

H. Kuni, Marburg<sup>1</sup>

## **2. Stellungnahme zur Erklärung der Strahlenschutzkommission (SSK) vom Sept. 1995**

Zur Anwendung eines pauschalen Strahlungswichtungsfaktors von 25: Die Strahlenschutzverordnung empfiehlt lediglich einen pauschalen (energieunabhängigen) Qualitätsfaktor von 10, der auf Empfehlungen von 1973 zurückgeht. Es ist deshalb gerechtfertigt, ihn durch den von einer internationalen wissenschaftlichen Arbeitsgruppe 1986 empfohlenen Wert von 25 zu ersetzen. Für den von der ICRP 60 empfohlenen Wert von 20 sowie die energieabhängig noch niedrigeren Werte unter 20 fehlt eine wissenschaftlich nachvollziehbare Begründung, da die meisten experimentell beobachteten Werte für Tumorerzeugung durch Neutronen eine wesentlich höhere relative biologische Wirksamkeit gezeigt haben.

Die ICRP behauptet zwar, im Strahlungswichtungsfaktor für Neutronen sei berücksichtigt, daß der für lockerionisierende Strahlen angenommene Dose and Dose Rate Effectiveness Factor (DDREF) von Zwei für Neutronen nicht zutrifft. Dies bedeutet aber, daß für den Bereich höherer Dosen lediglich von einer relativen biologischen Wirksamkeit der Neutronen von maximal 10 ausgegangen worden ist, ein Wert, der die experimentellen Ergebnisse bei weitem nicht beschreibt und zudem gegenüber dem bisherigen Qualitätsfaktor keine reale Änderung darstellte.

Inzwischen zeigen die epidemiologischen Daten der Atombombenopfer und anderer Kollektive nach Strahlenbelastung so eindeutig lineare Dosiswirkungskurven, die DDREF für keine Strahlenart mehr gerechtfertigt werden kann.

Die ICRP läßt es in der Tat offen, welche Art lockerionisierender Strahlen die Bezugsstrahlung für den Strahlungswichtungsfaktor darstellt. Dies ist konsequent, wenn die ICRP willkürlich für alle lockerionisierenden Strahlen einen Strahlungswichtungsfaktor von Eins empfiehlt. Tatsächlich unterscheidet sich die relative biologische Wirksamkeit von Röntgen- und Gammastrahlen, wie auch die ICRP konzediert, um den Faktor Zwei. Würde also Gammastrahlung statt der in der wissenschaftlichen Welt üblichen Röntgenstrahlung als Bezugsstrahlung herangezogen, vergrößerte sich die Diskrepanz zwischen dem

---

<sup>1</sup> Prof. Dr. Horst Kuni, Klinische Nuklearmedizin, Med. Zentrum für Radiologie, Philipps-Universität Marburg, 35033 Marburg/Lahn, <http://staff-www.uni-marburg.de/~kuni/h/>, [h.kuni@mail.uni-marburg.de](mailto:h.kuni@mail.uni-marburg.de)

empfohlenen Strahlungswichtungsfaktor und den experimentell beobachteten Werte um den Faktor Zwei. Die Argumentation der SSK dreht sich also im Kreise.

Nach einer neueren Publikation von Straume [1995] ist die mittlere Energie der Atombombenstrahlung mit 3 MeV anzusetzen. Zwischen Strahlung dieser Energie und Röntgenstrahlung besteht ein Unterschied der biologischen Wirksamkeit von Vier. Im Lichte dieser Arbeit muß also der von Kuni angesetzte Faktor Zwei zum Ausgleich des Wirksamkeitsunterschiedes zwischen der Atombombenstrahlung und der Referenzstrahlung für dichtungisierende Strahlen auf Vier erhöht werden.

