

Die Hypothesen im Strahlenschutz

24. Jahrestagung der Vereinigung Deutscher Strahlenschutzärzte e.V.
gemeinsam mit der
Studiengesellschaft zur Förderung der Kernenergieverwertung
in Schiffbau und Schifffahrt e.V.
unter Mitwirkung des
Verbandes für medizinischen Strahlenschutz in Österreich
und der
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH

Strahlenschutz in Forschung und Praxis · Band XXV

Herausgegeben von
Walter Leppin, Johannes Meißner,
Wilhelm Börner und Otfried Messerschmidt

Bearbeitet von

J. Booz	G. van Kaick	F. C. Ludwig	I. Schmitz-Feuerhake
P. Carbonell	A. Kaul	K. Martignony	G. Stephan
G. Drexler	A. Kellerer	S. Marx	F. E. Stieve
U. Elsasser	F. Kossel	H. Mühlensiepen	C. Streffer
L. E. Feinendegen	E. Krüger	J. Nitschke	H. Tuschl
T. M. Fliedner	W. Laskowski	W. Nothdurft	F. Vogel
G. Hinz	C. Lindberg	W. Pfaller	R. Wellner
L. E. Holm	T. D. Luckey	W. Porschen	G. Williams

62 Abbildungen, 43 Tabellen



1985

Georg Thieme Verlag Stuttgart · New York

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Die Hypothesen im Strahlenschutz / gemeinsam mit d. Studienges. zur Förderung d. Kernenergieverwertung in Schiffbau u. Schifffahrt e.V. unter Mitw. d. Verb. für Med. Strahlenschutz in Österreich u.d. GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH. Hrsg. von Walter Leppin ... Bearb. von J. Booz ... - Stuttgart ; New York : Thieme, 1985.

(... Jahrestagung der Vereinigung Deutscher Strahlenschutzärzte e. V. ; 24) (Strahlenschutz in Forschung und Praxis ; Bd. 25)
ISBN 3-13-452501-1

NE: Leppin, Walter [Hrsg.]; Booz, Jochen [Mitverf.]; Vereinigung Deutscher Strahlenschutzärzte: ... Jahrestagung der Vereinigung ...; 2. GT

Wichtiger Hinweis:

Medizin als Wissenschaft ist ständig im Fluß. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Kenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie anbelangt. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, daß Autoren, Herausgeber und Verlag größte Mühe darauf verwandt haben, daß diese Angabe genau dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes entspricht. Dennoch ist jeder Benutzer aufgefordert, die Beipackzettel der verwendeten Präparate zu prüfen, um in eigener Verantwortung festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Das gilt besonders bei selten verwendeten oder neu auf den Markt gebrachten Präparaten und bei denjenigen, die vom Bundesgesundheitsamt (BGA) in ihrer Anwendbarkeit eingeschränkt worden sind.

Geschützte Warennamen (Warenzeichen) werden *nicht* besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, daß es sich um einen freien Warennamen handelt.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Photokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

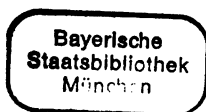
© 1985 Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14, D-7000 Stuttgart 30

Printed in Germany

Druck: Illig, Göppingen

ISBN 3-13-452501-1

1 2 3 4 5 6



HERAUSGEBER

Leppin, W., Dr. med.
 Chefarzt am Albertinen-Krankenhaus
 Süntelstr. 11 a
 2000 Hamburg 61

Meissner, J., Prof.Dr.rer.nat., Strahlenschutzseminar
 der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
 2061 Borstel, Mühloh 1

Börner, W., Prof.Dr.med.
 Abteilung für Nuklearmedizin der Universität Würzburg
 Josef-Schneider-Str. 2
 8700 Würzburg

Messerschmidt, O., Prof.Dr.med.
 Laboratorium für experimentelle Radiologie
 Ingolstädter Landstr. 2
 8042 Neuherberg bei München

MITARBEITER

Booz, J., Dr.rer.nat.
 Institut für Medizin der Kernforschungsanlage Jülich GmbH
 Postfach 1913, D-5170 Jülich

Carbonell, P., Dipl.-Physiker
 Universität Bremen, Fachbereich Physik
 Postfach 33 04 40, D-2800 Bremen

Drexler, G., Dr.rer.nat.
 Institut für Strahlen- und Umweltforschung
 Ingolstädter Landstr. 1, D-8042 Neuherberg

Elsasser, U.
 Bundesgesundheitsamt
 Ingolstädter Landstr. 1, D-8042 Neuherberg

Feinendegen, L.E., Prof.Dr.med.
 Institut für Medizin der Kernforschungsanlage Jülich GmbH
 Postfach 1913, D-5170 Jülich

Fliedner, T.M., Prof.Dr.med.
 Abteilung für klinische Physiologie und Arbeitsmedizin
 der Universität Ulm
 Oberer Eselsberg M 24, D-7900 Ulm/Donau

Hinz, G., Dr.med.Dir.u.Prof.
 Bundesgesundheitsamt
 Ingolstädter Landstr. 1, D-8042 Neuherberg

Holm, L.E., Dr.med.
 Department of General Oncology - Radiumhemmet -
 Karolinska Sjukhuset, S-10401 Stockholm

van Kaick, G., Prof.Dr.med.
Deutsches Krebsforschungszentrum
Im Neuenheimer Feld 280, D-6900 Heidelberg

Kaul, A., Prof.Dr.med.
Bundesgesundheitsamt
Ingolstädter Landstr. 1, D-8042 Neuherberg

Kellerer, A., Prof.Dr.med.
Institut für Medizinische Strahlenkunde
der Universität Würzburg
Versbacher Landstr. 5, D-8700 Würzburg

Kossel, F., Dr.-Ing.Dir.u.Prof.
Bundesgesundheitsamt
Ingolstädter Landstr. 1, D-8042 Neuherberg

Krüger, E., Dr.
Energie- und Umweltbüro
Römerhofweg 12, D-8046 Garching

Laskowski, W., Prof.Dr.med.
Institut für Biophysik der Freien Universität Berlin
Thielallee 63/67, D-1000 Berlin 33

Lindberg, C., Dipl.-Biologe
Institut für Medizin der Kernforschungsanlage Jülich GmbH
Postfach 1913, D-5170 Jülich

Luckey, T.D., Prof.Dr.med.
Department of Biochemistry, University of Missouri
Columbia, Missouri, U.S.A.

Ludwig, F.C., Prof.Dr.med.Dr.rer.nat.Dr.med.h.c.
University of California, Department of Pathology
California College of Medicine
Irvine, California 92717, U.S.A.

Martignony, K., Dr.med.
Bundesgesundheitsamt
Ingolstädter Landstr. 1, D-8042 Neuherberg

Marx, S., Dipl.-Ing.
Institut für Medizin der Kernforschungsanlage Jülich GmbH
Postfach 1913, D-5170 Jülich

Mühlensiepen, H., Dipl.-Ing.
Institut für Medizin der Kernforschungsanlage Jülich GmbH
Postfach 1913, D-5170 Jülich

Nitschke, J.
Bundesgesundheitsamt
Ingolstädter Landstr. 1, D-8042 Neuherberg

Nothdurft, W., Prof.Dr.rer.nat.
Abteilung für klinische Physiologie und Arbeitsmedizin
der Universität Ulm
Oberer Eselsberg M 24, D-7900 Ulm/Donau

Pfaller, W., Universitäts-Doz.Dr.med.
Institut für Physiologie und Balneologie
der Universität Innsbruck
Fritz-Bregl-Str. 3, A-6010 Innsbruck

Porschen, W., Dr.rer.nat.
Institut für Medizin der Kernforschungsanlage Jülich GmbH
Postfach 1913, D-5170 Jülich

Schmitz-Feuerhake, I., Prof.Dr.rer.nat.
Universität Bremen, Fachbereich Physik
Postfach 33 04 40, D-2800 Bremen

Stephan, G., Dr.rer.nat.,Dir.u.Prof.
Bundesgesundheitsamt
Ingolstädter Landstr. 1, D-8042 Neuherberg

Stieve, F.E., Prof.Dr.med.
Institut für Strahlen- und Umweltforschung
Ingolstädter Landstr. 1, D-8042 Neuherberg

Streffer, C., Prof.Dr.rer.nat.
Abteilung für Medizinische Strahlenbiologie
Universitäts-Klinikum Essen
Hufelandstr. 55, D-4300 Essen 1

Tuschl, H., Dr.med.
Institut für Biologie des Forschungszentrums Seibersdorf
A-2444 Seibersdorf

Vogel, F., Prof.Dr.med.
Institut für Anthropologie und Humangenetik
Neuenheimer Feld 328, D-6900 Heidelberg

Wellner, R.
Universität Bremen, Fachbereich Physik
Postfach 33 04 40, D-2800 Bremen

Williams, G., Dr.phil.
Institut für Strahlen- und Umweltforschung
Ingolstädter Landstr. 1, D-8042 Neuherberg

INHALTSVERZEICHNIS

Herausgeber- und Mitarbeiterverzeichnis	III
Grußwort des Bundesministers des Innern	VII
Grußwort des Vorsitzenden der Vereinigung Deutscher Strahlenschutzärzte e.V.	VIII
Grußwort des Geschäftsführers der GKSS- Forschungszentrum Geesthacht GmbH	IX
Grußwort der Landesregierung von Schleswig-Holstein	XI
Zur Problematik der Strahlenschutzhypothesen Vorwort zum Tagungsthema	XII
<u>ERHEBUNGEN AN MENSCHLICHEN KOLLEKTIVEN</u>	1
A.Kellerer Die neuen Dosisabschätzungen für Hiroshima und Nagasaki (Oak Ridge TD 65-Ergebnisse gegenüber Lawrence Livermore National Laboratory) mit den Konsequenzen für die niedrig Exponierten aus der Gesamtgruppe	2
G.van Kaick Ergebnisse der deutschen Thorotraststudie	23
L.E.Holm Thyroid Cancer after Exposure to High and Low Doses of ¹³¹ I	36
F.E.Stieve Expositionen des Embryo und des Fetus	57
A.Kaul, U.Elsasser, G.Hinz, F.Kossel, K.Martignony, J.Nitschke, G.Stephan Bewertung ausgewählter epidemiologischer Studien an Kollektiven mit Strahlenexposition	61
<u>EXPERIMENTELLE ERGEBNISSE ZUR DOSISWIRKUNGSRELATION</u>	91
L.E.Feinendegen, H.Mühlensiepen, C.Lindberg, S.Marx, W.Porschen, J.Booz Akute und temporäre Reaktion von Knochenmarkzellen der Maus nach In vivo-Exposition von sehr kleinen Dosen Gamma-Strahlung oder Neutronen	92
T.M.Fliedner, W.Nothdurft Pathophysiologie der chronischen Strahlenbelastung des Organismus	102

