Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

http://www.ssk.de

Grenzwerte für die Strahlenexposition der Haut beim beruflichen Umgang mit ionisierender Strahlung

Stellungnahme der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 251. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 25. Oktober 2011

Inhalt

1 Fragestellung 3
2 Hintergrund 3
3 Dosiseintrag in der Haut bei beruflicher Strahlenexposition 4
4 Epidemiologische Studien 4
5 Stellungnahme 5
6 Literatur 6

1 Fragestellung

Eine neuere Auswertung der Daten der Atombombenüberlebenden (Preston et al. 2007) analysiert das zusätzliche relative Risiko (Excess Relative Risk, ERR) für das Auftreten von nicht-melanozytärem Hautkrebs. Auf Grund dieser Daten stellte das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit die Frage, ob die bisherige Begrenzung der Organdosis der Haut zusammen mit der Begrenzung der effektiven Dosis weiterhin als ein ausreichender Schutz gegen stochastische Wirkungen an der Haut angesehen werden kann und welche Schlussfolgerungen ggf. für den Strahlenschutz beruflich strahlenexponierter Personen gezogen werden müssen oder können.

2 Hintergrund

Die Grenzwerte für die Exposition der Haut mit ionisierender Strahlung im Rahmen beruflicher Tätigkeiten sind durch § 55 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV 2001) sowie § 31 Röntgenverordnung (RöV 2003) festgelegt.

Für strahlenexponierte Personen beträgt der Grenzwert der Organdosis für die Haut sowie für Hände, Unterarme, Füße, Knöchel jeweils 500 mSv im Kalenderjahr (§ 55 Abs. 2 Satz 2 StrlSchV; § 31a Abs. 2 Satz 2 RöV). Dieser bezieht sich auf die lokale Hautdosis, als Produkt der gemittelten Energiedosis über eine bestimmte Hautfläche in 0,07 mm Gewebetiefe und dem Strahlungs-Wichtungsfaktor w_R, repräsentiert durch den Wert der Messgröße $H_p(0,07)$. Die Mittelungsfläche beträgt 1 cm^2, unabhängig von der exponierten Hautfläche (StrlSchV Anl. VI, Teil B Nr. 1; RöV § 2 Abs. 6d).

Die effektive Dosis wird bei alleiniger Exposition der Haut durch Multiplikation der mittleren Hautdosis mit dem Gewebe-Wichtungsfaktor $w_{Haut} = 0,01$ erhalten. Ihr Grenzwert beträgt gemäß StrlSchV § 55 Abs. 1, RöV § 31a Abs. 1 und ICRP 103 (ICRP 2007) 20 mSv im Kalenderjahr. Die Berechnung beruht auf der Mittelung der $H_p(0,07)$ über die gesamte Haut (StrlSchV 2001). Die mittlere Hautfläche für Erwachsene beträgt nach ICRP 103 für Männer 1,9 m^2 und für Frauen 1,66 m^2. Eine lokale Hautdosis von 500 mSv (gesamt exponierte Fläche 1 cm^2) entspricht deshalb bei einer Gesamthautfläche von 1,9 m^2 einer effektiven Dosis von nur 0,26 µSv. Auch bei einer Exposition der gesamten Haut mit einer Dosis von 500 mSv würde sich nur eine effektive Dosis von 5 mSv ergeben.

Die Gewebe-Wichtungsfaktoren basieren im Wesentlichen auf Daten der Überlebenden der Atombombenexplosionen in Japan (Life span study) zu Krebsmortalität (Preston et al. 2003) und Krebsinzidenz (Preston et al. 2007). Die zugrunde liegenden Dosiswerte beziehen sich ausschließlich auf Neutronen- und Gammastrahlung mit einer hohen Durchdringungsfähigkeit. Strahlung mit niedriger Durchdringungsfähigkeit wurde hier nicht berücksichtigt. Die Verwendung der daraus abgeleiteten Gewebe-Wichtungsfaktoren setzt daher die Mittelung über die gesamte Hautfläche voraus. Im Bereich der beruflichen Strahlenexposition kommt eine homogene Bestrahlung der gesamten Hautfläche bezogen auf die Grenzwerte praktisch nicht vor.

Strahleneffekte können stochastischer (z. B. Tumorinduktion) oder deterministischer Natur (z. B. Hautatrophie) sein. Sie entstehen nur an exponierten Lokalisationen. Die Haut stellt ein großes Zielorgan dar, in dem durch die unregelmäßig geformte Fläche, aber auch durch (partielle) Abschirmung durch Haare, Kleidung etc., erhebliche Dosis-Inhomogenitäten auftreten können. Zudem können – als Besonderheit der Haut – mehrere Tumoren an unterschiedlichen Lokalisationen auftreten.

Hautkrebs lässt sich untergliedern in das maligne Melanom und die nicht-melanozytären Formen, das Plattenepithel-Karzinom und das Basalzell-Karzinom. Während das maligne Melanom und das Plattenepithel-Karzinom spät erkannt eine schlechte Prognose aufweisen, ist die Lebenserwartung durch das Basalzell-Karzinom in der Regel unbeeinflusst – hier steht eher die Einschränkung der Lebensqualität durch das destruierende Wachstum, z. B. im Gesichtsbereich, im Vordergrund.

