
NuklearMedizin

4 Med. 92 299

*30
1991*

Nucl.-Med. Vol. 30 1991

INHALTSVERZEICHNIS –
CONTENTS

SACHREGISTER –
SUBJECT INDEX

STICHWORTVERZEICHNIS –
ABSTRACTS

AUTORENREGISTER –
INDEX OF AUTHORS

Inhalt – Contents

Managing Editors: U. Büll, G. Hör, H. Schicha, O. Schober, C. Schümichen, H. Vetter

Übersichtsartikel – Review Articles

- Ch. Gürtner, G. Hör: Neuroadrenerge Funktionsszintigraphie des Herzens (»Neurotransmitter Mapping«) – derzeitiger Stand
Neuroadrenergic Functional Scintigraphy of the Heart (Neurotransmitter Mapping) – Present Status 111

Jahrestagung 1991 der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin

Abstracts 15

Vorwort

- F. Wolf: Strahlenschutzsymposium 197

Originalarbeiten – Original Articles

- A. Hartmann, H. Klepzig, R. Standke, H. G. Olbrich, G. Cieslinski, G. Kober, T. Baew-Christow, F. D. Maul, G. Hör, P. Satter, M. Kaltenbach: Multiparameteranalyse mittels Radionuklid-ventrikulographie in der Beurteilung der linksventrikulären Funktion nach Herztransplantation

- Multiparameter Analysis and Radionuclide Ventriculography in the Evaluation of Left Ventricular Function Following Cardiac Transplantation 1

- M.-L. Sautter-Bihl, H. Bihl, H. G. Heinze: Stellenwert der ^{99m}Tc -MDP-Skelettszintigraphie beim Neuroblastom – Ist eine Neubewertung nötig?

- The Value of ^{99m}Tc -MDP Bone Scintigraphy in Patients with Neuroblastoma 7

- F. Pigorini, C. L. Maini, F. M. Pau, S. Galgani, V. Volpini, C. Leonetti, P. Narsico, M. A. Rosci: Cerebral Blood Flow in AIDS-Related Neurotoxoplasmosis: A Preliminary ^{99m}Tc -HMPAO SPECT Study

- Zerebraler Blutfluß bei Patienten mit AIDS und Neurotoxoplasmosis: vorläufige Ergebnisse einer ^{99m}Tc -HMPAO-Studie 13

- A. Saptogino, W. Becker, F. Wolf: Biokinetik und Estimation of Dose from ^{99m}Tc -Labelled Polyclonal Human Immunoglobulin (HIG)

- Biokinetik und Dosisabschätzung von ^{99m}Tc -markiertem polyklonalem Humanimmunoglobulin (HIG) 18

- L. Geworski, K. Jordan: Spatial Resolution in SPECT: Influence of Measurement Set-Up and Reconstruction Parameters

- Räumliche Auflösung bei SPECT: Einfluß von Meßanordnung und Rekonstruktionsparametern 24

- R. Kodym, R. Seyss: Ein objektanalytisches Verfahren zur Bestimmung der Fläche des nuklidspeichernden Schilddrüsenparenchyms im Szintigramm

- An Objectanalytical Technique of Determining the Area of Functioning Thyroid Tissue 31

- M. T. Ercran, H. S. Durak, M. Kitapçı, B. E. Caner, R. Senekowitsch: Evaluation of ^{99m}Tc -Labelled Vitamin K_4 as an Agent for Testicular Imaging

- ^{99m}Tc -markiertes Vitamin K_4 als Mittel zur Hodendarstellung 35

- P. Reuland, B. Kurtz, W. Müller-Schauenburg, U. Feine: Vergleichende Diagnostik fokaler Leberveränderungen mittels Computer-Tomographie und szintigraphischer Methoden

- Comparison of Computer Tomography and Scintigraphic Methods in the Diagnosis of Focal Liver Disease 43

- H. Klepzig, R. Standke, F.-D. Maul, M. Kaltenbach, G. Hör: Verbesserte linksventrikuläre Ruhefunktion und -perfusion nach transluminaler koronarer Angioplastik

- Improved Left Ventricular Function and Perfusion at Rest after Successful Transluminal Coronary Angioplasty 55

- E. Kleinhaus, C. Althoefer, C. Arnold, U. Buell, J. vom Dahl, R. Uebis: MRI Measurements of Left Ventricular Systolic Wall Thickening Compared to Regional Myocardial Perfusion as Determined by ^{201}Tl SPECT in Patients with Coronary Artery Disease

- Kernspintomographische Messung der linksventrikulären systolischen Wanddickenzunahme im Vergleich zur regionalen Myokard-Perfusion mit ^{201}Tl -SPECT bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit 61

- B. Müller, R. Bares, U. Büll: Untersuchungen zur effektiven Halbwertszeit des ^{131}I bei der Radiojodbehandlung der Schilddrüsenautonomie

- Effective Half-Life of ^{131}I during Treatment of Autonomous Thyroid Disease 71

- D. Moka, P. Theissen, A. Linden, W. Waters, H. Schicha: Einfluß von Hyper- und Hypothyreose auf den Energiestoffwechsel der Skelettmuskulatur – Eine Untersuchung mit ^{31}P -Kernspinspektroskopie

- Effects of Hypo- and Hyperthyroidism on Skeletal Muscle Metabolism – A ^{31}P Magnetic Resonance Spectroscopy Study 77

- K. Scheidhauer, S. Müller, K. Smolarz, P. Bräutigam, B. Briele: Tumor-Szintigraphie mit ^{133}J -markiertem Östradiol beim Mammakarzinom – Rezeptorszintigraphie

- Tumor Scintigraphy Using ^{123}I -Labelled Estradiol in Breast Cancer – Receptor Scintigraphy 84

- H. Durak, C. F. Bekdik, N. Ulutuncel: The Utility of Fractional Wash-Out Slope Values following Intravenous ^{133}Xe

- Verwendbarkeit der prozentualen Wash-out-Rate nach intravenöser Gabe von ^{133}Xe 100

- B. Briele, A. Hotze, J. Kropp, A. Bockisch, B. Overbeck, F. Grünwald, W. Kaiser, H. J. Biersack: Vergleich von ^{201}Tl und ^{99m}Tc -MIBI in der Nachsorge des differenzierten Schilddrüsenkarzinoms

- Comparison of ^{201}Tl and ^{99m}Tc -MIBI in the Follow-Up of Differentiated Thyroid Carcinomas 115

- R. Zimmermann, H. Tillmanns, B. Buebeck, F.-J. Neumann, A. Ernst, H. Bihl, A. Hanser, W. Kübler: Non-Invasive Detection of Reduced Regional Myocardial Perfusion at Rest in Patients with Unstable Angina Pectoris: Increased Regional ^{81m}Kr -Deposition following Intravenous Injection of ^{81}Rb

- Nichtinvasive Erkennung einer verminderten regionalen Myokarddurchblutung in Ruhe bei Patienten mit instabiler Angi-