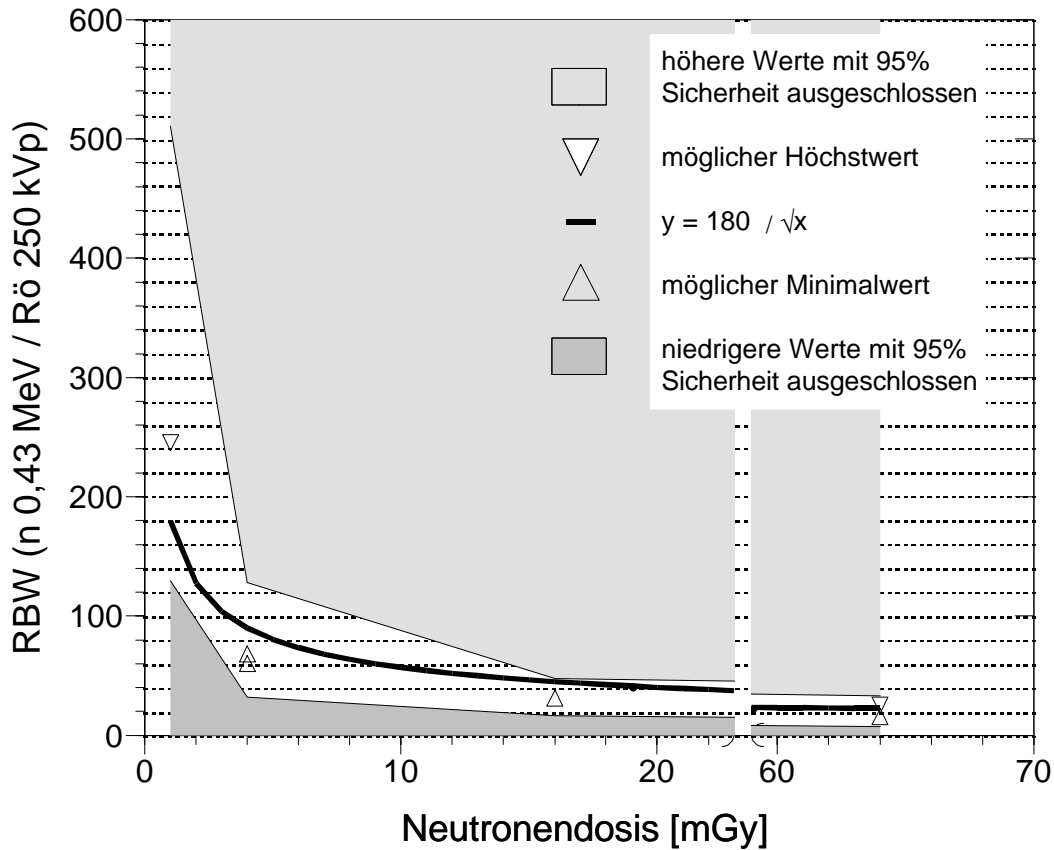
Die ICRP diskutiert zwar die Wirksamkeitssteigerung von Neutronen bei niedriger Dosisleistung und bei niedrigen Dosen. Die Behauptung, dies sei in den empfohlenen Wichtungsfaktoren berücksichtigt, ist quantitativ nicht nachvollziehbar. Die SSK macht sich die Behauptung der ICRP zu eigen, die hohen Werte der relativen biologischen Wirksamkeit von Neutronen, im Vergleich zu Röntgenstrahlen für die Erzeugung von Tumoren der Brustdrüse im Tierversuch bis zu 180, beruhen auf einer im Niedrigdosisbereich abnehmenden Wirksamkeit von Gammastrahlen. Dies wird aber von der experimentellen Realität nicht gedeckt [Kellerer 1974]. Die Dosiswirkungsrelation für Röntgenstrahlen war in diesen Versuchen linear. Die Strahlendosen lagen zwischen 280 und 840 mGy, einem Bereich, in dem auch die ICRP für Röntgenstrahlen noch nicht einmal einen Wirksamkeitsunterschied von Zwei annimmt. Der Unterschied zwischen einer relativen biologischen Wirksamkeit von knapp 20 bei einer Neutronendosis von 80 mGy und 180 bei einer Neutronendosis von 1 mGy, also um das Neunfache, ließe sich auch nicht mit einem Wirksamkeitsunterschied von Zwei für Photonenstrahlen erklären (s. Abb. 1 (S. 3). Beim Menschen ist im übrigen für die Erkrankung an bösartigen soliden Tumore aller Art eine lineare Dosiswirkungsrelation für die Atombombenstrahlung bis in einen Dosisbereich um 4 Sv [Thompson et al. 1992/1994], für den Brustkrebs der Frau sogar bis 6 Sv gefunden worden [Tokunaga et al. 1994].