F.C.Ludwig Die Pathogenese der Strahlenleukämie und ihr Interesse für die Pathogenese spontan auftretender Leukämien	110
C.Streffer Mechanismen der strahlenbedingten Cancerogenese: Aspekte zellbiologischer und tierexperimenteller Daten. .	127
F.Vogel Gesichertes und Hypothetisches im Bereich der Strahlengenetik	144
W.Laskowski Biologische Strahlenschäden und ihre Reparatur	169
<u>EXPERIMENTELLE ERGEBNISSE ZUR DOSISWIRKUNGSRELATION - BIOPOSITIVE WIRKUNGEN</u>	183
T.D.Luckey Beneficial Physiologic Effects of Ionizing Radiation . . .	184
H.Tuschl Die Wirkung niederer Dosen ionisierender Strahlung auf DNA Reparaturvorgänge	197
W.Pfaller Subzelluläre Veränderungen nach Radium 222-Einwirkung . .	205
<u>POSTER-VORTRÄGE</u>	207
G.Drexler, G.Williams Körperdosen außerhalb des Herdgebietes bei Strahlentherapiepatienten. Ein Beitrag zur Quantifizierung des Strahlenrisikos	208
E.Krüger Die Latenzzeitverteilung bis 1981 für strahlen- induzierte Leukämie bei Atombombenopfern in Hiroshima und ihre Auswirkung auf Risikomodelle und Risikozahlen für strahleninduzierte Krebserkrankungen	220
I.Schmitz-Feuerhake, P.Carbonell, R.Wellner Dosiswirkungsbeziehungen in Hiroshima und Nagasaki und die Bewertung des somatischen Strahlenrisikos unter Berücksichtigung der Fallout-Dosis	229
Teilnehmer-Verzeichnis	238

Erhebungen an menschlichen Kollektiven

.....

DIE NEUEN DOSISABSCHÄTZUNGEN FÜR HIROSHIMA UND NAGASAKI MIT DEN
KONSEQUENZEN FÜR DIE NIEDRIG EXPONIERTE AUS DER GESAMTGRUPPE

A. M. Kellerer

Institut für Medizinische Strahlenkunde der Universität Würzburg

Vorbemerkung zur Problematik der Risikofaktoren

Das Emblem dieser Tagung hat doppelte Bedeutung. Es evoziert die grundlegende Problematik unseres beschränkten Wissens über die Wirkung kleiner Dosen und erinnert zugleich an Otto Hug, der durch diese Darstellung die zentrale theoretische Frage des Strahlenschutzes erklärte und der als Forscher und Lehrer vielfältig zur Entwicklung unseres Fachgebietes beigetragen hat. Der Verlauf der Dosiswirkungsbeziehungen bei kleinen Dosen bleibt die zentrale Frage des Strahlenschutzes und wird mehr und mehr auch im Nachbargebiet, der Toxikologie, zum bedeutsamen Thema.

Gegenstand dieses Beitrages sind nicht Hypothesen, sondern beobachtete Strahlenwirkungen an den Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki. Aber Bezugspunkt bleiben doch Hypothesen, auf denen die Größen und Konventionen im Strahlenschutz - wenn auch oft implizit und von manchem unerkannt - beruhen. Die wichtigste Hypothese ist die der Linearität der Dosiswirkungsbeziehung bei kleinen Dosen. Ohne dieses Postulat ist es schwer, die Verwendung des konstanten dosisunabhängigen Qualitätsfaktors zu rechtfertigen, und nur auf der Basis des Postulats kann eine theoretische Begründung gegeben werden für die Modifikation der Äquivalentdosis, die sich in der Definition der effektiven Äquivalentdosis (1) ausdrückt. Daß der Begriff der effektiven Äquivalentdosis weithin akzeptiert ist, während das zugehörige Grundpostulat so umstritten bleibt wie je, mag ein Zeugnis sein für die praktische Vernunft derjenigen, die im Strahlenschutz tätig sind, aber es ist kein Ersatz für die uns fehlende theoretische Basis.

Auch im Hinblick auf die Erfahrungen am Schicksal der Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki bleibt also die Frage, ob die lineare Hypothese durch Beobachtungen gestützt wird. Müssen wir davon ausgehen, daß die Risikofaktoren, die wir oft fast gewohnheitsmäßig anwenden, realistische Schätzungen sind, die guten Gewissens auch für Fragen der Kosten-Nutzen-Optimierung verwendbar sind? Oder sind diese Risikofaktoren hypothetische Zahlen, die allenfalls als generelle Wegweiser dienen können, dabei aber möglicherweise stark konservativ sind?

Bevor vor einigen Jahren die ersten Hinweise auf eine Revision der Dosimetrie in Hiroshima und Nagasaki gegeben wurden, konnte man der Meinung sein, daß die gebräuchlichen Risikoschätzungen realistisch seien für dicht ionisierende Strahlen, wie die durch schnelle Neutronen ausgelösten Rückstoßkerne, und vermutlich deutlich konservativ für locker ionisierende Strahlen, wie Röntgenstrahlen, Gammastrahlen oder Elektronenstrahlung. Da sich nun die fast generelle Überzeugung durchsetzte, daß nach der neuen Dosimetrie die Neutronen auch in Hiroshima einen zu geringen Beitrag leisteten, um noch ins Gewicht zu fallen, müßte man annehmen, daß die in dieser Stadt noch bei kleinen Dosen beobachteten Effekte allein der Gammastrahlung zuzuschreiben seien. Dann aber wären angesichts der vielfältigen in Hiroshima selbst bei geringen Dosen beobachteten Strahlenwirkungen die Risikofaktoren als realistisch auch für Gammastrahlen anzusehen. Wie manche Stimmen betonen, müßten sie möglicherweise sogar wesentlich erhöht werden. Ist das tatsächlich der heutige Stand der Argumentation; müssen wir uns diese Schlußweise zu eigen machen? Das ist das Thema der folgenden Überlegungen.

Fragt man heute nach den wichtigsten Erkenntnissen aus den japanischen Daten, so ist die Einschränkung zu machen, daß bisher keine endgültige Übereinstimmung über die richtigen Dosiswerte besteht. Erst wenn sie erreicht worden ist, wird man sich an die schwierige und aufwendige Arbeit machen, erneut für die der statistischen Analyse zugänglichen Überlebenden der Atombombenexplosionen persönliche Dosis-schätzungen mit Abschirmfaktoren zu erstellen, die sich aus den Angaben dieser Personen über ihren Aufenthalt zum Zeitpunkt der Explosionen errechnen lassen. Dies wird noch mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Einstweilen kann man jedoch vereinfachte Überlegungen als Wegweiser benutzen, um zu Schlüssen zu kommen, die sich dann bei der detaillierten Analyse wenigstens im Grundsätzlichen bestätigen können.

Eine zweite Einschränkung liegt darin, daß der Versuch Risikofaktoren abzuleiten sich auf somatische Spätschäden, dabei insbesondere auf die Induktion strahleninduzierter Tumoren, beschränken muß, während man es doch, vereinfacht ausgedrückt, mit drei großen Klassen von Strahlenrisiken bei kleinen Dosen zu tun hat, nämlich neben den somatischen Spätschäden, mit Erbschäden und mit pränatalen Schäden.

Erbschäden wurden bis vor einigen Jahren als das dominierende Risiko angesehen. Auch jetzt gibt es noch manchen Arzt, der im Hinblick auf den Strahlenschutz nur die Gonadendosis als bedeutsam ansieht. Wir müssen jedoch annehmen, daß - zumindestens rein numerisch - das dominierende Risiko kleiner Strahlendosen die Strahlenkarzinogenese ist. Zunächst eine Feststellung, die vielleicht überraschen mag: Erbschäden durch ionisierende Strahlen wurden am Menschen nie nachgewiesen. Trotzdem wissen wir mit Bestimmtheit, daß sie existieren. Tierexperimentelle Daten bilden eine solide Basis unserer Kenntnis genetischer Strahleneffekte. Es besteht wenig Grund daran zu zweifeln, daß diese Daten weitgehend auf den

Menschen übertragbar sind. Auch ist die Situation einfach insofern, als es sich um Wirkungen auf einzelne Zellen handelt. Das impliziert vor allem bei dicht ionisierenden Strahlen, daß die Dosisabhängigkeiten linear sind, daß also experimentelle Daten auf kleinere Dosen extrapoliert werden können. Deshalb hat es in den Gremien der Experten, beispielsweise auch bei der Abfassung des hartumkämpften BEIR III Reportes der Akademie der Wissenschaften der USA (2), wenig Meinungsdivergenzen über Risiken genetischer Strahlenwirkungen gegeben.

Daß trotzdem in keiner epidemiologischen Studie mit statistischer Sicherheit Erbschäden gefunden wurden, die durch ionisierende Strahlen hervorgerufen sind, liegt an der hohen Spontanrate der Erbschäden und an dem überwiegenden Einfluß anderer, stark variierender Faktoren, wie beispielsweise dem Alter der Eltern bei der Konzeption ihrer Kinder. Auch die Kinder der Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki ließen bisher keine Rate erhöhter Erbschäden erkennen (3).

Die pränatalen Wirkungen ionisierender Strahlen sind aus den erschreckenden Beispielen zahlreicher durch hohe Dosen hervorgerufener Mißbildungen seit mehr als einem halben Jahrhundert bekannt. Über das Risiko pränataler Schäden bei kleinen Dosen wissen wir weit weniger; wir können uns nur auf tierexperimentelle Daten stützen. Jedoch ergaben sich in den letzten beiden Jahren bedeutsame neue Erkenntnisse über die 1800 in Hiroshima und Nagasaki in utero bestrahlten Kinder. In beiden Städten fand man eine gewisse Anzahl schwer geistig retardierter Kinder. Daß diese Defekte durch die Bestrahlung verursacht sind, ergibt sich daraus, daß gerade die betreffenden Kinder zum Zeitpunkt der Explosion in einer bestimmten Phase der Gestation waren, nämlich beim maximalen initialen Wachstum des zentralen Nervensystems (ca. 10.-16. Woche) (4,5). Es handelt sich um einen wichtigen qualitativen Befund, aber nicht um quantitative Dosisabhängigkeiten, die hier erkennbar werden. Auch die pränatalen Schäden werden daher nicht Gegenstand der folgenden Diskussion um Risikokoeffizienten bei kleinen Dosen sein. Jedoch wird die Größenordnung und die Bedeutung des Risikos sowohl von Erbschäden als auch von pränatalen Schäden durch ionisierende Strahlen auf dieser Tagung von anderen eingehend dargestellt.