- na pectoris: Erhöhte regionale ^{81m}Kr -Speicherung nach intravenöser Injektion von ^{81}Rb 125
- B. E. Caner, M. T. Ercan, C. F. Bekdik, E. Varoğlu, S. Müezzinoğlu, Y. Duman, G. F. Erben: Visualization of Bone Pathologies and Lung Cancer with ^{99m}Tc -Glucose Phosphate: A Comparative Study
- Darstellung von Knochenläsionen und Lungenkrebs mit ^{99m}Tc -Glukosephosphat: ein Vergleich 132
- K. Buchali, H. Flade, B. Johannsen, V. Pink, U. Herold, R. Harhammer, R. Horowski: Vorklinische Untersuchung zur Organverteilung und Strahlenbelastung von Radiojod-Jodisurid
- Preclinical Study of Organ Distribution and Radiation Dose of Radioiodinated Iodolysuride 137
- D. Junker: Nuklearmedizin – Personalbelastung und Aktivitätsabgaben
- Nuclear Medicine: Personnel Exposure to Radiation and Release of Activity to the Environment 141
- J. Spitz, I. Lauer, K. Tittel: Untersuchungen zur Altersabhängigkeit der traumatisch induzierten ossären Umbaureaktion im Skelettszintigramm
- Bone Scintigraphy in the Study of the Age Dependence of Fracture-Induced Bone Remodeling 155
- W. Reiche, C. Weiller, R. Weigmann, H.-J. Kaiser, U. Büll, R. Schneider, E. B. Ringelstein: Vergleich von MRT- und SPECT-Befunden bei Patienten mit zerebraler Mikroangiopathie
- Comparison of MRT and SPECT Findings in Patients with Cerebral Microangiopathy 161
- B. Beck, O. von Kügelgen, C. Jung, H. G. Heinze, K. Müller-Jensen: Der ^{32}P -Test zur Diagnose intraokulärer Melanome – eine obsoleete Untersuchungsmethode?
- The ^{32}P -Uptake Test in the Diagnosis of Chorioideal Melanoma – Is the Method Obsolete? 170
- M. Cordes, W. Hepp, R. Langer, J. Pannhorst, J. Hierholzer, R. Felix: Vascular Graft Infection: Detection by ^{123}I -Labeled Antigranulocyte Antibody (Anti-NCA95) Scintigraphy
- Gefäßprotheseninfekt: Szintigraphischer Hinweis mittels ^{123}I -markiertem Antigranulozyten-Antikörper 173
- H. Durak, M. Ataman, H. Turul, B. Gürsel, N. Hosal, C. F. Bekdik: Quantitative ^{99m}Tc -DTPA Scintigraphy for Determination of Maxillary Sinus Drainage following Caldwell-Luc Surgery
- Quantitative ^{99m}Tc -DTPA Szintigraphie zur Bestimmung der Drainage des Sinus maxillaris nach einer Caldwell-Luc-Operation 178
- A. Aydinler, T. Aras, A. Oto, E. Oram, O. Gedik, C. F. Bekdik, A. Oram, S. Uğurlu, A. Karamahmetoğlu: Left Ventricular Dysfunction and Blood Glycohemoglobin Levels in Young Diabetics
- Linksventrikuläre Dysfunktion und Glykohämoglobinspiegel des Blutes bei jungen Diabetikern 183
- R. Veerapandian, V. M. Sivaramakrishnan: An Evaluation of the Tumour Affinity of the Radioactive Cobalt Chelate of Tallysomyin S_{106} in Lymphoma-Bearing Mice
- Bewertung der Tumoraaffinität des radioaktiven Kobalt-Chelates von Tallysomyin S_{106} am Lymphom der Maus 189
- C. Streffer: Stochastische und nichtstochastische Strahlenwirkungen
- Stochastic and Non-Stochastic Radiation Effects 198
- K. Martignoni: Extrapolationsmodelle – absolutes und relatives Risiko
- Extrapolation Models: Absolute and Relative Risk 206
- W. Jacobi: Die neuen Empfehlungen der Internationalen Kommission für Strahlenschutz (ICRP)
- The New Recommendations of the ICRP 212
- E. Oberhausen: Natürliche Strahlenexposition einschließlich Radon
- Natural Radiation Exposure Including Radon 220
- W. Weiss: Der Reaktorunfall von Tschernobyl
- The Reactor Accident at Chernobyl 226
- A. M. Kellerer: Auswirkungen, Maßnahmen sowie erkennbare und vermutete Effekte in der UdSSR nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl
- Consequences, Countermeasures and Observed or Suspected Effects in the USSR after the Reactor Accident at Chernobyl 233
- K. Niklas: Strahlenschutz bei kerntechnischen Notfällen einschließlich Schilddrüsenblockade mit Jod
- Radiation Protection in Nuclear Emergencies, Including Thyroid Blockage with Iodine 241
- A. Kaul: Das deutsche Strahlenschutzvorsorgegesetz – Eingreifrichtwerte
- The Precautionary Radiological Protection Act 247
- A. Bayer, K. Springer: Überwachungs- und Warnsystem zur Umgebungs- und Umweltradioaktivität
- Surveillance and Alarm Systems for Environmental Radioactivity 252
- H. Schicha: Nutzen/Risiko-Betrachtung bei nuklearmedizinischen In-vivo-Untersuchungen
- Risk/Benefit Considerations in Nuclear Medical In Vivo Studies 259
- P. Theissen, J. Rütt, A. Linden, K. Smolarz, E. Voth, H. Schicha: Frühdiagnostik des Morbus Perthes: Wertigkeit von Skelettszintigraphie und Kernspintomographie im Vergleich zu Röntgenbefunden
- Early Diagnosis of Legg-Calvé-Disease: Value of Bone Scintigraphy and Magnetic Resonance Imaging in Comparison to Radiography 265
- A. Linden, R. Weiß, K. Smolarz, M. Jungehülsing, P. Theissen, H. Schicha: Knochenmarkveränderungen bei Patienten mit Schilddrüsenkarzinom
- Bone Marrow Changes in Patients with Thyroid Carcinoma 272
- A. Linden, K. Reusch, K. Smolarz, M. Jungehülsing, P. Theissen, A. Bolte, H. Schicha: Untersuchung retrosternaler Lymphknotenmetastasen beim Mammakarzinom: Lymphszintigraphie und Kernspintomographie
- Evaluation of Retrosternal Lymph Node Metastases in Breast Cancer: Lymphoscintigraphy and Magnetic Resonance Imaging 279
- U. Pilz, L. Engelmann, T. Hofmann, J. Pätzold: Bestimmung der linksventrikulären Strömungsgeschwindigkeiten mit der Einzelsonden-Radiokardiographie in der Phase der Gleichzeitigkeit
- Determination of Left Ventricular Flow Rates by Single-Probe Radiocardiography during Steady-State Distribution 283
- S. Marković, M. Odavić, A. Matunović, B. Raičević, S. Prvulov, S. Kamenica,

- R. Spaić, M. Rostovac, B. Ajdinović: Evaluation of Diagnostic Reliability of Radionuclide Phlebography Using ^{99m}Tc -MAA to Detect Deep Venous Thrombosis; Its Role in Establishing Indications for Inferior Vena Cava Filter Implantation
Bewertung der Verlässlichkeit der Radionuklid-Phlebographie mit ^{99m}Tc -MAA in der Diagnostik tiefer Venenthrombosen; ihre Rolle bei der Feststellung der Indikation für eine Filterimplantation in der Vena cava inferior 287
- L. J. Anghileri, P. Maleki, A. Cordova Martinez, M. C. Crone-Escanye, J. Robert: The Role of the Interaction between Fe(III) and Cell Surface in the Accumulation of ^{67}Ga by Tumor Cells
Die Rolle der Wechselwirkung zwischen Fe(III) und Zelloberfläche bei der Aufnahme von ^{67}Ga durch Tumorzellen 290
- S. F. Akber: N-Isopropyl- ^{123}I -p-Iodoamphetamine Uptake Mechanism in the Lung – Is it Dependent on pH, Lipophilicity or pK_a ?
Der Mechanismus der Aufnahme und Bindung des n-Isopropyl- ^{123}I -p-Jodamphetamin in der Lunge – Ist er vom pH, von der Lipophilie oder vom pK_a -Wert abhängig? 294
- Berichte – Reports**
- G. Riccabona, H. Hundeshagen: Nuklearmedizin in der Osteologie – 7. nuklearmedizinisches Arbeitsgespräch Innsbruck – Hannover 1991
Nuclear Medicine in Osteology – 7th Nuclear Medicine Workshop Innsbruck – Hannover 1991 297
- Fallberichte – Case Reports**
- H. Schröder, M. Friedrich: Hepatischer Hydrothorax ohne Aszites
- Hepatic Hydrothorax without Ascites 104
- H.-J. Bair, W. Becker, H.-J. Volkholz, F. Wolf: ^{99m}Tc -Labelled Anti NCA-95 Antibodies in Prosthetic Heart Valve Endocarditis
 ^{99m}Tc -markierte Anti-NCA-95 Antikörper beim prothetischen Herzklappenersatz 149
- Mitteilungen der DGN**
- 2/91: 115/I, 4/91: 51/III, 5/91: 49/IV
- Buchbesprechungen – Book Reviews**
- 107, 151, 193
- Erratum**
- 110
- Kleine Mitteilungen – Announcements**
- 40, 67, 109, 152, 195, 263, 303

