 bis 18 Generationen von Feldmäusen zur Welt gekommen, während die Radioaktivität progressiv abnahm. Die Forscherinnen stellten chromosomale Anomalien und Polyploidie in den Knochenmarkzellen der Nager fest. Obwohl die Gesamtbestrahlung progressiv abnahm, haben die Chromosomenanomalien sowie die Polyploidie der Knochenmarkzellen jährlich zugenommen, was gegen eine Anpassung an die ionisierenden Strahlen spricht.

In zwei Feldmäusespezies, die in der Nähe von Tschernobyl leben, studierten Baker und Mitarbeiter¹² die Sequenz der DNA-Basen eines Genes, das die Synthese von Cytochrom b codiert. Dieses Gen wird allein vom Muttertier auf den Embryo übertragen. Im Vergleich mit nichtbestrahlten Tieren, haben Baker und Mitarbeiter bei den Föten eine ca. hundertfache Zunahme von ererbten Substitutionen im entsprechenden Gen gefunden. So hohe Mutationsraten waren in der Zoologie bislang nicht bekannt; diese rasanten, ständigen Mutationen könnte man höchstens bei gewissen Viren antreffen.

Schwächung der Vitalität

Einen eigentlichen Populationssturz hat ein schwedisches Team bei Rauchschwalben (*Hirundo rustica*) beobachtet, die in der Gegend um den geborstenen Reaktor leben. Die Schweden studierten bei strahlenexponierten Schwalben (wie Dubrova und Mitarbeiter bei Kindern in Mogilev), die Sequenz der Basen in der DNA der Minisatelliten. Gleichzeitig untersuchte man Schwalben in nicht-kontaminierten Gebieten in der Ukraine und in Italien. Die Autoren fanden dabei eine hoch signifikante Erhöhung der Mutationsrate im Vergleich zu den nicht bestrahlten Schwalben. Ellegren und Mitarbeiter (1997) studierten ferner die Überlebenschance der

Schwalben mit Teilalbinismus – eine rezessive Anomalie der Pigmentierung, die in der Umgebung von Tschernobyl häufig auftrat. Diese Schwalben, die an Kopf, Rücken und Hals einige weisse Federn aufwiesen, waren unfähig, bis zur nächsten Brutzeit zu überleben und konnten somit keinen Nachwuchs produzieren. Der Rauchschatwaben-Bestand sinkt in der Umgebung von Tschernobyl signifikant.¹³

Ähnliches fand man bei Karpfen in Weissrussland. Die industrielle Karpfenzucht spielt dort eine wichtige ökonomische Rolle; die Zucht wird von VeterinärmedizinerInnen und BiologInnen systematisch überwacht. Bei Karpfen, deren Weibchen bis zu einer Million Eier legen, wird zwar die Population zahlenmässig nicht sichtbar schrumpfen, auch wenn 70% der Eier letale Anomalien aufweisen – wie es in der Zucht, die Goncharova und Slukvin¹⁴ untersuchten, der Fall war. Diese Zucht liegt in einem mässig kontaminierten Gebiet Weissrusslands (1-5 Curie Cäsium-137/km²). Die Wasserverhältnisse in der Zucht sind optimal und der Boden wie der Schlamm im Weiher weisen nur sehr geringe Schwermetall- und Pestizidkonzentrationen auf.

Goncharova und Slukvin untersuchten Chromosomenanomalien während der Entwicklung der Eier und bei den Jungkarpfen; bei den jungen Fischen verfolgten sie zusätzlich noch die Missbildungen. Insgesamt wurden 28 Typen von Missbildungen notiert, hinzu kamen 15 Mehrfachmissbildungen. Diese Anomalien wurden im Sommer bei den Jungfischen und nochmals im Herbst notiert. Dabei stellten sie fest: Der Prozentsatz der Missbildungen nimmt signifikant zu, wenn die Radioaktivität im Schlamm grösser ist. Schwache Gamma-Strahlung aus dem Schlamm hat einen negativen Einfluss auf die morphologische Entwicklung der Larven und der jungen Fische. Die AutorInnen haben erst 400 Kilometer von Tschernobyl entfernt eine Zucht gefunden, wo die Mutationsrate noch gleich tief war wie vor der Katastrophe.

Missbildungen bei Insekten

Dass niedrige Strahlendosen Schäden verursachen, lässt sich jedoch nicht nur in den verseuchten Gebieten von Tschernobyl feststellen: Cornelia Hesse¹⁵ zeigt, dass bei verschiedenen Insektenarten – vor allem Blattwanzen –, die in der Umgebung von Nuklearanlagen leben, vermehrt feine Hautmissbildungen sowie grobe Flügel- oder Körpermissbildungen auftreten. Eine Studie mit randomisierter Sammlung der Insekten (man legt ein imaginäres Netz mit Quadraten von 1 km mal 1 km über das Untersuchungsgebiet, in den jeweiligen Eckpunkten sammelt man die Insekten ein) ergab, dass die höchste Missbildungsrate (18%) in der Nähe unserer normal funktionierenden AKW auftrat.