Zum eigentlichen Thema der Diskussion, nämlich der Strahlenkarzinogenese haben wir aus vielerlei Beobachtungen am Menschen unmittelbare Kenntnisse. Dieses Wissen ist so detailliert, daß Expertengremien verschiedener Organisationen numerische Schätzungen der Risikofaktoren für die verschiedenen Organe gegeben haben und daß diese Schätzungen über Jahre konstant geblieben sind. Als Bezugspunkt für die folgende Diskussion kann der Wert .00012 pro rem für Mortalität durch strahleninduzierte Tumoren und davon der Wert .00002 pro rem für Leukämie angegeben werden (1).

Diese Risikokoeffizienten beruhen mit auf den Erfahrungen an den Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki, aber sie stützen sich auf die alte Dosimetrie, die von Oak Ridge im Jahre 1955

vorgeschlagen worden war (6). Teil dieser Dosimetrie war - und es wird darauf noch im Detail eingegangen - die Annahme, daß in Hiroshima die Strahlung zu einem wesentlichen Teil aus Neutronen bestand und daß daher die Strahleneffekte bei kleinen Dosen durch Neutronen verursacht waren. Das schien übereinzustimmen damit, daß in Hiroshima die Dosisabhängigkeiten linear erschienen, während sie in Nagasaki einen eher quadratischen Verlauf hatten.

Die Analyse des mit abnehmender Dosis sich vergrößernden Wirkungsverhältnisses der Strahlung in Hiroshima zu der in Nagasaki (7) und die dann auf der Basis der Oak Ridge Dosimetrie abgeleiteten Risikoeffizienten für Neutronen (8) waren mit Anlaß für die Revision der Neutronen-Dosimetrie, die am Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) und später auch in Oak Ridge unternommen wurde.

Aufgrund neuer Berechnungen zum Neutronentransport erklärten Wissenschaftler des militärischen Forschungszentrums Livermore die alte Dosimetrie für falsch und errechneten neue Werte, wobei der größte Teil der Neutronenstrahlung in Hiroshima fortfiel (9). Obwohl wir noch nicht sicher sein können, ob die Livermore-Dosimetrie und die mit ähnlichen Rechenverfahren erhaltenen neueren Ergebnisse in Oak Ridge (10) endgültig sind, herrscht nunmehr die Meinung vor, daß die neue Dosimetrie vertrauenswürdiger ist als die alte. Da dies so ist, erhob sich selbstverständlich die Frage, ob nicht alle Risikoschätzungen zu revidieren seien. Wie schon anfangs festgestellt: Wenn die Neutronen keine Rolle mehr spielten, so müßte die Wirksamkeit der Gamma-Strahlung weit höher sein als früher angenommen. Dazu muß man jedoch zunächst fragen, was sich nach der neuen Dosimetrie alles geändert hat.

T-65 und LLNL-81-Dosimetrie

Im Jahre 1944 war den Verantwortlichen des Manhattan-Projektes klageworden, daß im geplanten Zeitraum bis Ende 1945 nicht genügend 235-U zur Verfügung stehen werde, um mehr als einen nuklearen Sprengkörper herzustellen. Für die Uranbombe, die am 6. August 1945 über Hiroshima detonierte, wurde daher kein Test durchgeführt. Da man jedoch wußte, daß ein einfacher Zündungsmechanismus, bei dem zwei subkritische Massen aufeinander geschossen wurden, ausreichte hielt man einen Test auch nicht für notwendig.

Bereits damals war die politische Entscheidung gefallen, den Einsatz einer zweiten Bombe vorzubereiten, dafür kam nur 239-Plutonium in Frage. Wegen der etwas höheren Neutronenenergien bei der Spaltung von Plutonium und wegen der relativ hohen Verunreinigung mit 240-Plutonium war der einfache Mechanismus zur Zündung nicht möglich und man entschloß sich, eine bis dahin nicht beherrschte Implosionstechnik anzuwenden. Ein vorheriger Test war unerlässlich und wurde schließlich im Juli

1945 durchgeführt. Die am 9. August für den Abwurf nach Kokura (Kyushu) gebrachte, aber dann wegen der Wetterbedingungen nach Nagasaki weitergeleitete Plutonium-Bombe war also getestet und in ihrer Explosionskraft und Strahlungsintensität besser verstanden als die drei Tage früher eingesetzte Uran-Bombe in Hiroshima.

Die in ihrer Konstruktion ganz unterschiedlichen Bomben, die mit Bezug auf Franklin Roosevelt als 'little boy' bezeichnete Bombe in Hiroshima, und die mit ebenso makaberen Bezug auf Winston Churchill 'fat man' genannte Bombe, die in Nagasaki eingesetzt wurde, explodierten in Höhen von mehr als 500 m. Die Bombe in Hiroshima strahlte einen beträchtlichen Anteil von Neutronen aus, da die Neutronen durch den Stahlmantel nur wenig abgeschirmt wurden. Die Bombe in Nagasaki strahlte wenig Neutronen ab, da die Neutronen durch den zur Implosion benötigten konventionellen Sprengstoff und durch Neutronenreflektoren stark absorbiert wurden.

Berechnungen des Gammakerma und des Neutronenkerma als Funktion des Abstandes vom Hypozentrum (ground zero) wurden von Oak Ridge 1965 als 'tentative dosimetry' (TD-65) publiziert (6). Allerdings wurden die Berechnungen, auch wegen der Geheimhaltung der Ausgangsdaten, nie in ausreichendem Detail veröffentlicht. Es ist jedoch bekannt, daß die Dosimetrie auf Messungen mit stark vereinfachten Attrappen der beiden Bomben beruhte, und daß der Oak Ridge Forschungsreaktor als Neutronenquelle diente. Bei der nunmehr durchgeführten Revision der Dosimetrie durch das Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL-81-Dosimetrie) erscheint

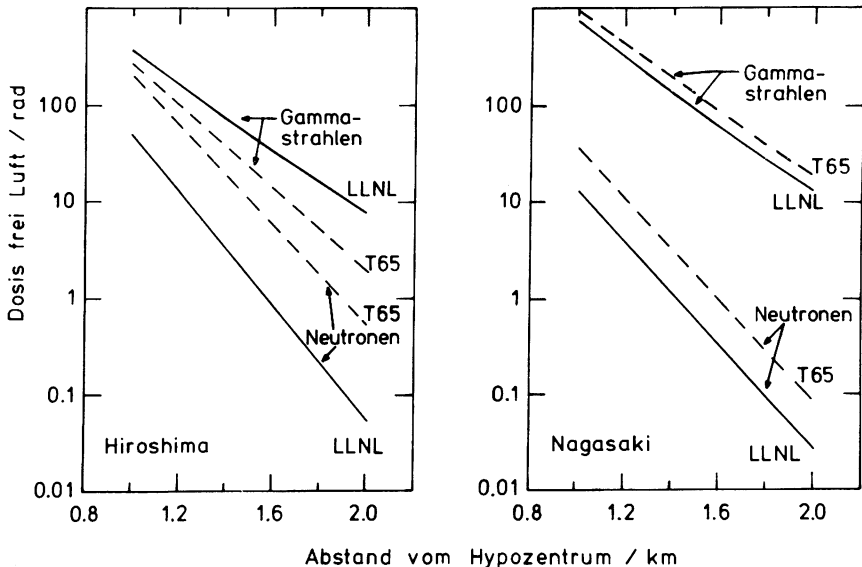


Abb.1 Nach der alten (T65) und der neuen Dosimetrie (LLNL) errechnete Dosen (6) als Funktion des Abstandes vom Hypozentrum ('ground zero').

vor allem die Verwendung des Reaktorneutronen-Spektrums als eine Fehlerquelle der alten Dosimetrie. Die neueren Berechnungen benützen ein weiches Neutronenspektrum und führen zu entsprechend geringeren Werten des Neutronen-Kerma. Auch andere Faktoren, z.B. eine nunmehr höher angesetzte Luftfeuchtigkeit in Hiroshima zum Zeitpunkt der Detonation, tragen zur Reduktion der Neutronenkermas in der LLNL-81-Dosimetrie bei.

Abb. 1 gibt den Vergleich der Dosisschätzungen nach der alten und neuen Dosimetrie für beide Städte wieder. Wie schon erwähnt, sind Details der neuen Dosimetrie noch umstritten, und es ist durchaus möglich, daß sich auch die Werte für Neutronen noch um den Faktor 2 ändern. Jedoch wurden inzwischen auch von einer Gruppe in Oak Ridge (10) im wesentlichen die gleichen Schätzungen erhalten. Ein Komitee der NCRP der USA will eine Klärung der offenen Fragen erreichen und man kann hoffen, daß in 1 oder 2 Jahren generelle Übereinstimmung und möglicherweise endgültige Dosisschätzungen erreicht werden. Details der neuen Dosimetrie und die biologischen Implikationen werden weiter unten erörtert, jedoch ist bei der Betrachtung von Abb.1 zunächst schon festzuhalten, daß in der neuen Dosimetrie nicht nur die Neutronendosen in Hiroshima geringer wurden, sondern auch sich die Gamma-Dosen erhöhten, vor allem im Bereich kleiner Dosen. Zunächst ist es jedoch nützlich, die Grundstruktur der Beobachtungen in Hiroshima und Nagasaki zu schildern.

Das Kollektiv der Überlebenden

In den Jahren bis zum Friedensvertrag von San Francisco (1951) waren den japanischen Wissenschaftlern Forschungen und Publikationen zu den Strahlenwirkungen in Hiroshima und Nagasaki untersagt. Jedoch hatte bereits kurz nach dem Einsatz der Atomwaffen die Amerikanische Akademie der Wissenschaften begonnen Experten nach Japan zu schicken und die Atomic Bomb Casualties Commission (ABCC) in Hiroshima zu begründen. Erste hämatologische Untersuchungen waren gefolgt von der vorläufigen Bildung eines Personenkollektives zu epidemiologischen Beobachtungen, das als 'Life Span Study Sample' (LSS) bezeichnet wird. Erst im Jahre 1955 wurde diese Gruppe aller Überlebenden der Atombombenexplosionen, für die Abschirmfaktoren und Dosisschätzungen abgeleitet werden konnten, endgültig formiert; sie ist Grundlage der noch heute andauernden Studien geblieben.