A. M. Kellerer

Aus dem Strahlenbiologischen Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München und dem Institut für Strahlenbiologie der GSF, Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg bei München, FRG

Auswirkungen, Maßnahmen sowie erkennbare und vermutete Effekte in der UdSSR nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl

Consequences, Countermeasures and Observed or Suspected Effects in the USSR after the Reactor Accident at Chernobyl

The reactor accident at Chernobyl led to substantial radioactive contamination, which was initially dominated by ^{131}I and later by ^{137}Cs . ^{90}Sr was substantially less important. More than 200 000 people were evacuated. There are still 270 000 inhabitants of areas with Cs contaminations of more than $5 \times 10^5 \text{ Bq/m}^2$. At least some of these will still have to be evacuated for radiological reasons. In large regions of smaller contamination normal life with few restrictions would be possible, if it were not for the poor information policy of the authorities which has caused a degree of suspicion, fear and insecurity that makes it now almost impossible to reach an objective perception of the exposures and the associated risks. The deficient health statistics have, up to now, not permitted any conclusions regarding increases of childhood leukemias which are expected in the regions with the highest contamination. For other cancers one expects lower relative increases but it is unlikely that they would be detected even in thorough statistical studies. Thyroid cancers are a possible exception. In contrast, significant increases of illnesses such as anemia or diabetes which are not normally associated with radiation, have been noted. They are due to the grave constraints in living conditions, to the fears and to the increased attention to illnesses which were formally not registered in any health statistics. They are now seen by the population and also by most physicians as radiation-induced. Apart from improvement in medical care which are necessary everywhere in the USSR, there is a need for Geiger counters and for simple instruments to determine Cs in food. It will, furthermore, be necessary to offer the population in the affected regions a continuing service of whole-body measurements.

Zusammenfassung

Der Reaktorunfall von Tschernobyl führte zu großflächigen radioaktiven Kontaminationen, die anfänglich durch ^{131}I , später durch ^{137}Cs dominiert wurden; ^{90}Sr spielt nur eine sekundäre Rolle. Mehr als 200 000 Menschen wurden evakuiert. In den enge-

ren Kontrollgebieten mit einer Cs-Kontamination $> 5 \times 10^5 \text{ Bq/m}^2$ leben noch etwa 270 000 Menschen. Zumindest ein Teil dieser Menschen wird aus radiologischen Gründen noch zu evakuieren sein. In weiten Gebieten geringerer Kontamination wäre normales Leben mit nur geringen Einschränkungen möglich, wenn nicht die behördliche Informationssperre in den Jahren nach dem Unfall zu einem

solchen Grad von Mißtrauen, Unsicherheit und Verängstigung unter der Bevölkerung geführt hätte, daß ein objektives Bild der Strahlenexposition und der damit verbundenen Risiken nicht mehr zu vermitteln ist. Die mangelhaften Gesundheitsstatistiken haben es bisher nicht erlaubt, die an sich zu erwartende Erhöhung kindlicher Leukämien in den am höchsten belasteten Regionen nachzuweisen. Für

andere Tumorerkrankungen sind die zu erwartenden relativen Erhöhungen der Inzidenzen weit geringer; sie dürften daher selbst durch aufwendige statistische Analysen nur schwer oder überhaupt nicht nachweisbar sein. Schilddrüsenkarzinome könnten allerdings eine Ausnahme bilden. Im Gegensatz zu den Tumorerkrankungen kam es gerade bei den nicht mit Strahlenexpositionen assoziierten allgemeinen Erkrankungen wie Anämie, Diabetes usw. zu deutlichen Erhöhungen. Diese Erhöhungen sind durch die gravierenden Einschränkungen der Lebensbedingungen, durch die entstandenen Ängste und die Krankheits-erwartungen verständlich, sie werden jedoch von der Bevölkerung und auch von einem Großteil der Ärzte den Strahlenexpositionen zugeschrieben. Neben der in der Sowjetunion ganz allgemein notwendigen Verbesserung der medizinischen Versorgung ist als Hilfsmaßnahme vor allem eine verbesserte Information der Bevölkerung nötig, ferner die Versorgung mit geeigneten Geigerzählern und auch mit einfachen Geräten zur Bestimmung der Cs-Kontamination in Nahrungsmitteln. Darüber hinaus ist es nötig, der Bevölkerung in den betroffenen Gebieten die Möglichkeit regelmäßiger Ganzkörpermessungen zu geben.

Einleitung

Fünf Jahre nach der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl sind die drei betroffenen Republiken der Sowjetunion Belorußland (Weißrußland), Ukraine und Russische Föderation, von einer Bewältigung der Folgen weiter entfernt als in den Jahren zuvor. Hunderttausende von Menschen fordern ihre Umsiedlung, da sie den amtlichen Messungen der radioaktiven Kontamination, den Dosisschätzungen und den Risikobewertungen keinen Glauben schenken. Die Eskalation der Schwierigkeiten zeigt dramatisch, daß die technische und die Umweltkatastrophe durch ein weiteres, ebenso

schwerwiegendes Versagen bis zur Unkontrollierbarkeit der Folgen vergrößert wurde. Die zweite Katastrophe nach dem Unfall war die verfehlte Informationspolitik, die zu tiefen Verärgstigungen und bleibendem Mißtrauen der Bevölkerung führen mußte. Im folgenden wird einiges zu dieser Entwicklung gesagt, die für den Strahlenschutz noch ernstere Fragen aufwirft als der Reaktorunfall selbst. Sodann werden mögliche Auswege aus der scheinbar ausweglosen Situation mit besonderem Hinweis auf nötige Hilfsmaßnahmen erörtert.

Die radiologische Situation und die verfehlte Informationspolitik

Als in den Morgenstunden des 26. April 1986 Block IV der Reaktorstation in Tschernobyl explodierte und die 200 Tonnen seines zerstörten Graphitkerns in Brand gerieten, war dies vom technischen Standpunkt der größte denkbare Unfall. Da durch die gewaltige Hitze des Brandes die freigesetzte Aktivität in große Höhen getragen wurde, kam es zu einer vorher nicht für möglich gehaltenen Ausbreitung der Kontamination bis in weite Bereiche Westeuropas. Den drei Sowjetrepubliken, die in der Nähe von

Tschernobyl aneinandergrenzen, blieb jedoch die schlimmste Katastrophe erspart. Günstige Wetterbedingungen mit nur geringen Regenfällen während der zwei Wochen des Reaktorbrandes verhinderten einen Grad der Kontamination, der weite Landstriche und selbst Millionenstädte wie Gomel, Briansk oder Kiew, ganz unbewohnbar hätte machen können. Aber selbst unter diesen Bedingungen kam es zu schweren großflächigen radioaktiven Kontaminationen.

Das Ausmaß der Kontamination

In den ersten Tagen und Wochen waren die Messungen improvisiert und größtenteils fehlerhaft. Selbst in den Jahren nach dem Unfall ist es nicht gelungen, ein auch nur einigermaßen genaues Bild von der anfänglichen Jodkontamination zu erhalten. Man muß jedoch davon ausgehen, daß mehrere hunderttausend Menschen, und unter ihnen besonders die Kinder beträchtliche Schilddrüsendosen durch ^{131}J erhielten. Da der Milchkonsum nicht eingeschränkt wurde und eine Blockade der Schilddrüsen mit stabilem Jod gar nicht und in anderen Fällen zu spät oder mit unwirksamen Präparaten versucht wurde, ergaben

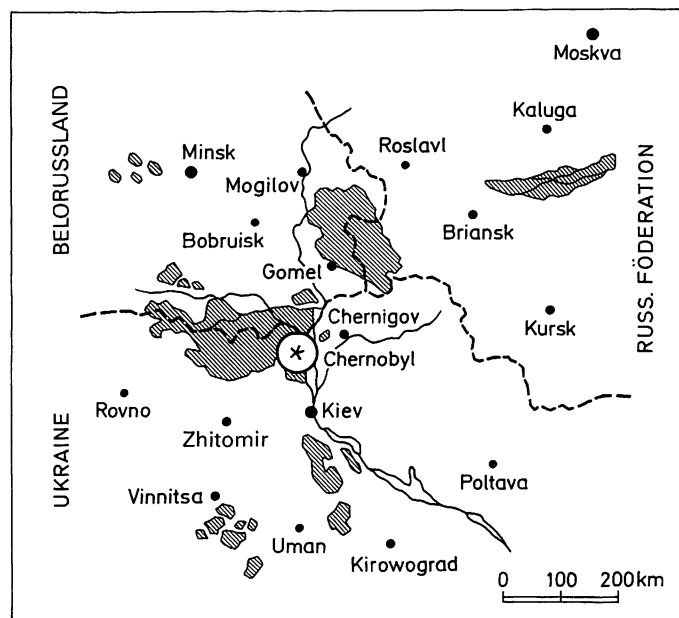


Abb. 1 Gebiete der UdSSR, die mit mehr als $0,55 \text{ MBq/m}^2$ durch ^{137}Cs kontaminiert wurden (engere Kontrollzone).