Die zunehmende relative biologische Wirksamkeit der Neutronen bei niedrigen Dosen kann also nicht auf einer abnehmenden Wirksamkeit der Photonenstrahlen im Niedrigdosisbereich beruhen, sondern muß auf eine höheren Wirksamkeit der Neutronen zurückgeführt werden. Es ist deshalb fehlerhaft, in früheren Experimenten mit hohen Neutronendosen beobachtete, relativ niedrige Faktoren der relativen biologischen Wirksamkeit auf den Niedrigdosisbereich anzuwenden.

Die Behauptung, die Aussagen zur hohen relativen Wirksamkeit von Neutronen im Niedrigdosisbereich seien deshalb in sich unstimmgig, da ihre Anwendung auf die Neutronendosen in Hiroshima zu entsprechend niedrigeren "Risikoabschätzungen" führe, ist ein grober Fehlschluß, der zudem die reichhaltige wissenschaftliche Literatur zu dieser Thematik nicht beachtet. Dies ist bereits in einer gesonderten Schrift ausführlich belegt worden [Kuni 1995a].

Eine Auswertung des einzigen menschlichen Kollektivs, das regelmäßig einer erhöhten Strahlenbelastung durch Neutronen ausgesetzt ist, liefert Indizien dafür, daß die Bewertung der Neutronen durch Kuni ihre Wirksamkeit eher unter- als überschätzt [Kuni 1995b]. Die Verbesserung der Bewertung um

einen weiteren Faktor Zwei nach Straume dürfte die Lücke zwischen dem beobachteten, überraschend großen medizinischen Effekt und der theoretisch erwarteten krebserzeugenden Wirksamkeit weiter



schließen helfen.

Abb. 1: Die Abhängigkeit der relativen biologischen Wirksamkeit (RBW) bei einer Bestrahlung mit Neutronen (430 keV) von der Neutronendosis bei der Erzeugung von Mammatumoren der Ratte.

In dieser parameterfreien Auswertung zeigen die schraffierten Flächen den Bereich, der mit 95%-Vertrauensbereich als RBW ausgeschlossen werden konnte. Die fett ausgezogene Kurve mit negativer Steigung entspricht der theoretisch angenommenen inversen Abhängigkeit der RBW von der Quadratwurzel der Dosis.

Referenzstrahlung: 250 kVp Röntgenstrahlung  
nach Kellerer [1974]

## Literatur

Kellerer, A.M. 1974

Die Wirkung kleiner Strahlendosen

In: Kärcher, K.H., Streffer, C. (Hrsg.): Die Strahlenwirkung auf das Lymphsystem unter der besonderen Berücksichtigung kleiner Dosen

Springer, Berlin, Heidelberg, New York 1994, S. 1 ff.

Kuni, H. 1995a

RBW der Neutronen und Epidemiologie der Atombombenopfer in Hiroshima und Nagasaki

Manuskript, Marburg

Kuni, H. 1995b

Epidemiologische Hinweise zur RBW von Neutronen

Manuskript, Marburg

Straume, T. 1995

High-Energy Gamma Rays in Hiroshima and Nagasaki: Implications for Risk and  $w_R$

Health Phys. 69, 954-956

Thompson, D.E., Mabuchi, K., Ron, E., Soda, M., Tokunaga, M., Ochikubo, S., Sugimoto, S., Ikeda, T., Terasaki, M., Izumi, S., Preston, D.L. 1992/1994

Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors. Part II: Solid Tumors, 1958-1987

Technical Report, Hiroshima, 1992, RERF TR 5-92

Radiat. Res. 137, 1994, S17-S67

Tokunaga, M., Land, Ch.E., Tokuoka, S., Nishimori, I., Soda, M., Akiba, S. 1994

Incidence of Female Breast Cancer among Atomic Bomb Survivors, 1950-1985

Radiat. Res. 138, 209-223