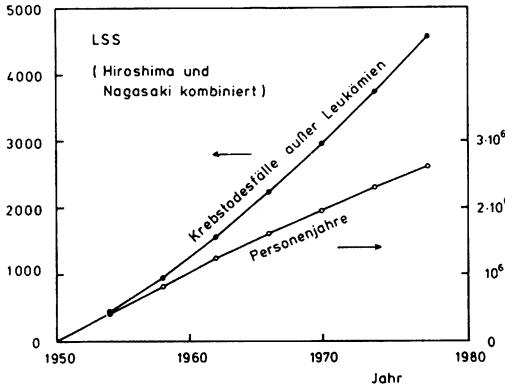


Abb.2

Gesamtzahl der Krebstodesfälle und Personenjahre 'at risk' bis zu den angegebenen Zeiten im LSS (Life-Span Study Sample)
(Daten nach (11))

Wichtige Charakteristika des LSS sind in Abb.2 dargestellt. Auf der Basis der neuen Berichte (11) der Radiation Effect Research Foundation (RERF; Nachfolgeorganisation der ABCC in Hiroshima) ist die Kumulation der 'person years at risk' bis zum Jahre 1978, kombiniert für Hiroshima und Nagasaki wiedergegeben. Außerdem ist die Gesamtzahl der Krebstodesfälle in dem LSS aufgetragen. Aus der sich verringernden Steigung der Kurve für die Anzahl der Personen-Jahre erkennt man die inzwischen eingetretene Verminderung der LSS (1950-1978 etwa 20 % Mortalität). Andererseits ist aus der Darstellung ersichtlich, daß trotz der Verkleinerung des Kollektivs die Anzahl der Krebstodesfälle pro Jahr wegen des wachsenden Durchschnittsalters im LSS ansteigt. Aus der Darstellung wird deutlich, wie wichtig es ist, die Beobachtungen auch heute, 39 Jahre nach dem Einsatz der Atombomben, fortzuführen. Selbstverständlich ist der größte Teil der Krebstodesfälle nicht strahleninduziert; wie in der Tab.I angegeben, sind nach der epidemiologischen Analyse einige hundert Krebstodesfälle der Strahlenwirkung zuzuschreiben.

Tab. I

SCHÄTZUNG DER EXZESSTODESFÄLLE

	Hiroshima LSS	Nagasaki	Insgesamt
Leukämien	66 (141)	27 (39)	190 (387)
Andere maligne Erkrankungen	135 (3659)	27 (917)	336 (10421)

(In Klammern Gesamtzahlen der Todesfälle)

Eine wichtige Schlußfolgerung der bisherigen Untersuchungen von RERF ist, daß die bereits anfangs der 50er Jahre stark über die Spontanrate angestiegene Leukämierate sich anfangs der 70er Jahre den Spontanraten wieder genähert hat, und daß heute nur noch geringe Differenzen, und auch nur in Hiroshima, statistisch belegbar sind. Für die übrigen Krebstodesfälle dagegen deuten die epidemiologischen Untersuchungen an, daß die strahleninduzierten Erhöhungen persistieren. Dabei ist der Faktor, um den sich die Raten erhöht haben, abhängig vom Alter bei Exposition. Für viele Krebsarten ist die strahleninduzierte Erhöhung inzwischen signifikant geworden und die jüngsten Berichte von RERF enthalten dazu eine Fülle von Daten.

Risikofaktoren aus den Beobachtungen bei kleinen Dosen

Tabelle II zeigt in grober Übersicht die Leukämiedaten mit Bezug auf die alte Dosimetrie, wie sie auch in den jüngsten Dokumenten von RERF noch benützt wird (11,12). Der Vergleich mit der Spontanrate zeigt, daß in Nagasaki unterhalb 100 rad Kerma keinerlei Hinweise für eine Erhöhung vorliegen. In Hiroshima deutet sich eine lineare Dosiswirkungsbeziehung an. Unterhalb 10 rad ist jedoch keinerlei Erhöhung nachweisbar.

Für die übrigen Krebstodesfälle ist es ähnlich. Für Nagasaki sind nur bei den höchsten Dosen statistisch nachweisbare Erhöhungen ersichtlich. Bei kleinen und mittleren Dosen gibt es keinerlei Hinweis auf eine Erhöhung. Diese Tatsache bleibt unabhängig von jeder Revision der Dosimetrie bestehen. In Hiroshima dagegen erkennt man schon bei relativ geringen Dosen eine Erhöhung.

Die Daten für persistierende Chromosomenaberrationen in den Überlebenden zeigen einen noch deutlicheren Unterschied mit einer schwellenartig verlaufenden Kurve in Nagasaki und einer nahezu linearen Abhängigkeit für Hiroshima (13). Nach der alten Dosimetrie schien es sicher, daß die Neutronenkomponente in Hiroshima verantwortlich war für die Linearität der Dosiswirkungsbeziehungen. Die niedrig Exponierten zeigten nur die Wirkungen der Neutronen.

Mit der neuen Dosimetrie ist diese Interpretation zusammengebrochen. Die generelle Auffassung ist, daß die Neutronendosen selbst in Hiroshima zu gering sind, um gegen die Gammadosen ins Gewicht zu fallen. Man folgert, daß alle Effekte den Gammastrahlen zuzurechnen seien. Nur einige Autoren haben Zweifel an dieser Feststellung angemeldet (14,15).

ANZAHL DER LEUKÄMIEN UND WAHRSCHEINLICHKEIT PRO INDIVIDUUM

Dosisintervall	<1	-10	-50	-100	-200	-300	-400	400-
Mittlere Dosis/rad	-	3.5	22	71	144	244	345	527

HIROSHIMA

Leukämien	42	14	28	11	14	9	11	12
Rate [10^{-3}]	1.5	.9	2.6	3.9	8.0	13.7	29.8	23.5

NAGASAKI

Leukämien	4	10	5	0 ⁺)	3	7	1	9
Rate [10^{-3}]	1	1.4	1.2	0	2.2	9.7	3.7	24

+) 1442 Personen

Tabelle II

KREBSTODESFÄLLE (OHNE LEUKÄMIEN) UND WAHRSCHEINLICHKEIT PRO INDIVIDUUM

Dosisintervall	<1	-10	-50	-100	-200	-300	-400	400-
Mittlere Dosis/rad	-	3.5	22	71	144	244	345	527

HIROSHIMA

Krebstodesfälle	1589	896	698	189	136	74	26	51
Rate [10^{-3}]	58	56	64	68	78	112	71	10

NAGASAKI

Krebstodesfälle	181	328	193	70	69	34	17	25
Rate [10^{-3}]	45	31	26	48	50	47	63	66

Tabelle III

Stellen wir uns zunächst auf den Standpunkt, daß nur die Gammastrahlung eine Rolle spielt. Abb.3a zeigt die Dosiswirkungsbeziehungen für Leukämie in den beiden Städten mit Werten der Knochenmarksdosis nach der LLNL-81-Dosimetrie. In diese Abbildung nach Dobson und Straume (14) ist der Risiko-Koeffizient für den anfänglichen linearen Teil der Hiroshima-Daten eingezeichnet. Vernachlässigt man die Tatsache, daß die Kurve für Nagasaki schwellenförmig verläuft, und benützt man den Wert für die lineare Komponente, so erhält man eine Schätzung, die etwa um den Faktor 2 höher liegt als die gegenwärtige Schätzung für das Leukämierisiko (1). Verfährt man ebenso für die übrigen Krebstodesfälle, so ergibt sich, wie Abb.4b zeigt, als Risiko-Koeffizient der ICRP-Wert von 0.0001/rad. Dabei ist aber zu bedenken, daß künftige Todesfälle den Risikofaktor noch erhöhen werden. Nach diesen Überlegungen sind zwar die Feststellungen ungerechtfertigt, die neue Dosimetrie beweise, daß die bisherigen Risikoschätzungen völlig unrealistisch seien; jedoch könnte eine gewisse Erhöhung der Risikoschätzungen, wenn man die fehlenden Effekte in Nagasaki ignoriert, immerhin begründet werden.

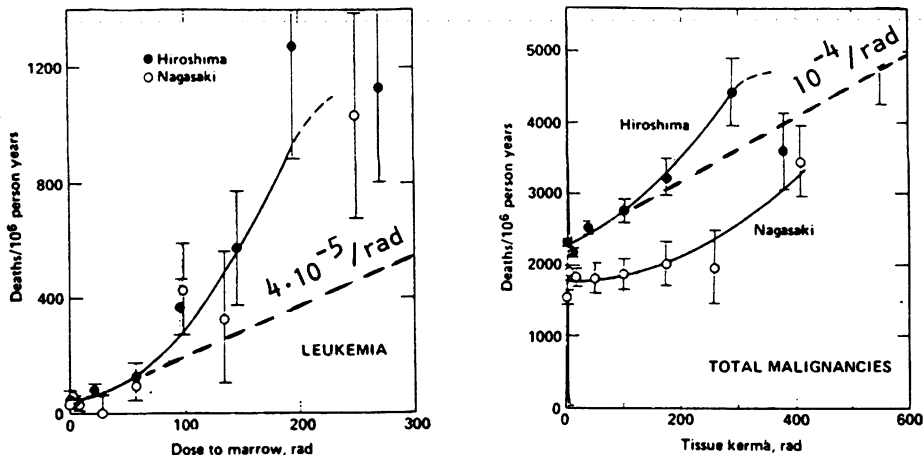


Abb.3a/b Von Dobson und Straume (14) auf der Basis der neuen Dosimetrie abgeleitete Dosisbeziehungen für Leukämien und für die übrigen Krebstodesfälle. Die eingezeichneten linearen Anpassungen an dem Anfangsteil der Kurven sind mit dem entsprechenden Risiko-koeffizienten versehen.

Der wesentliche Schluß wäre also, daß das Fortfallen der Neutronenkomponente die Risikoschätzungen für Gammastrahlen erhöht. Die Erhöhung ist allerdings relativ gering, da nach der neuen Dosimetrie zwar die Neutronendosen reduziert, die Gammadosen aber, gerade bei kleinen Dosen, erhöht sind.