(Eingegangen: 16. Juni 1991)

sich Schilddrüsenedosen von mehreren Gy. in Einzelfällen auch von mehr als 10 Gy. Verlässliche Karten der anfänglichen Jodkonzentration wurden jedoch nie erstellt.

Anders verhielt es sich mit den langlebigen Radionukliden und vor allem mit den beiden Cäsiumisotopen, die – auch in den westeuropäischen Ländern – die Hauptbeiträge zur externen und internen Strahlenexposition lieferten. Für diese Nuklide existierten von Anfang an zahlreiche Meßdaten, die allerdings geheimgehalten wurden. Abb. 1 gibt in großem Maßstab ein Übersichtsdiagramm über die fleckenhafte und nur sehr indirekt mit der Distanz vom Reaktor korrelierte Verteilung des Cäsiums. Abb. 2 zeigt die Verteilung von ^{137}Cs im näheren Bereich um Tschernobyl. Als Anhaltspunkt kann gesagt werden, daß die schraffierten Zonen in den beiden Abbildungen Kontaminationsgraden entsprechen, die die höchsten in Süddeutschland aufgetretenen Werte etwa um das Zwanzig- bis Hundertfache übertreffen.

Auch die Messungen der Cs-Kontamination und der resultierenden externen und internen Strahlenexposition sind umstritten; darauf wird weiter unten eingegangen. Weit problematischer jedoch sind die Messungen der zumindest im engeren Bereich um den Reaktor ebenfalls sehr bedeutsamen Sr-Kontamination. Da das ^{90}Sr keine für die Messung geeignete Gammalinie besitzt, sondern nur in aufwendigen Verfahren durch die Bestimmung seiner β -Strahlung erfaßt werden kann, ist es bis heute nur ungenügend bestimmt worden. Abb. 3 gibt jedoch nach Meßdaten des All-unionszentrums für Strahlenmedizin in Kiew die Verteilung des Sr innerhalb und in unmittelbarer Nähe der 30-km-Sperrzone an. Es ist noch unsicher, ob auch in größeren Entfernungen, beispielsweise in der Gegend nördlich von Gomel, Sr-Kontaminationen bestehen, die zu einer internen Strahlenbelastung führen, die mit dem Beitrag von Cs vergleichbar ist.

Ungenügend geklärt ist auch das Problem des Plutoniums. Insgesamt

kann man jedoch davon ausgehen, daß sein Beitrag deutlich geringer als der des Cs und auch des Sr ist. Abb. 4 gibt eine wenigstens ungefähre Darstellung der Verteilung des Pu. Ein zusätzliches und noch weitgehend ungeklärtes Problem ist die Frage der heißen Teilchen, d.h. der größeren mit Radionukliden und insbesondere mit Pu belasteten Teilchen.

Administrative Maßnahmen

Die seit dem Unfall nicht abreißen-
de Umsiedlung von insgesamt etwa
zweihunderttausend Menschen führte
zu großen Belastungen und zu ersten
sozioökonomischen Problemen. Die
30-km-Sperrzone wurde weitgehend

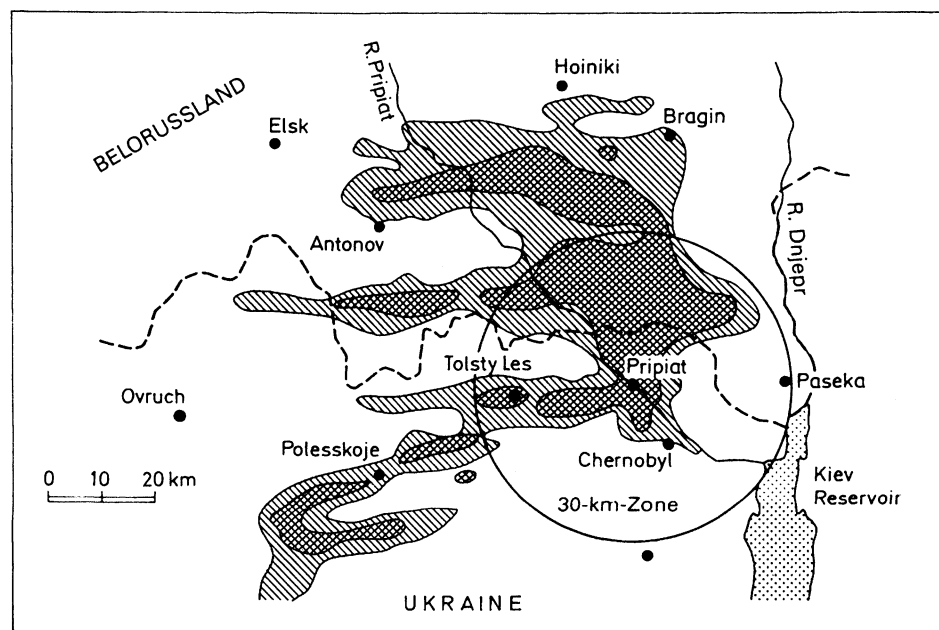


Abb. 2 Verteilung der Deposition von ^{137}Cs im näheren Bereich von Tschernobyl. Die einfach bzw. doppelt schraffierten Bereiche entsprechen den Zonen II und III.

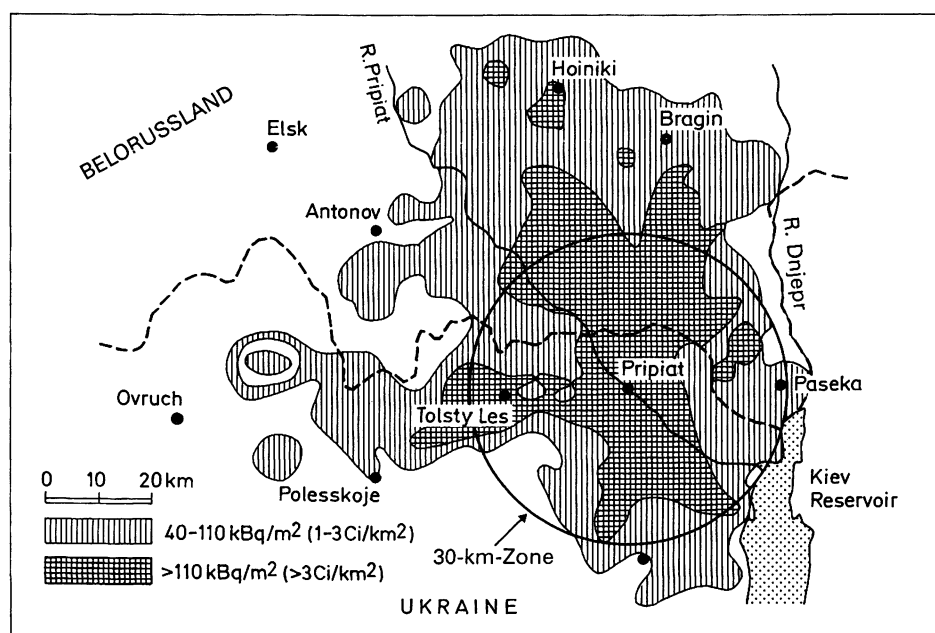


Abb. 3 Verteilung der Deposition von ^{90}Sr im näheren Bereich von Tschernobyl.