Viele Arbeitsgruppen interessieren sich zunehmend für die übertragbare Schwächung des Genoms durch extrem kleine Strahlendosen. Morgan und Mitarbeiter¹⁶ haben 1996 das Problem der Genominstabilität zusammengefasst: Sie vermuten anhand von schwachbestrahlten Zellen den Zusammenhang von Krebsentwicklung mit diesen zeitlich verschobenen Mutationen, DNA-Schäden, Genverlusten und Chromosomenaberrationen. Bei Zellteilungen werden zuerst keine DNA-Schäden festgestellt, doch die Instabilität des Genoms führt nach mehreren Zellteilungen zu Chromosomen- oder DNA-Schäden. Es könnte sich um eine Schwächung der Reparaturenzyme handeln, doch auch andere Mechanismen werden für diese Instabilitäten verantwortlich gemacht. Diese Befunde müssten MedizinerInnen veranlassen, mit den Risiken sehr niedriger Strahlendosen wesentlich vorsichtiger umzugehen.¹⁷

1 G.I. Lazjuk et al. in the Chernobyl papers, Vol. I, Doses to the Soviet population and early health effects studies, Ed. Mervin, S.E. & Balanov, M.I., p 385-397. Research Entreprises, Cichland, W.A. 1993, zitiert von Ellegren H. et al 1997/Personal Communication 1996

2 G.I. Lazjuk, I.A. Kirilova, D.L. Nikolaev, I.V. Novikova, Z.N. Fomina & R.D. Khmel: Radiation Protection Dosimetry Vol 62. No 1/2, pp 71-74 1995

3 A.M. Slukvin: Thesis im Druck. Institut für Genetik und Cytologie, Belarus Akademie der Wissenschaft, Minsk, 1997/Goncharova und Slukvin, pers. communication 1997

4 G.I. Lazjuk, D.L. Nikolajev & U.W. Nowikowa: Dynamik der angeborenen und vererbten Pathologien in Folge der Katastrophe von Tschernobyl, in: International Congress „The World after Chernobyl“, p. 123-131, Minsk 1996

5 vgl. Fussnote 8

6 vgl. Fussnote 12 und 14

- 7 J. Weber, W. Scheid, H. Traut: Biologische Dosimetrie zum Nachweis erhöhter Umweltstrahlenbelastung – Besonderheiten der Alpha-Strahlung. Gesundheitliche Risiken und Folgen des Uranbergbaues in Thüringen und Sachsen. E. Lengfelder, S. Pflugbeil, W. Köhlein (Hrsg.): Gesellschaft für Strahlenschutz e.V., 2. Jahrestagung, ISBN 3-8208-1259-8
- 7a. G. Mindek, C. Michel: Biological Dosimetry Investigations on 25 Persons from Luginy (formerly USSR). PSI Newsletter, Annual Report 1991, Annex II (1991) pp. 93-94.
- 8 Y.E. Dubrova, V.N. Nesterov, N.G. Krouchinsky, V.A. Ostapenko, R. Neumann, D.L. Neil & A.J. Jeffreys: Human minisatellite mutation rate after the Chernobyl accident, NATURE : Vol 380, p. 683-686, 25 April 1996
- 9 D.M. Hillis: Life in the hot zone around Chernobyl. NATURE Vol. 380 , p. 665-666, 25 April 1996
- 10 R.J. Baker, R.A. Van den Bussche, A.J. Wright, L.E. Wiggins, M.J. Hamilton, E.P. Reat, M.H. Smith, M.D. Lomakin & R.K. Chesser: High levels of genetic change in Rodents of Chernobyl. Nature, Vpl 380, p. 707-708, 25. April 1996
- 11 R.I. Goncharova & N.I. Ryabakon: The levels of cytogenetic injuries in consecutive generations of bank voles inhabiting radiocontaminated areas. Proceedings of the Belarus-Japan Symposium in Minsk. Acute and late Consequences of Nuclear catastrophes: Hiroshima-Nagasaki and Chernobyl, p 312-321, Oct 3-5, 1994
- 12 vgl. FN 19
- 13 H. Ellegren, G. Lindgren, C.R. Primmer & Møller: Fitness loss and germline mutations in barn swallows breeding in Chernobyl. NATURE, Vol 389 ; p 593-596, 9 October 1997
- 14 R.I. Goncharova & A.M. Slukvin: Study on Mutation and modification variability in young fishes of *Cyprinus carpio* from regions contaminated by the Chernobyl radioactive fallout. 27-28 October 1994, Russia-Norwegian Statellite Symposium on Nuclear Accidents, Radioecology and Health, Abstract Part 1, Moscow, 1994; siehe auch Fussnote 13
- 15 Cornelia Hesse: Pers. Communication; ihr neues Buch erscheint 1998
- 16 W.F. Morgan, J.P. Day, M.I. Kaplan, E.M. McGhee & C.L. Limoli: Genomic instability induced by ionizing radiation. Radiation Research Vol 146, p. 245-258, 1996
- 17 dito