Ist es jedoch zwingend anzunehmen, daß die Neutronen nach der neuen Dosimetrie keine Rolle mehr spielen? Es ist auffallend, daß die Dosiswirkungsbeziehungen für die beiden

Städte - obwohl sie sich nach der neuen Dosimetrie etwas angeglichen haben - doch unterschiedlich bleiben. Die Kurven für Hiroshima zeigen Linearität bei kleinen Dosen; in Nagasaki ergibt sich ein schwellenartiger Verlauf. Analysiert man die Chromosomendaten in der neuen Dosimetrie, so wird diese Beobachtung noch deutlicher. Es ist daher nötig, Neutronendosen und Gammadosen gegeneinander abzuwägen.

Die wesentlichen Überlegungen lassen sich durch einfache Diagramme andeuten. Zunächst sei der konventionelle - aber sicher nicht berechnete - Standpunkt angenommen, es gäbe ein konstantes Wirkungsverhältnis 10 von Neutronen zu Gammastrahlen, wie es dem gegenwärtig gültigen Qualitätsfaktor für Neutronen entspräche. Man kann dann den Ausdehnungsbereich der äquivalenten Gamma- und Neutronendosen in der alten und der neuen Dosimetrie darstellen. Die Veränderungen in Nagasaki sind, wie in Abb.4 dargestellt, nicht sehr bedeutsam. Für die Gammadosen ist der Bereich von 10-500 rad als für die Beobachtungen relevant angegeben. Für die Neutronendosen der entsprechende Bereich von 1-50 rad. Der Ausdehnungsbereich der Neutronendosen ist sowohl in der alten, wie in der neuen Dosimetrie kleiner als der der 'äquivalenten' Gammadosen. Neutroneneffekte sollten also in Nagasaki keine Rolle spielen.

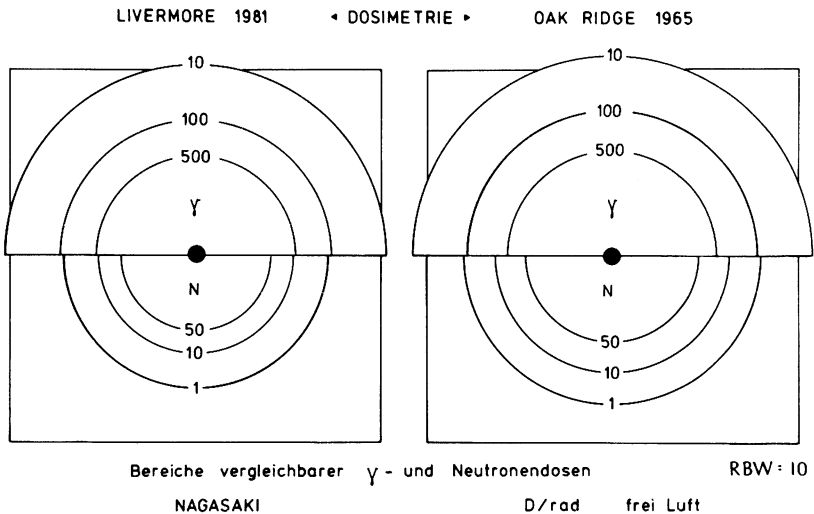


Abb.4 Ausdehnungsbereiche der Gamma- und Neutronendosen (frei Luft) in Nagasaki nach der alten und der neuen Dosimetrie.

Der Bereich 10 bis 500 rad der Gammadosis ist dem Bereich 1 bis 50 rad Neutronendosis gegenübergestellt. Dies entspräche der Annahme einer konstanten RBW der Neutronen von 10.

Mittelpunkt der Darstellungen ist das Hypozentrum der Explosionen; die Seitenlänge der eingezeichneten Quadrate beträgt 4 km.

Das entsprechende Bild für Hiroshima (Abb.5) sieht völlig anders aus. Nach der alten Dosimetrie übertrifft der Ausdehnungsbereich der Neutronendosen deutlich den der 'äquivalenten' Gammadosen. Nach der neuen Dosimetrie jedoch dominiert der Ausdehnungsbereich der Gammadosen; die entsprechenden Neutronendosen überdecken einen weit kleineren Bereich. Es scheint berechtigt, die Neutroneneffekte auch in Hiroshima zu vernachlässigen.

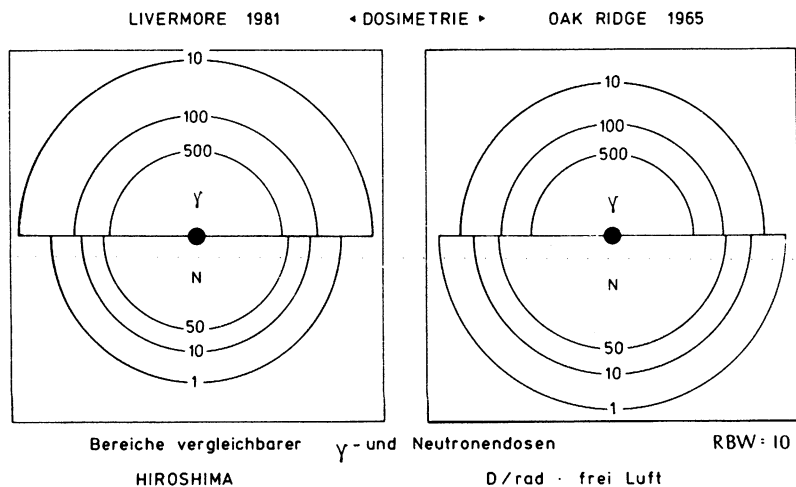


Abb.5 Zu Abbildung 4 analoge Darstellung für Hiroshima

Diese Überlegungen sind jedoch sicher falsch. Die Annahme einer konstanten RBW widerspricht wichtigen strahlenbiologischen Erfahrungen. Man weiß - zuerst durch mikrodosimetrische Überlegungen darauf hingewiesen (16) - daß die relative biologische Wirksamkeit, RBW, von Neutronen bei Energien von etwa 0.3 MeV - 6 MeV und über einen weiten Bereich der Neutronendosis, D, der Relation:

$$RBW = 40 / \sqrt{(D/\text{rad})}$$

folgt. Die Relation gilt nicht für die Inaktivierung von Säugerzellen, da dafür eine deutliche lineare Komponente in der Dosisabhängigkeit auch für locker ionisierende Strahlen beobachtet wird und dementsprechend die RBW-Werte der Neutronen auch bei kleinen Dosen nicht größer als etwa 10 sind. Zellinaktivierung ist jedoch im Strahlenschutz nur von sekundärer Bedeutung. In den relevanten Experimenten zur Strahleninduktion von Tumoren (17-21), zur Lebensverkürzung durch somatische Spätschäden (22) und in Daten für verschiedenste gewebliche Effekte (23) bestätigt sich die angegebene Relation für die relative biologische Wirksamkeit von Neutronen in einem Dosisbereich von etwa 0.1 rad bis 100 rad.

Entsprechend diesen Erkenntnissen zur RBW ist eine Neutronendosis von 0.1 rad einer Dosis von etwa 10 rad Gammastrahlung als äquivalent zuzuordnen, eine Dosis von 100 rad Neutronen einer Gammadosis von etwa 500 rad. Benützt man diese variablen RBW-Werte, so erhält man die Diagramme von Abb.6 und 7. Für Nagasaki bleibt weiterhin deutlich, daß der Ausdehnungsbereich der äquivalenten Neutronendosen geringer ist als der Ausdehnungsbereich der Gammadosen. Der Effekt der Gammastrahlung sollte also weitaus überwiegen, wenn auch ein gewisser Beitrag der Neutronenstrahlung nicht auszuschließen ist.

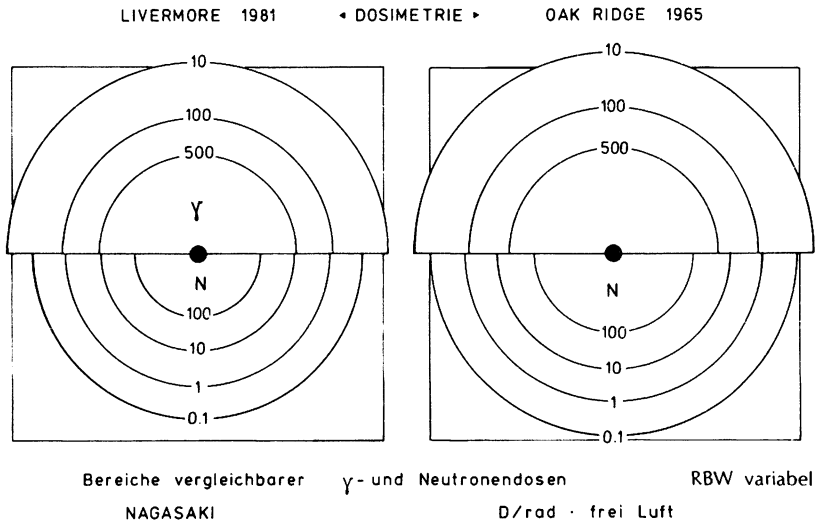


Abb.6 Ausdehnungsbereiche vergleichbarer Gamma- und Neutronendosen in Nagasaki nach der alten und der neuen Dosimetrie. Entsprechend einer mit der Dosis variierenden RBW ist der Dosisbereich 10-100 rad der Gammastrahlung, dem Dosisbereich 0.1-100 rad der Neutronenstrahlung gegenübergestellt.

Mittelpunkt der Darstellungen ist das Hypozentrum der Explosionen; die Seitenlänge der eingezeichneten Quadrate beträgt 4 km.

Das analoge Diagramm für Hiroshima zeigt ein wichtiges Ergebnis. Mit der Annahme variabler RBW's wäre nach der alten Dosimetrie die Dominanz der Neutroneneffekte gewaltig. Das ist nicht überraschend. Bemerkenswert ist jedoch, daß sich mit der neuen Dosimetrie eine fast genaue Deckung des Ausdehnungsbereichs der Neutronenbestrahlung mit dem der äquivalenten Gammadosen ergibt. Mit dieser Analyse kommt man daher zu dem wichtigen Schluß, daß der Beitrag der Neutronen zu den in Hiroshima beobachteten Effekten von der gleichen Größenordnung sein kann, wie der der Gammastrahlung. Angesichts der noch bestehenden Unsicherheit in den Dosis-schätzungen ist auch ein überwiegender Einfluß der Neutronen nicht auszuschließen.