schon in den ersten Tagen geräumt und in den folgenden Wochen dann gänzlich evakuiert. Hunderte, vor allem ältere Leute, jedoch kehrten später in die Sperrzone zurück. Sie leben dort ohne Infrastruktur, ohne angemessene Versorgung und ohne ärztliche Betreuung. Augenfalliger jedoch waren die Probleme der Umsiedlung. Schon in den ersten Monaten baute man mit beträchtlichem Aufwand neue Ansiedlungen; einige dieser Ansiedlungen mit Häusern, die den örtlichen Standard deutlich übertrafen, sind schon im ersten Jahr nach dem Unfall wieder aufgegeben worden, da man erst verspätet feststellte, daß auch sie in Bereichen hoher Kontamination lagen. Aber auch weniger kontaminierte Ansiedlungen gerieten in Bedrängnis und zerfielen schließlich, da sie durch die Evakuierung benachbarter Dörfer oder Städte ihre Infrastruktur und Versorgungsbasis verloren. Auch der Einsatz von etwa 600 000 »Liquidatoren« zu aufwendigen Dekontaminationsarbeiten, meist im Rahmen des Wehrdienstes, konnte der Bevölkerung nicht verborgen bleiben. Schließlich standen die Einschränkungen bezüglich der Produktion und des Verbrauches von Nahrungsmitteln in den meist landwirtschaftlich geprägten Gegenden in eklatantem Widerspruch zu der Ver-

sicherung, die Situation sei unter Kontrolle.

Die Zahlung eines zusätzlichen Geldbetrages von 30 Rubel pro Monat als Ausgleich für die erhöhten Kosten der Nahrungsmittelbeschaffung wurde sehr bald allgemein als Grobrowe, d. h. Sarggeld oder Grabbeigabe, bezeichnet. Die als willkürlich empfundene und nicht erklärte Zahlung dieser Summe in gewissen Gebieten, nicht aber in angrenzenden Regionen, führte zu öffentlicher Unruhe und zu Protesten, die bald erzwangen, daß in gewissen angrenzenden Gebieten 15 Rubel pro Monat gewährt wurden.

Informationen

Im Ausland entstand wenige Monate nach dem Unfall der Eindruck einer bemerkenswerten Öffnung der sowjetischen Informationspolitik. Auf einer großen internationalen Konferenz in Wien wurden Aktivitätsmessungen, Dosisabschätzungen und Dekontaminationsmaßnahmen im Detail geschildert (4). In der Sowjetunion jedoch – und dies wurde im Westen lange nicht erkannt – waren die Verhältnisse völlig anders. Nach dem Unfall wurde

von den Behörden zwei Jahre lang eine strikte Informationssperre erzwungen, da man glaubte, die Bevölkerung würde auf die Tatsachen nur mit Panik reagieren. Die Politik der Informationssperre mußte jedoch scheitern, da sie zu einer Reihe offensichtlicher Widersprüche führte.

Die vielen, nur allzu sichtbaren Widersprüchlichkeiten verdeutlichten schon bald die Unhaltbarkeit dieser Politik. Es dauerte jedoch fast zwei Jahre, bis im März 1988 der öffentliche Druck in Belorussland so groß wurde, daß die dortigen Politiker von der Zentralregierung in Moskau immer dringender Hilfe und bessere Aufklärung forderten. Als entsprechende Maßnahmen nicht oder nur unzureichend erfolgten, wurde zunächst in Belorussland die Informationssperre aufgehoben. Seither werden dort, aber auch in den beiden angrenzenden Republiken Kontaminationswerte und dosimetrische Messungen in Zeitungen und im Fernsehen, in Apotheken und in Schulen veröffentlicht. Die Freigabe der Information war überfällig und notwendig, geschah aber so spät, daß sie das Klima des Mißtrauens nicht mehr beseitigen konnte.

Seither hätten 3 Jahre offener Informationspolitik zu einer gewissen Beruhigung der Lage beitragen können. Jedoch ist Glasnost allein unzureichend, wenn Informationen nur von den Fachleuten beurteilt und die Schlußfolgerungen dann unerklärt der Bevölkerung verkündet werden. Dies jedoch war der Fall und scheint auch weiterhin so zu bleiben.

Gebiete, in denen mehr als etwa $5 \times 10^5 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs pro m}^2$ niedergeschlagen wurden (15 Ci/km^2), werden als engere Kontrollzonen bezeichnet. In den engeren Kontrollzonen der drei betroffenen Republiken leben heute noch etwa 270 000 Menschen, davon ein Drittel Kinder. Vom radiologischen Standpunkt aus sollte sich die Diskussion um zusätzliche Evakuierungen auf diese Menschen oder einen Teil dieser Menschen richten. In Wirklichkeit ist das Problem sehr viel ausgedehnter, da die Bevölkerung auch außerhalb der engeren Kontrollzonen den offiziellen Meßwerten nicht glaubt und insbesondere über die

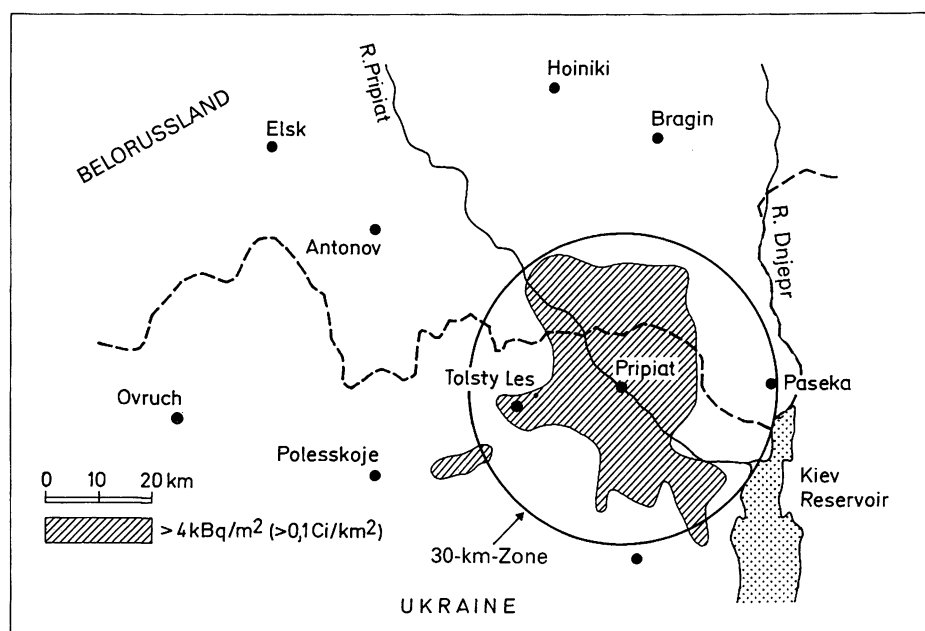


Abb. 4 Verteilung der Deposition von Pu im näheren Bereich von Tschernobyl.

radioaktive Kontamination der Nahrungsmittel besorgt ist. Starke Schwankungen der Bodenqualität (Transferfaktoren) führen überdies dazu, daß selbst in einigen wenig kontaminierten Gebieten hochkontaminierte Nahrungsmittel und auch hohe Aktivitäten im menschlichen Körper gefunden werden. Beispielsweise fand man in dem gering kontaminierten Rovno, das etwa 200 km westlich von Tschernobyl liegt, bei erst kürzlich durchgeführten Ganzkörpermessungen unerwartet hohe Werte. Die ganze Komplexität der Situation und die Unmöglichkeit, sich auf stichprobenartige Messungen an Nahrungsmitteln zu stützen, zeigten sich an der Tatsache, daß bei etwa einem Drittel der Bewohner noch weit höhere Werte auftraten, die sich dann dadurch erklärten, daß diese Personen als Mitglieder einer konservativen Form der orthodoxen Kirche (Evangelisten) strengen Fastenregeln unterworfen waren und sich aus diesem Grund, zum Teil auch wegen ihrer Bedürftigkeit, weitgehend von Pilzen und Beeren ernährten. Pilze und Beeren nehmen aber – wie schon aus der Zeit der oberirdischen Kernwaffenversuche bekannt ist – Cs sehr effektiv aus dem Boden auf.