LIVERMORE 1981

◀ DOSIMETRIE ▶

OAK RIDGE 1965

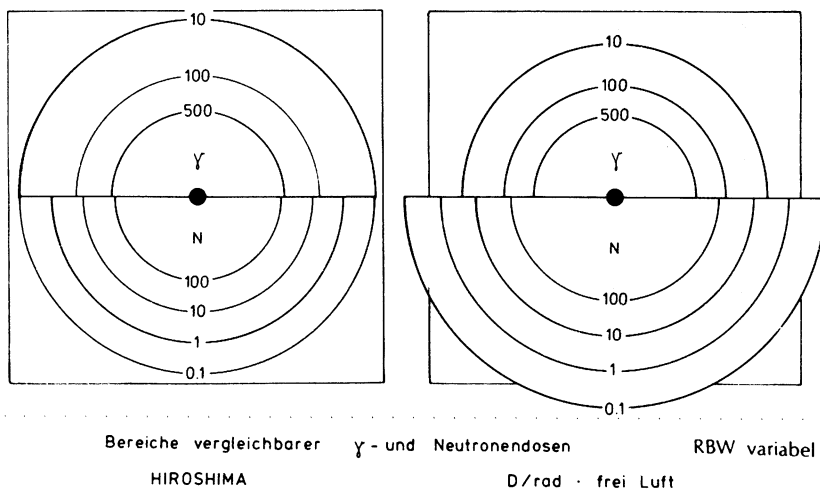


Abb.7 Zu Abb.6 analoge Darstellung für Hiroshima. - Die Ausdehnungsbereiche der vergleichbaren Gamma- und Neutronendosen sind nach der neuen Dosimetrie gleich.

Auch nach der Revision der Dosimetrie in Hiroshima kann also die Möglichkeit nicht ausgeschlossen werden, daß das Risiko kleiner Dosen von Gammastrahlung deutlich unterhalb der gegenwärtigen Schätzwerte liegt. Harald Rossi sagte kürzlich bei ähnlichen Betrachtungen: Vielleicht werden wir nie wissen, wie groß die Effekte sind, von denen wir wissen, daß wir sie nie beobachten können. Bleibt man sich dieser Beschränkung unserer Kenntnis bewußt, so können die ICRP-Risikoschätzungen durchaus als Leitlinien benutzt werden, die für locker ionisierende Strahlen vermutlich konservativ sind.

Literatur

1. ICRP. Annals of the ICRP, Publication 26. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press, Oxford-New York-Frankfurt, 1977.
2. National Academy of Sciences, National Research Council The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. Washington, C.D., 1980
3. Neel, J.V., Satoh, C., Hamilton, H.B., Otake, M., Goriki, K., Kageoka, T., Fujita, M., Neriishi, S., Asakawa, J. Search for mutations affecting protein structures in children of atomic-bomb survivors: Preliminary Report. Proc.Nat.Acad.Sci. 77,7, 4221-4225, 1980.
4. Mole, R.H. Human experience of radiation damage following pre-natal exposure: its interpretation and implications, Eulep Symposium, Bordeaux, July 1982, to be published.
5. Otake, M., Schull, W.J. In Utero Exposure to A-Bomb Radiation and Mental Retardation: A Reassessment, to be published.
6. Auxier, J.A., Cheka, J.S., Haywood, F.F., Thorngate, T.D. Free-field radiation-dose distributions from the Hiroshima and Nagasaki bombings. Health Phys.12, 245-429, 1966.
7. Rossi, H.H., Kellereer, A.M. The Validity of Risk Estimates of Leukemia Incidence Based on Japanese Data. Radiat.Res.58, 131-140, 1974.
8. Rossi, H.H., Mays, Ch.W. Leukemia risk from neutrons. Health Phys.34, 353-360, 1978.
9. Loewe, W.E., Mendelsohn, E. Revised Dose Estimates at Hiroshima and Nagasaki. Health Phys.41, 663-666, 1981.
10. Kerr, G.D. Review of Dosimetry for the Atomic Bomb Survivors. In: Proc.4th Symp.on Neutron Dosimetry, Vol.I, 501-513 (Burger, G., Ebert, H.G., Eds.), EUR 7448, ISBN 92-825-2674-7, Luxembourg, 1981.
 --- Findings of a Recent ORNL Review of Dosimetry for the Japanese Atomic Bomb Survivors. Oak Ridge National Laboratory Report, ORNL/TM 8078, 1981.
11. Kato, H., Schull, W.J. Studies of the Mortality of A-Bomb Survivors, 7. Mortality, 1950-78, Part I. Cancer Mortality. Radiat.Res.90, 395-432, 1982.

12. Ichimaru, M., Ishimaru, T., Belsky, L. Incidence of leukemia in atomic bomb survivors belonging to a fixed cohort in Hiroshima and Nagasaki, 1950-71: Radiation dose, years after exposure, age at exposure, and type of leukemia. *J.Radiat.Res.*19, 262-282, 1978.

Ichimaru, M., Ishimaru, T., Mikami, M., Yamada, Y., Ohkita, T. Incidence of leukemia in atomic bomb survivors and controls in a fixed cohort, Hiroshima and Nagasaki, October 1950 - December 1978, TR 13-81 (RERF).
13. Awa, A.A., Sofuni, T., Honda, T., Itoh, M., Neriishi, S., Otake, M. Relationship Between the Radiation Dose and Chromosome Aberrations in Atomic Bomb Survivors of Hiroshima and Nagasaki. *J.Radiat.Res.*19, 126-140, 1978.
14. Dobson, R.L., Straume, T. Cancer Risks and Neutron RBE's from Hiroshima and Nagasaki. Proc.'European Seminar on Neutron Carcinogenesis' (J.J.Broerse, G.B.Gerber, Eds.) 209-231, EUR 8084 EN, Luxembourg, 1982.
15. Kriener, E. Dosis-Wirkungs-Beziehungen und relative biologische Wirksamkeit von Neutronen gegenüber Gammastrahlung. Dissertation Medizinische Fakultät, Universität Würzburg, 1982.
16. Kellerer, A.M., Rossi, H.H. The Theory of Dual Radiation Action. *Curr.Top.Radiat.Res.Q.*8, 85-158, 1972.
17. Ullrich, R.L., Jernigan, M.C., Adams, L.M. Induction of lung tumors in RFM mice after localized exposures to X-rays or neutrons. *Radiat.Res.*80, 464-473, 1979.
18. Storer, J.B., Serrano, L.J., Darden, E.B., Jr., Jernigan, M.C., Ullrich, R.L. Life Shortening in RFM and BALB/c Mice as a Function of Radiation Quality, Dose, and Dose Rate. *Radiat.Res.*78, 122-161, 1979.
19. Vogel, H.H. Mammary Gland Neoplasms after Fission Neutron Irradiation. *Nature* 222, 1279-1281, 1969.
20. Shellabarger, C.J., Chmelevsky, D., Kellerer, A.M. Induction of Mammary Neoplasms in the Sprague-Dawley Rat by 430-keV Neutrons and X-Rays. *JNCI* 64, No.4, 821-833, 1980.
21. Shellabarger, C.J., Chmelevsky, D., Kellerer, A.M., Stone, J.P., Holtzman, S. Induction of Mammary Neoplasms in the ACI Rat by 430 keV Neutrons, X-Rays, and Diethylstilbestrol. *JNCI* 69, 1135-1146, 1982.

22. Thomson, J.F., Lombard, L.S., Grahn, D., Williamson, F.S., Fritz, T.E. RBE of Fission Neutrons for Life Shortening and Tumorigenesis. In Proceedings 'European Seminar on Neutron Carcinogenesis' (J.J.Broerse, G.B.Gerber, Eds.), 75-93, EUR 8084 EN, Luxembourg, 1982.
23. Coppola, M., Neutron Effectiveness at Low Dose Levels for Other Endpoints. In Proceedings 'European Seminar on Neutron Carcinogenesis' (J.J.Broerse, G.B.Gerber, Eds.), 343-355, EUR 8084 EN, Luxembourg, 1982.

Diskussion

KELLERER (auf Frage aus dem Auditorium): Das unterstützt sicherlich das, was ich schon auszudrücken versuchte, daß nämlich gerade in diesen Chromosomenaberrationsstudien sich noch deutlicher der Unterschied in den Kurventypen zwischen den beiden Städten zeigt. Ich glaube, es liegt uns daran, die japanischen Kollegen dazu zu induzieren, gerade die Chromosomendaten genau zu analysieren und auf den neuesten Stand zu bringen.

SCHMITZ-FEUERHAKE: Sie haben gesagt, es sei allgemein akzeptiert, die linearen Hypothesen zwar als eine konservative Schätzung auf der sicheren Seite liegend, aber doch für den praktischen Strahlenschutz gebräuchlich. Das ist nicht richtig, denn die ICRP 26 hat ja bereits ihren Risikofaktor unter der Annahme einer linear quadratischen Dosiswirkungsbeziehung reduziert. Sie hat also schon angenommen, daß im niederen Dosisbereich das Risiko geringer ist und hat sich dabei auf UNSCEAR 77 bezogen. Die Auseinandersetzung in dem BEIR 3 Report ging ja gerade darum, daß diese linear quadratische Dosiswirkungskurve für die Risikofaktoren gegen den erklärten Willen des Komitees für somatische Risiken durchgesetzt wurde. Das kann man bei Radford sehr gut nachlesen. Also die heute gebräuchlichen Risikofaktoren sind bereits reduziert um etwa den Faktor 3 gegenüber denen linear ohne Schwelle.

KELLERER: Also natürlich, wenn ich sagte lineare Dosiswirkungsbeziehung ist Grundpostulat, dann ist es selbstverständlich, daß man weiß, daß bei Beobachtungen bei hohen Dosen die nicht lineare Komponente hineinkommt. Ich glaube, wir sind uns alle einig, daß niemand so naiv ist zu sagen, über den ganzen Dosisbereich linear. Aber was ich sagen wollte und was mir wichtig erscheint und Ihnen sicher auch, ist die Tatsache, daß sich wirklich die Definitionen sogar in unserem Bereich der Wissenschaft auf das Postulat der Linearität beziehen, z.B. effective dose equivalent.....

SCHMITZ-FEUERHAKE:ja, ist es aber nicht. Es ist nicht das herrschende Postulat. Dagegen gehen die Kritiker ja an, sie sagen, man darf gar nicht reduzieren, wenn man zu niedriger Dosis extrapoliert.

KELLERER:da es vielleicht doch gerade dazu gehört, Sie sagten gerade BEIR 3 wurde gegen den Willen des Komitees für somatische Effekte dann revidiert. Es war gegen den Willen des Chairmans, Herrn Radford, gegen den das Komitee rebellierte.