Da die Informationspolitik der Vergangenheit und die auch jetzt noch fehlende Kommunikation zwischen Behörden, Wissenschaftlern und Bevölkerung das Klima des Mißtrauens aufrechterhalten, ist eine Bewertung der tatsächlichen Gefährdung nach objektiven Maßstäben fast unmöglich geworden.

Die zu erwartenden und die vermuteten Strahlenschäden

200 Menschen, die schon während der ersten Nacht des Unfalls, vor allem bei der Brandbekämpfung, exponiert wurden, waren von akuter Strahlenkrankheit betroffen, 30 von ihnen starben Tage oder Wochen später. Die »Liquidatoren«, die später bei der Bekämpfung des Brandes und bei den Aufräumarbeiten eingesetzt wurden, wurden z. T. nur ganz unzu-

länglich dosimetrisch überwacht. Filme von der Räumung des Daches von Block III zeigen dies mit erschütternder Deutlichkeit. Nach vielfachen, aber bisher nie offiziell belegten Berichten traten bei zahlreichen dieser Personen ebenfalls Symptome akuter Strahlenkrankheit auf. Eine retrospektive Schätzung der Dosis durch die Bestimmung von Chromosomenaberrationen wurde jedoch, wie es scheint, bisher verhindert.

Das hauptsächliche und sich immer noch weiter verschärfende Problem ist die Exposition der Menschen, die noch in den kontaminierten Gebieten leben. Nach einer Abschätzung der Sowjetischen Akademie der Wissenschaften erhielten die 270000 Menschen in den engeren Kontrollgebieten bisher im Durchschnitt eine Dosis von 50 mSv. Die relativen Beiträge von externer Exposition und Exposition durch Aufnahme von Cs mit der Nahrung schwanken in Abhängigkeit von lokalen Bedingungen stark. Als grobe Regel jedoch kann angenommen werden, daß etwa ein Viertel der Dosis durch inkorporierte Aktivität zustande kommt.

In dem Bestreben, ein objektives Kriterium für die Notwendigkeit der Evakuierung zu gewinnen, schlugen die sowjetische Strahlenschutzkommission und die Akademie der Wissenschaften das sogenannte 35 rem-Konzept vor. Nach diesem Konzept ist eine Evakuierung dann durchzuführen, wenn die während des gesamten Lebens zu erwartende zusätzliche Dosis durch die radioaktive Kontamination 350 mSv überschreitet. Als Vergleichsmaßstab kann erwähnt werden, daß in der Bundesrepublik seit einigen Jahren die maximale Lebenszeitdosis für beruflich strahlenexponierte Personen auf 400 mSv festgesetzt ist, wobei allerdings nur wenige Personen dieses Limit erreichen.

In einer ausführlichen Analyse (2) kamen die sowjetischen Wissenschaftler zu dem Schluß, daß selbst eine zusätzliche Dosis von 350 mSv die Krebsraten nur ganz unwesentlich erhöht. In dieser Analyse wurden jedoch Risikokoeffizienten angewandt, die deutlich unter dem heutigen wissenschaftlichen Konsensus (1) liegen. Geht man von den neuen Risikoschät-

zungen aus, wie sie in BEIR V erarbeitet wurden, so erhöht eine Dosis von 1 Gy die normale Krebsmortalität, über alle Altersklassen gemittelt, um etwa 50%. Extrapoliert man linear zu geringeren und über mehrere Jahre verteilten Dosen, so erwartet man bei 350 mSv eine Erhöhung der spontanen Krebswahrscheinlichkeit um immerhin 15%. Bei einer solchen Erhöhung würden im Durchschnitt, statt etwa 20% aller Todesfälle, ungefähr 23% aller Todesfälle durch Krebs verursacht. Nimmt man einen Reduktionsfaktor für kleine Dosen oder Dosisleistungen an, so ergeben sich entsprechend geringere Erhöhungen.

Selbst eine 15%ige Erhöhung der Krebswahrscheinlichkeit wäre zwar – wenn überhaupt – nur mit großem statistischem Aufwand nachweisbar, sie ist jedoch sicherlich nicht unbedenklich. Andererseits könnte man argumentieren, daß die gravierenden Nachteile und Verschlechterungen der Lebensbedingungen bei erzwungener Umsiedlung noch schwerer ins Gewicht fallen. Vor allem könnte man zur Rechtfertigung des 35 rem-Konzeptes anführen, daß durch weniger einschneidende Gegenmaßnahmen wie gezielte Krebsvorsorge und Vermeidung anderer Risikofaktoren das mögliche Zusatzrisiko ausgeglichen oder zumindest reduziert werden könnte.

Unabhängig von allen gegensätzlichen Annahmen über die möglichen Erhöhungen der Krebswahrscheinlichkeit und auch jenseits aller radiologischen Bewertung der Risiken hat sich jedoch ergeben, daß das 35 rem-Konzept nicht zu halten ist. Die Verbote bezüglich der Produktion und des Verbrauches lokal erzeugter Lebensmittel bedeuten für eine landwirtschaftlich ausgerichtete Bevölkerung eine solch gravierende Einschränkung, daß es schon aus diesem Grunde schwer oder unmöglich ist, zu geregelten Verhältnissen zurückzukehren. Weit schwieriger jedoch wird die Situation durch die Ängste und das Mißtrauen der Bevölkerung. In den engeren Kontrollbereichen werden die Kinder ganztägig unter der Aufsicht völlig verängstigter Aufseherinnen in geschlossenen Räumen zurückgehalten. Nicht nur der Aufenthalt im

Freien wird ihnen verwehrt, sondern man glaubt auch, sicherstellen zu müssen, daß sie keine Mahlzeiten zu Hause einnehmen, da dort die Kontamination zu hoch sein könnte. Unter solchen Bedingungen wird die Frage nach der radiologischen Bewertung des 35 rem-Konzeptes gegenstandslos; weit größere Umsiedlungen als bisher werden unvermeidbar.

Allerdings muß man selbst vom radiologischen Standpunkt sagen, daß gerade in bezug auf die Kinder die besondere Sorge berechtigt ist. Da im Kindesalter die Verdoppelungsdosis für Leukämie sehr gering ist und möglicherweise nur etwa 100 mSv beträgt, sind in den engeren Kontrollbereichen Erhöhungen der kindlichen Leukämieraten von 50% oder sogar mehr nicht auszuschließen. Unvollständige und zum großen Teil ganz fehlende Gesundheitsstatistiken erlauben jedoch keine verlässlichen Aussagen über möglicherweise bereits eingetretene Erhöhungen der Leukämieraten. Auch deutet bisher wenig auf die Planung sorgfältiger epidemiologischer Studien hin. Angesichts der fehlenden Information wird jede Leukämieerkrankung eines Kindes der Strahlung zugeschoben, und es kommt zu furchterlichen Übertreibungen selbst in unseren Medien, wie beispielsweise der Feststellung, daß heute jedes dritte Kind in der Millionenstadt Gomel an Leukämie sterbe (*»Der Spiegel«*, 19/1990, S. 200). Trotz ihrer Absurdität ist die um das 1000fache übertriebene Behauptung über Leukämieraten in Gomel nicht untypisch für die Meinungen und Gefühle hinsichtlich der radioaktiven Kontaminationen und ihrer möglichen Folgen.

Ein besonders beunruhigendes Problem für die Bevölkerung und Ärzteschaft ist die Frage der Schilddrüsenerkrankungen, insbesondere kindlicher Schilddrüsenerkrankungen. Es besteht kein Zweifel, daß in vielen Fällen gerade bei Kindern die Schilddrüsendosen sehr hoch waren. Zwar erwartet man nach nuklearmedizinischer Erfahrung selbst bei Schilddrüsendosen von 10 Gy noch keine allgemeinen Störungen der Schilddrüsenfunktion, jedoch sind die klinischen Erfahrungen nach therapeutischer

Anwendung von Radiojod bei Kindern nur lückenhaft. Erschwert wird die Situation dadurch, daß Teile der vom Reaktorunfall betroffenen Gebiete, insbesondere in Belorußland, Jodmangelgebiete mit endemischer Kropfhäufigkeit sind. Schilddrüsenstörungen finden nunmehr, da sie der Strahlung zugeschrieben werden, besondere Beachtung. Ihre Häufigkeit in den Jahren vor dem Reaktorunfall ist dagegen unbelegt.