SCHMITZ-FEUERHAKE: Seit Jahren haben Forscher darauf hingewiesen, daß die Risikofaktoren in Hiroshima und Nagasaki sehr wesentlich davon abhängen, welche Kontrolle man benutzt. Ob man also not in city, kleiner als 1 rad oder die japanische Rate benutzt, ist sehr entscheidend. Wir haben ja den Standpunkt, daß man nur die japanische Rate benutzen darf. Die RERF-Autoren haben bestrahlte Kontrollen benutzt, weil nämlich noch eine zusätzliche Dosis durch fallout vorgelegen hat.

KELLERER: Darf ich kurz sagen, daß bei der Zwangslage den neuesten, manchmal etwas anekdotischen Sachen nachzulaufen oder publizierte Dinge zu benützen, ich mich schon darauf beschränken muß, eben die publizierten Dinge zu benützen, so sehr interessant auch Weiterentwicklungen sind.

SCHMITZ-FEUERHAKE: Sie sind publiziert. Diese Kritik an den Kontrollen ist von ehrenwerten.....

KELLERER:Ja, die Kritik im allgemeinen sicher schon, aber unter den Dosiswerten konnte ich Ihnen nur dieses DIA zeigen, das eben in einer Publikation vorliegt. Es ist eine interessante und wichtige Sache, trotzdem, wir sind als Wissenschaftler immer in gewissen Grenzen. Hier ist ein wirklich kontrolliertes belegtes statistisches Kollektiv. Würde es hohe Strahlenrisiken zeigen, dann würde es sicher allgemein akzeptiert. Zeigt es nun mal, daß vielleicht die überhöhten Strahlenrisiken nicht so da sind, dann ist man geneigt, das geht auch mir so, in anderen Kollektiven zu sehen. Wir alle sind daran interessiert, außergewöhnliche Beobachtungen dingfest zu machen, aber wie weit können wir gehen? Wir können genau wie bei der Anwendung statistischer Tests nicht einen Test machen, und geht der Test dann nicht, einen anderen nicht parametrischen Test anwenden bis wir was finden. Ich möchte damit nicht gegen die Verwendung des Tumorregisters, das ja gerade in Nagasaki gut ist, argumentieren, aber doch dagegen, daß man sich immer nur das aussucht, was eben gerade einen bestimmten Effekt zeigt und das andere dann negiert oder (Beifall)

SCHMITZ-FEUERHAKE: Das ist ja gerade der Vorwurf bei dieser einen exotischen Nagasakikurve.

Das Tumorregister ist auch deshalb sehr interessant. Sie haben ja die Frage, ob nicht die Neutronen doch einen wesentlichen Einfluß haben, wieder aufgeworfen. Da gibt es die alte Feststellung, daß auch die Leute not in city - also die gar nicht zur Zeit der Explosion in der Stadt waren - Leukämie und andere Strahleneffekte zeigen. Das kann man sehr gut in dem Tumorregister von Hiroshima und Nagasaki nachkontrollieren und die Zahlen sind ja jetzt auch veröffentlicht. Da muß man allerdings auch wieder auf die Art der gewählten Kontrolle achten. Wenn das so ist, und da gibt es einige 10.000 die da registriert sind, dann

können es nun wirklich nicht die Neutronen gewesen sein. Und ich zweifle nun also wirklich an diesen exotisch hohen RBW's bei kleiner werdender Dosis. Es hat sich auch gezeigt, daß im Laufe dieser 2 1/2 Jahre der Neutronenanteil, also nach Aussage der Leute die sich jetzt mit der Dosisrechnung beschäftigen, noch immer kleiner geworden ist.

KELLERER: Also da stimme ich Ihnen sicher bei, wenn die Neuauswertung der Dosimetrie fortschreitet, wenn die Neutronendosen tatsächlich noch tiefer sein werden, als sie jetzt angenommen werden, dann müßten schon sehr hohe Neutronen RBW's gültig sein, um das dann noch zu erklären. Es könnte also sehr wohl sein, daß wir am Ende doch überzeugt sind, daß es die Neutronen wohl nicht waren, aber bisher haben wir die Information noch nicht. Um noch Ihre Frage mit den Kontrollen zu beantworten: Es ist natürlich eine schwierige Frage. Soweit ich, der wirklich nicht der Spezialist dafür ist, es versucht habe, an die Daten für Japan als Ganzes zu kommen, so ist man doch immer wieder erschreckt, über die jährlichen Fluktuationen. Wir können auch sicher nicht über die Tatsache hinwegsehen, daß, wie auf dem DIA gezeigt, die Kontrollwerte für Nagasaki und Hiroshima für die Nichtleukämien-Tumoren so weit auseinander liegen. Da können wir halt nicht einfach japanische Daten ansetzen, sondern müssen uns auf die üblichen statistischen Techniken des Herausfilterns einer Dosiswirkungsbeziehung doch verlassen.

Insofern sind uns da Grenzen gesetzt, aber ich glaube, sonst müßten wir natürlich sicherlich noch unsere Augen aufhalten und nicht auf unsere eigenen Dogmas hereinfallen, die am Ende vielleicht doch nicht richtig sind. (Beifall)

BECK: Wie weit hat man bei diesen Dosisabschätzungen die individuelle Abschirmsituation der einzelnen Personen berücksichtigen können, denn das dürfte doch sehr verschieden werden, trotz dieser Holzbauweise. Zum Teil werden es auch nicht Ganzkörper-, sondern nur Teilkörperexpositionen gewesen sein, alle diese Unsicherheitsfaktoren gehen doch da mit ein.

KELLERER: Das ist einer der Gründe warum ich sagte, bitte erwarten Sie keine numerisch detaillierte Analyse von mir. Es wird eine große Aufgabe der nächsten Jahre sein, neben der allgemeinen Dosimetrie, die im wesentlichen Dosis frei Luft ist, jetzt die individuellen Abschirmfaktoren zu benutzen und wieder das herzustellen, was wir eigentlich schon hatten.

Ein guter Teil der Mühen von ABCC und RERF war ja dazu aufgewandt worden, aufgrund der alten Oak Ridge-Dosimetrie individuell geschätzte Abschirmdosen, denn ich's jetzt mal Körperdosen, für die Leute zu berechnen. Da hatte man sich sehr große Mühe gemacht, das liegt alles auf Computerbändern in Hiroshima und ist leider nicht öffentlich zugänglich, als numerische Daten. Aber man hat sehr, sehr sorgfältig individuelle Dosis-schätzungen gemacht. Man war auch in der glücklichen Lage, daß aufgrund japanischer Gewohnheiten, solche Dosis-schätzungen sehr viel besser möglich waren, als sie bei uns möglich wären. Es ist nämlich so, daß die japa-

nischen Häuser, wie Sie ja vielleicht wissen, modular gebaut sind auf Mattengröße. Jeder weiß, das war ein acht Matten-Zimmer, das war ein vier Matten-Zimmer, wo ich gerade war in diesem bemerkenswerten Augenblick. Also fast jeder dieser Japaner konnte sich erinnern, in einem wie großen Raum, in welchem Raum seines Hauses mit welcher Größe er stand, sogar auf welcher Matte er stand. Er konnte also metergenau angeben, wo er im allgemeinen genau war und man konnte dann schon rekonstruieren mit einiger Genauigkeit, wie diese Abschirmfaktoren waren, die natürlich von überragender Bedeutung sind. Wenn Sie sich an das Bild erinnern, wo der eine junge Mann in Abstand von 80 m vom Hypozenter überlebt hat, natürlich nur weil er tief unten in einem Keller als Hausmeister beschäftigt war in diesem Moment.

GRAUL: Sie haben Dosisabschätzungen gemacht, Risikoabschätzungen, aber Sie haben immer in Ihrem Vortrag von kleinen Dosen gesprochen. Ich konnte das nicht so schnell verfolgen, was bezeichnen Sie eigentlich als kleine Dosen?

KELLERER: Das kommt darauf an, welchen Hut ich aufsetze. Als Strahlenbiologe würde ich natürlich als kleine Dosis die Dosis bezeichnen, jetzt vielleicht mal als eine mögliche Definition, wo im Kern der Zelle im wesentlichen nur ein ionisierendes Teilchen auftritt, so daß ich zumindest für die zellulären Strahlenwirkungen Linearität annehmen kann.

Als kleine Dosen im Bereich epidemiologischer Studien sind wir etwas weniger anspruchsvoll, etwas bescheidener und bezeichnen als klein das, was die unteren Grenzen dessen ist, wo man noch Beobachtungen am Menschen hat. Das ist halt doch auch in Hiroshima, sagen wir eine Luftdosis zwischen 10 und 50, wo wir die ersten Effekte zu sehen glauben, das allerdings dann mit Abschirmung sehr wohl eine Dosis auch etwas unter 10 rad sein kann. Aber das sind natürlich, wenn Sie sich's jetzt mikrodosimetrisch ansehen, noch keine kleinen Dosen, denn auch bei 3 rad wird der Kern der Zelle noch von vielen Teilchen durchquert, so daß wir für locker ionisierende Strahlen selbst bei Effekten auf autonome Zellen, durchaus nicht Linearität postulieren könnten. Das ist doch ein Vorgang, wo sehr viele Ereignisse zusammenwirken. Für Neutronen ist es anders, da tritt in den meisten Zellen dann kein Absorptionsereignis mehr auf und wenn überhaupt, dann höchstens eins. Da wäre also Linearität für die einzelnen zellulären Wirkungen zu postulieren. Aber wir wissen inzwischen, wir sind vorsichtig genug geworden, daß, wenn wir solche Linearität für genetische Effekte akzeptieren, wir sie sicher nicht mehr für Strahlenkarziogenese akzeptieren können, denn Tierversuche haben es gezeigt, daß auch im Bereich kleiner Dosen in diesem Sinne der Einzelereignisse noch hochkomplexe Dosiswirkungsbeziehungen möglich sind.

FRAGE: Sie haben gesagt, daß Sie genetische Schäden nicht beobachtet haben. Bezieht sich das auch auf die 85 % Totmutanten und auf die in fünf Generationen erst zu erwartenden Schäden? Haben Sie 15 % nicht Totmutanten auch nicht gesehen?

KELLERER: Also die letzte Publikation von Schull und anderen von Hiroshima kam zu keinen beobachteten Erbschäden an den

Kindern der Überlebenden. Es werden starke Anstrengungen gemacht, veränderte Proteinmuster zu erkennen in Hiroshima, ich weiß nicht, ob man da die besten Techniken angewendet hat. Ich bin überzeugt, daß Herr Kollege Vogel uns da sehr viel Genaueres noch sagen wird im Laufe der Tagung. Ich wäre durchaus nicht überrascht, wenn es eines Tages noch möglich wäre, da etwas herauszufiltern, was wir eben bisher noch nicht gesehen haben.