Da mit der Möglichkeit künftiger Erhöhungen der Inzidenz von Schilddrüsenkarzinomen zu rechnen ist, sollte alles getan werden, um eine bessere und frühzeitigere Diagnostik zu erreichen. Von der WHO wurde den sowjetischen Behörden dringend empfohlen, in den Jodmangelgebieten eine bessere Versorgung mit stabilem Jod zu garantieren. Eine geregelte Jodversorgung der Bevölkerung würde zu einem verbesserten Zustand der Schilddrüsen führen und damit auch eine bessere Frühdiagnostik ermöglichen. Bisher ist allerdings keine Reaktion auf die Empfehlungen der WHO erfolgt. Dieses unglückliche Beispiel zeigt, daß über den aufwendigen und umstrittenen Maßnahmen zur Risikobegrenzung kostengünstige und unschädliche Maßnahmen vernachlässigt werden.

Die eigentlich zu erwartenden Spätschäden der Bestrahlung, d. h. die zusätzlichen Krebserkrankungen, werden zwar viel diskutiert und es werden auch Zahlen genannt – die Leiterin der endokrinologischen Station der Kinderklinik des Allunionszentrums in Kiew spricht von 20 follikulären Schilddrüsenkarzinomen bei Kindern –, die Zahlen werden aber bisher nicht verlässlich dokumentiert. Begründbare Aussagen sind daher nicht möglich und werden vielleicht auch in Zukunft nicht möglich sein. Es ist demgegenüber fast ironisch, daß gerade die unerwarteten Gesundheitsschäden deutlich und belegbar vermehrt sind. Eine allgemeine Erhöhung der Morbidität scheint in dem vom Reaktorunfall betroffenen Gebiet die Erwartung auch unspezifischer Strahlenschäden zu bestätigen. Der Eindruck wird auch von weiten Kreisen der Ärzteschaft bestätigt. Nach allen gesicherten radiologischen

Erkenntnissen sind diese Erhöhungen der Allgemeinerkrankungen, beispielsweise der Anämie bei Kindern, jedoch nicht mit der Strahlenwirkung assoziiert. Sie erklären sich als Folge der in vieler Beziehung verschlechterten Lebens- und Ernährungsbedingungen in den betroffenen Gebieten sowie der bis zur Verzweiflung reichenden Ängste und Verunsicherungen. Überdies gehen die Ergebnisse intensiver Diagnostik in Statistiken ein, die früher zum Teil gar nicht bestanden.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die radioaktive Kontamination, auch vom radiologischen Standpunkt, die Umsiedlung vieler Menschen notwendig gemacht hat, daß die verfehlte Informationspolitik jedoch den Grad der Unsicherheit so sehr gesteigert hat, daß heute keine Basis mehr besteht, nach objektiven Maßstäben die Entscheidung für oder gegen Evakuierungen zu treffen. Ein extremes Vorgehen mit zusätzlicher Evakuierung vieler hunderttausend Menschen würde allerdings – selbst wenn es durchführbar wäre – keine Lösung bedeuten. Wo immer man die Grenzen der Umsiedlung festlegte, würden die Menschen in den angrenzenden Gebieten doch fragen, warum gerade sie in unmittelbarer Nachbarschaft der geräumten Gebiete weiterleben sollten. Andere Lösungen müssen daher gefunden werden.

Mögliche Hilfsmaßnahmen

Im Jahre 1989 wurden die Hilfsappelle der Republiken an die Zentralregierung in Moskau so dringend, daß diese das Internationale Rote Kreuz um Hilfe bat. Eine Delegation des Internationalen Roten Kreuzes besuchte in gemeinsamer Planung mit dem Europäischen Bureau der WHO, Kopenhagen, die betroffenen Republiken, um die Art der notwendigen Hilfsmaßnahmen zu bestimmen. Es wurde deutlich, daß Hilfe zur Verbesserung elementarer medizinischer Versorgung dringend nötig ist. Jedoch ist dies kein spezifisches Problem der vom Reaktorunfall betroffenen

Gebiete, sondern ein allgemeines Problem in der Sowjetunion. Vordringlich wurde daher empfohlen, die Beratung und Information der Bevölkerung, aber auch der Ärzte zu verbessern (3). Besonders dramatisch äußerte sich während der Mission des Roten Kreuzes das Drängen der Bevölkerung, durch verlässliche und verständliche Messungen aufgeklärt zu werden. Ein erster Vorschlag war daher die Versorgung derjenigen, die die Bevölkerung beraten müssen, mit einfachen und verlässlichen Geigerzählern, die die Höhe der Strahlenexposition im Lebensbereich jedes einzelnen Bürgers glaubhaft zeigen können. Zwar verzögerte sich bisher die Verwirklichung dieses Vorschlags, doch hat die Kommission der Europäischen Gemeinschaft inzwischen den in der Bundesrepublik speziell für diesen Zweck konstruierten Geigerzähler (mit langlebiger und nicht aus dem Gerät entfernbarer Batterie) in Auftrag gegeben und hat 650 dieser Geigerzähler zur Verteilung in der engeren Kontrollzone ausgeliefert. Dies ist zwar nur ein erster, aber doch ein wichtiger Schritt zur Hilfeleistung.

Bei einer zweiten Mission im Auftrag der WHO wurde in langen Diskussionen mit einer äußerst besorgten und verängstigten Bevölkerung in Korostjen, einer Stadt etwa 150 km westlich von Tschernobyl, dramatisch deutlich, daß Gemeinwesen im betroffenen Gebiet selbst dort zerfallen, wo vom radiologischen Standpunkt kein Grund dafür besteht. Obwohl die Kontaminationswerte in dieser Stadt nach den offiziellen Messungen nicht sehr hoch sind, waren in den 4 Monaten vor dem Besuch der Delegation 12000 der 74000 Einwohner aus der Stadt geflohen; dabei gingen gerade die Jungen und Aktiven verloren, die für das Fortbestehen der Stadt notwendig sind. Der schrittweise Untergang Korostjens, einer auch heute sehr attraktiven Stadt, ist typisch für den Zerfall vieler Gemeinwesen, die nach objektiven Bedingungen nicht zugrunde gehen müßten.

Zwar wird im Durchschnitt der kontaminierten Gebiete nur etwa ein Viertel der Strahlenexposition durch Aufnahme kontaminierter Nahrung verursacht, doch richtet sich der

überwiegende Anteil der Ängste dennoch – wie das auch in unseren Ländern der Fall war – auf die Nahrungsmittel. Die ersten Versuche, einen Ausweg zu finden, müssen sich daher auf das Problem der Ernährung richten. Selbst umfangreiche stichprobenartige Messungen der Nahrungsmittel können die Probleme nicht lösen, da die Ergebnisse weder repräsentativ wären, noch glaubhaft vermittelt werden könnten. Auf den Märkten stehen neben den Lebensmitteln zwar die Meßzertifikate, sie werden jedoch von niemandem geglaubt und können sich auch nicht auf die einzelnen Nahrungsmittel beziehen. Während in unseren Ländern die Milch aus zentralen Molkereien kommt und deshalb durch stichprobenartige Messungen überprüft werden kann, stammt Milch wie andere Lebensmittel in den kleineren Ansiedlungen in der Sowjetunion häufig aus Einzelproduktion mit entsprechend unkontrollierbarer Schwankung der radioaktiven Kontamination. Selbst wenn genügend unkontaminierte Milch zur Verfügung stünde, würde allein das Transportproblem eine Versorgung aller Ansiedlungen unmöglich machen. Der Verbrauch lokal erzeugter Lebensmittel ist daher nicht zu vermeiden.

Aus dieser Situation ergibt sich die Notwendigkeit eines weit radikaleren und aufwendigeren Vorgehens.