T E I L N E H M E R L I S T E

AHLERS,G., Kassel	ELGER,R.-M., Berlin
ALBERTUS,E.C., Bielefeld	ENGELS,A., Aachen
ALTHAUS,K.W., Münster	FEINE,U., Tübingen
ANGER,K., Aachen	FEINENDEGEN,L.E., Jülich
ARNAL,M.-L., Hamburg	FELTEN,R., Köln
BASSE,G., Hamburg	FENZL,F., Gorleben
BECK,H.R., Karlsruhe	FERNHOLZ,H.J., Karlsruhe
BENTELE,W., Neckarwestheim	FESER,J., Hamburg
BETZ,B., Neuherberg	FIDORRA,J., Köln
BICKEL,H., Marburg	FISCHER,E., Krefeld
BIELICKE,H.J., Duisburg	FISCHER,K., Schwandorf
BLATTMANN,H., Freiburg	FLACH,H.-D., Ludwigshafen
BÖRNER,W., Würzburg	FLEMMING,K., Freiburg
BÖTTGER,M., Hamburg	FLIEDNER,T.M., Ulm
BOPP,J.H., Cloppenburg	FRICKE,J., Frankfurt
BORCHERS,H.-D., Hamburg	FRIDRICH,R., Basel
BOSE,B., Hannover	GEHRMANN, Mühlheim/Ruhr
BRILL,G., Hofgeismar	GERHARD,W., Neumarkt-Opf.
BROLL-VON HORN,U., Steinhagen	GERKEN,F., Schwarzenbek
BRÜCKNER-JUNIOR,M., Frankfurt	GERSTLE,W., Mannheim
BUNDE,E., München	GIESE,Ch., Bonn
BURMEISTER,H., Hamburg	GÖHDE,W., Münster
CORDT, Zürich	GLÖBEL,B., Homburg/Saar
CRONEMEYER,H., Hürth	GOTT,D., Bremerhaven
DAIBER,W., Stade	GOY,W., Essen
DIETER,E., Nordhorn	GRAUL,E.H., Marburg
DISS,P.J., Genève	GRÜNEWALD,B., Hamburg
DORSCH,W., Regensburg	GUDDEN,F., Erlangen
DREXLER,G., Neuherberg	GUMPRECHT,D., Köln
DZIEKAN,H., Mannheim	HABERMALZ,H.-J., Bremen
DÜHMKE, Kiel	HAGEMANN,J., Wentorf b.Hamburg
EBERBACH, Mainz	HAHN,K., Mainz
EBERT,W., Göttingen	HAHNDORF,U., Freiburg
EHRMANN,A., Nürnberg	HARTWIG,G., Lübeck
EISSNER,D., Mainz	HAUBOLD,U., Berlin

HEFELE, B., Hanau
 HEIMERZHEIM, R., Hamburg
 HEINEMANN, G., Hollern
 HEINZEL, F., Zürich
 HENNING, K., Geesthacht
 HERRMANN, G., Eggenstein
 HERZBERG, B., Berlin
 HEY, W., Ludwigshafen
 HILLERBRAND, M., Erlangen
 HINZ, G., Putzbrunn
 HOCK, R., Offenbach
 HÖLTING, G., Bochum
 HOLECZKE, F., Wien
 HOLM, L.-E., Stockholm
 HOLTHAUS, J., Geesthacht
 HORNIG, H., Düsseldorf
 HUCKERT, G., München
 JANSSEN, N., Wilnsdorf
 JANSSEN, U., Hamburg
 JENSEN, G., Stade
 JENSEN, W., Hamburg
 JENCZEWSKI, D., Hamburg
 JENSEN, J.M., Kiel
 JESSEN, D., Hamburg
 JORDAN, H.-D., Hamburg
 KÄTLITZ, E.-U., Stade
 KAHLHÖFER, J., Neumünster
 VAN KAICK, G., Heidelberg
 KAISER, N., Garching
 KARCK, G., Malente
 KAUL, A., Neuherberg
 KELLER, G., Homburg/Saar
 KELLERER, A., Würzburg
 KELLNER, H., Essen
 KEMMER, W., Bonn
 KLEIN, G., Berlin
 KNOLL, D., Hamburg
 KÖNIG, L., Karlsruhe
 KOEPPE, P., Berlin
 KOLLERT, W., Wuppertal
 KRÄMER, M., Berlin
 KRAEMER, W., Schwarzenbek
 KRÄMER, W.O., Wattenheim
 KREBS, A., Bonn
 KREBS, A.H., Siegburg
 KRIEGEL, H., Neuherberg
 KRINGS, U., Geesthacht
 KROLL, U., Bernried
 KROST, H., Neu-Isenburg
 KRUPP, F., Mainz
 KÜHN, H., Mechernich
 KUENG, W., Basel
 LADNER, H.-A., Freiburg
 LANG, E.-M., Hamburg
 LANG, G., Hamburg
 LANGENDORFF, G., Quickborn
 LASKOWSKI, W., Berlin
 LEETZ, H.-K., Homburg/Saar
 LEHMANN, W., Lübeck
 LEISING, K., Braunschweig
 LENNÉ, H., Kiel
 LEPPIN, W., Hamburg
 LETZSCH, A., Heidelberg
 LINKE, T., Hamburg
 LÖFFLER, G.H., Speyer
 LUCKEY, T.D., Columbia, Missouri
 LUDWIG, F.C., Irvine, California
 LÜCKE, F., Hameln
 LÜDKE, W., Hamburg
 MADER, H., Wien
 MADER, M., Wien
 MAINTZ, E., Hamburg
 MAKIOLA, K., Hamburg
 MANTHEY, H.-J., Geesthacht
 MARCIC, I., Mühlheim/Ruhr
 AUF DER MAUR, A., Luzern

MEIER, M., Bern
 MEIER-BARTLOG, D., Sindelfingen
 MEISSNER, Borstel
 MELZER, E., Wien
 MESSERSCHMIDT, O., München
 MEYER-HICKEN, Hamburg
 MICHALKE, G., Wilhelmshaven
 MICHEL, C., Zürich
 MIELENZ, E., Berlin
 MIKLAW, M., Heidelberg
 MÖHRLE, G., Karlsruhe
 MOHR, W.R., Erlangen
 MOHS, E., Frankfurt
 MÜLLER, R., Basel
 MÜLLER, R., Siegburg
 MÜLLER, S., Hannover
 NAGEL, D., Hamburg
 NECKER, G., Karlsruhe
 NEUMANN, Stuttgart
 NEUMEISTER, K., Karl-Marx-Stadt
 NIED, K., Kaiserslautern
 NIERMANN, W., Kruft
 NIESERT, B., Stuttgart
 NIKLAS, K., Neuherberg
 NÜSE, P., Heide
 OBERSCHULTE-BECKMANN, D., Stolberg
 OESER, H., Berlin
 OHLENSCHLÄGER, L., Karlsruhe
 OSTER, H., Hanau
 OSTERHOFF, B., München
 OTTO, H., Essen
 PETERSEN, Hamburg
 PETZEL, H., Stuttgart
 PFALLER, W., Innsbruck
 PFOB, H., Offingen
 PICHMANN, G., Grevenbroich
 POESCHEL, A., Fulda
 POHLE, D., Krefeld
 POLAK, S., Wien
 POPPENBERG, H., Bremen
 RADVAN, H., Holzminden
 RAFTOPOULO, J.C., Darmstadt
 RAINER, O., Klagenfurt
 REICH, H., Winsen/Luhe
 REINERS, CHR., Würzburg
 RENFER, H., Bern
 RENNER, H., Geesthacht
 RIEPEN, O., Brunsbüttel
 RITZL, F., Wuppertal
 RÖSLER, H., Bern
 ROSENBAUM, O., Düsseldorf
 ROTH, M., Bochum
 ROTHBAUER, G., Wien
 RÜBENBERG, P., Twielenfleth
 SÄBEL, M., Erlangen
 SAUER, J., Bremen
 SAUERMAN, P.F., Jülich
 SEELIGER, E., Escheburg
 SEMILLER, H.-A., Brüssel
 SOYKA, W., Bremen
 SPANG, A., Erlangen
 SPIESS, R., Würenlingen
 SCHAEFER, P., Berlin
 SCHEFFLER, A., Berlin
 SCHELLHAS, H., Ettlingen
 SCHLIETER, B., Frankfurt
 SCHLINGMANN, F., Mannheim
 SCHMIDT, J., Oldenburg
 SCHMIDT, M.-L., Gütersloh
 SCHMIDT, R., Sandesneben
 SCHMIDTBAUER, A., Essen
 SCHMITZ-FEUERHAKE, I., Hannover
 SCHRÖDER, O.W., Dorsten
 SCHNURRENBERGER, E., Basel

SCHÜTZ, J., Münster
SCHWARZ, P., Espelkamp
SCHWARZ, E. R., München
STAHL, K. D., Hamburg
STAN, S., Hannover
STELZER, R., Hamburg
STIEVE, Fr.-E., Neuherberg
STOSBERG, J., Wesseling
STRAUCH, E., Göttingen
STREFFER, C., Essen
STRIETZEL, G., Malente
STRUNCK, H., Ingelheim
STUCKENHOLZ, C.-A., Hiddenhausen
TÄGDER, K., Bonn
TAURIT, R., Lübeck
TESSIN, K., Ratzeburg
THIEL, C., Wolfsburg
THOMAS, B., Berlin
TÜRCK, D., Wiesbaden
TUSCHL, H., Seibersdorf
VOGEL, Fl., Heidelberg
VOIGT, G., München
VOLF, V., Karlsruhe
VOLLBORN-BAUR, M., Hamburg
WACHSMANN, F., Neuherberg
WALLENWEIN, E. H., Hamburg
WALTER, N., Soest
WALTNER, H., Graz
WEHE, G., Kassel
WEICKHARDT, U., Luzern
WEISSWANGE, M.-H., Bad Homburg
WENDORFF, D., Kiel
WICHERT, H., Essen
WICK, R. R., Neuherberg
WIERHEIM, G., Bergisch-Gladbach
WIRTH, R., Kiel
WOLF, F., Erlangen
WOLLNER, Th., Hamburg
WÜRTHNER, K., Hamburg
WÜSTEFELD, E., Krefeld
ZEHNER, H., Hamburg
ZIMMER, R., München
ZUR, K., Kiel
ZYWIETZ, Hamburg