Der Hauptbeitrag der internen Strahlenexposition wird von ^{137}Cs hervorgerufen. Im Körper verbleibt das Cs etwa 100 Tage. Wenn an einer Person eine außergewöhnlich hohe Cs-Konzentration gemessen wird – und dies ist durch relativ einfache Meßgeräte mit nur geringer Abschirmung innerhalb einer Minute möglich –, so wird dieser Wert bei geeigneter Umstellung der Ernährungsweise in etwa 100 Tagen abfallen, d.h. die hohe Belastung läßt sich innerhalb weniger Monate verringern. Die eigentliche Gefährdung durch ionisierende Strahlung kommt erst durch die jahrelange oder lebenslange Exposition zustande, nicht durch den Beitrag weniger Monate. Wie beim Rauchen – dem allerdings sehr viel stärkeren Krebsfaktor – wächst die Gefährdung mit der Dauer der Exposition. Eine Beschränkung des Risikos durch Ver-

meidung weiterer Exposition ist daher stets sinnvoll und möglich.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich die Notwendigkeit, allen Personen in den betroffenen Gebieten der Sowjetunion – besonders den Kindern – die Möglichkeit regelmäßiger Ganzkörpermessungen zu bieten. So könnte die relativ kleine Minderheit der Bevölkerung gefunden werden, die bedenklichen Strahlenexpositionen durch die Ernährung ausgesetzt ist. Als Anhaltspunkt kann ein Wert von 25000 Bq im Körper dienen. Wird dieser Wert dauernd aufrecht erhalten, so resultiert pro Jahr eine zusätzliche Strahlendosis von 1 mSv, d.h. eine Verdoppelung der natürlichen Strahlenexposition (ohne Anrechnung des Radons in Wohnungen). Den Personen, die diesen Wert überschreiten – dies sind vermutlich einige Tausend in jeder der drei betroffenen Republiken –, sollte und kann gezielt geholfen werden. Die übrigen könnten unnötige Ängste und auch unnötige Einschränkungen in ihren Lebensbedingungen stufenweise abbauen. Dabei gilt das Prinzip, unnötige Strahlenexpositionen zu meiden, aber kleinere Strahlenexpositionen gegen andere Nachteile abzuwägen. Verdeutlicht werden muß, daß beispielsweise der Ersatz frischer Nahrungsmittel durch Konserven für das Kind ein weit größerer Nachteil sein kann, als die Erhöhung der Strahlendosis um Bruchteile eines mSv. Die Abwägung ist aber nur möglich und nur glaubhaft zu machen, wenn verlässliche Meßwerte für alle Betroffenen vorliegen.

Die Ganzkörpermessung und die begleitende Information in einem auf Jahre angelegten Programm für Hunderttausende von Menschen mögen zu aufwendig erscheinen, um überhaupt durchführbar zu sein. Die absoluten Kosten sind in der Tat hoch. Betrachtet man die Maßnahme jedoch vom Standpunkt des einzelnen und wägt man die Kosten des Verlustes normaler Lebensbedingungen und der dadurch möglicherweise erzwungenen Umsiedlung gegen die Kosten einer zweimaligen Ganzkörpermessung pro Jahr ab, so erscheint die Maßnahme als außerordentlich kostengünstig und effektiv, sofern sie erfolgreich durchgeführt wird.

In Erwägung dieser Tatsachen hat die Bundesregierung, einem Vorschlag ihrer Strahlenschutzkommission folgend, die Zusage gemacht, ein entsprechendes Meßprogramm in der Sowjetunion durchzuführen. Der Bundesumweltminister hat 7 Millionen DM für diesen Zweck zur Verfügung gestellt. Meßfahrzeuge mit zunächst insgesamt 20 Meßplätzen und mit deutschem Personal haben ihre Arbeit zunächst in der Russischen Föderation begonnen. Schwieriger als die vergleichsweise einfache Messung der Gesamtaktivität wird die verständliche Aufklärung und die eingehende Beratung der Bevölkerung sein, die neben dem Einsatz zahlreicher deutscher Spezialisten auch die Mitwirkung sowjetischen medizinischen und paramedizinischen Personals erfordert. Auch dies ist Gegenstand des Hilfsprogrammes.

Die Aktion der Bundesrepublik könnte in einem wichtigen Akt internationaler Solidarität ein Zeichen setzen und eine Richtung weisen für den erfolgreichen Versuch, in den kontaminierten Gebieten wieder normale und erträgliche Lebensbedingungen zu schaffen. Bedingung für den Erfolg ist jedoch eine klare Festlegung der Meßaufgabe, nämlich die Identifikation der Minderheit von Personen in den betroffenen Gebieten, die hohe Aktivitätskonzentrationen aufweisen. In früheren Meßreihen, die von verschiedensten Seiten bis heute immer wieder unternommen wurden, wurden Bodenproben und Nahrungsmittel gemessen und auch immer wieder eine Vielzahl von Ganzkörpermessungen durchgeführt. Da sich die Messungen jedoch nur auf einen willkürlich herausgegriffenen Teil der Bevölkerung bezogen, da sie nicht auf das Problem der höheren inkorporierten Aktivitäten ausgerichtet waren, sondern eher wissenschaftlichen Charakter hatten, und da nie der Versuch einer verständlichen Erklärung und einer Unterrichtung der Bevölkerung gemacht wurde, trugen diese Unternehmungen eher zur Beunruhigung als zur Aufklärung und Information bei.

Als räumlich und zeitlich eng begrenzte Unternehmung wäre das geplante Meßprogramm sinnlos, wenn

nicht sogar schädlich. Es kann daher zwar in einem begrenzten Gebiet begonnen werden, muß dann aber eine spätere Einbettung in eine größere internationale Bemühung erlauben, die vom Internationalen Roten Kreuz und auch von der WHO getragen werden könnte.

Über die Ganzkörpermessung hinaus sollte versucht werden, durch Ausgabe von Thermolumineszenz-Dosimetern an die Bevölkerung in den betroffenen Gebieten das Ausmaß der externen Strahlenexposition verlässlich zu bestimmen und glaubhaft zu machen. Hierbei wird es nicht nötig sein, jedem Betroffenen ein Dosimeter zu geben, da die externen Strahlenexpositionen zwar auch sehr unterschiedlich sind, die Schwankungen aber viel leichter – sofern zusätzlich geeignete Geigerzähler zur Verfügung stehen – als die unterschiedlichen Kontaminationen der immer wieder wechselnden Nahrungsmittel zu verdeutlichen sind.

Ein drittes noch zu lösendes Problem ist die retrospektive Dosisbestimmung insbesondere bei den sogenannten Liquidatoren, die häufig hohen Strahlendosen, beispielsweise bei den Dekontaminationsarbeiten an Block III der Reaktorstation in Tschernobyl, ausgesetzt waren. In sträflicher Form wurde hier versäumt oder verhindert, daß bald nach den Expositionen durch Bestimmung von Chromosomenschäden Dosisabschätzungen durchgeführt wurden. Die mit konventionellen Methoden erkennbaren Chromosomenschäden sind inzwischen größtenteils verschwunden. Mit modernen molekularbiologischen Methoden – dem chromosome painting mittels geeigneter DNA-Sonden – ist es neuerdings möglich, sogenannte stabile Chromosomenaberrationen, die auch nach Jahren noch weiterbestehen, zu bestimmen. Im Rahmen der geplanten Kooperation der Bundesrepublik mit der Sowjetunion auf dem Gebiet des Strahlenschutzes sollen die Vermittlung und die gemeinsame Nutzung dieser neuen Technik sowie ihr die konventionelle Technik begleitender Einsatz ein Schwerpunkt sein.

LITERATUR

1. BEIR-V Report. Health effects of exposure to low levels of ionizing radiation. Washington: National Academy Press 1990.
2. Ilyin LA et al. Radiocontamination patterns and possible health consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power station. J Radiol Prot 1990; 10: 3–29.
3. League of Red Cross and Red Crescent Societies: Report on assessment mission at the areas affected by the Chernobyl disaster. Geneva: 1990.
4. USSR State Committee on the Utilization of Atomic Energy. The accident at Chernobyl nuclear power plant and its consequences. IAEA Experts Meeting, Aug. 25–29, Vienna (IAEA Translation).

Korrespondenz:
Prof. Dr. A. M. Kellerer
Strahlenbiologisches Institut der Universität
Schillerstraße 42
W-8000 München 2, FRG