Insgesamt ist Hautkrebs eine der häufigsten Tumorerkrankungen, vornehmlich induziert durch UV-Strahlung. In Deutschland werden jedes Jahr etwa 195 000 Fälle einer der drei Hautkrebsformen neu diagnostiziert (www.krebsregister-sh.de). Darunter sind 24 000 maligne Melanome, 54 000 Plattenepithel-Karzinome und 117 000 Basalzell-Karzinome.

3 Dosiseintrag in der Haut bei beruflicher Strahlenexposition

In Deutschland wird die Hautdosis nur selten explizit erfasst. Im Bericht des Bundesamtes für Strahlenschutz über die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2007 (Frasch et al. 2009) werden lediglich 44 überwachte Personen, davon 22 exponiert, aufgeführt; die mittlere lokale Hautdosis ($H_p(0,07)$) der exponierten Personen betrug 6 mSv. Da so wenige Daten vorliegen, wurden die Daten für die Strahlenexposition der Hände mit herangezogen, da für diese ebenfalls als Messgröße $H_p(0,07)$ verwendet wird. In Bezug auf die Exposition der Hände wurden 19 724 Personen überwacht, davon waren 5 923 exponiert, mit einer mittleren Dosis der Hände von 15 mSv; es traten vier Überschreitungen des Jahresgrenzwertes von 500 mSv auf. Der Bericht zeigt, dass der Anteil des medizinischen Bereichs an der Kollektivdosis der deutlich größte ist, wobei davon wiederum der größte Anteil auf den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen entfällt. Ein Problem ist, dass die Dosen meist an den Fingerinnenseiten gemessen wurden, an denen die mittlere Epidermisdicke ca. 0,3 mm beträgt (Konishie und Yoshizawa 1985). Aus Cross et al. (1982) wird abgeleitet, dass $H_p(0,07)$ damit die tatsächliche Dosis in der Basalschicht der Epidermis um bis zu einem Faktor 35 überschätzt.

4 Epidemiologische Studien

In der Life Span Study, welche sich auf die japanische Bevölkerung bezieht, konnten für viele Krebsformen klare Assoziationen von Strahlendosis und Krebshäufigkeit gezeigt werden. Durch eine sorgfältige Datenerhebung mit einer Implementierung von Krebsregistern und Abgleich von Sterbestatistiken stellt die Life Span Study eine weltweit einzigartige Datengrundlage dar. Die wesentlichen Ergebnisse sind wissenschaftlich valide und konsistent.

Preston und seine Mitautoren analysierten 2007 in einer neueren Auswertung der Daten der Atombombenüberlebenden das zusätzliche relative Risiko (Excess Relative Risk, ERR) für das Auftreten von nicht-melanozytärem Hautkrebs. Dafür wurden zwei verschiedene Modelle zu Grunde gelegt: eine lineare Dosisabhängigkeit und eine Zunahme der Steigung der Dosis-Effekt-Geraden bei 1 Gy. In Abhängigkeit vom zu Grunde gelegten Modell ergab sich ein ERR bei 1 Gy (ERR_{1Gy})[a] von 0,58 (lineare Dosis-Effekt-Beziehung) bzw. 0,17/Gy für Dosen <1 Gy und 1,2/Gy (90 %-KI: 0,57–2,3) für Dosen >1 Gy (Wechsel der Steigung), wobei letzteres Modell die Daten signifikant besser beschreibt. Bezüglich der Histologie ergab sich eine starke Assoziation zwischen Strahlenexposition und dem Auftreten von Basalzell-Karzinomen mit einem ERR_{1Gy}=0,57 (90 %-KI: 0,18–1,38) für die lineare Anpassung bzw.

[a] Die hier angegebene Dosis (weighted skin dose, shielded kerma in Gy (Preston et al. 2007) bzw. Sv (Run et al. 1998)) ist vergleichbar mit der o. g. mittleren Hautdosis (Gammadosis plus 10-mal Neutronendosis).

0,48 (90 %-KI: 0,12–1,3) für Dosen <1 Gy und 2,64 (90 %-KI: 2,2–3,0) für Dosen >1 Gy bei wechselnder Steigung.

In früheren Analysen der Life Span Study (Ron et al. 1998) ergab sich für nicht-melanozytären Hautkrebs insgesamt ein ERR_{1Sv}[a] von 0,62 (90 %-KI: 0,23–1,30) und für Basalzell-Karzinome von 1,8 (90 %-KI: 0,83–3,30). Eine nachfolgende Auswertung (Kishikawa et al. 2005) ergab ein ERR pro Dosis für Basalzell-Karzinome von 1,9 pro Sv (95 %-KI: 0,8–3,9).

Die Ergebnisse zum nicht-melanozytären Hautkrebs aus der Life Span Study sind insgesamt als aussagekräftig zu bezeichnen. Von einem Zusammenhang von Strahlendosis und Häufigkeit des Basalzell-Karzinoms ist auszugehen. Für das Auftreten von Plattenepithel-Karzinomen fand sich in der Life Span Study kein signifikanter Zusammenhang mit der Strahlendosis. Für die Beurteilung des Auftretens von malignen Melanomen in Abhängigkeit von der Strahlendosis ist die Life Span Study ungeeignet, da im Nachbeobachtungszeitraum von etwa 40 Jahren nur 17 Erkrankungen auftraten.

In der Modellierung der Dosisabhängigkeit des Basalzell-Karzinoms bei Preston et al. (2007) fällt auf, dass das ERR für Dosen <1 Gy mit 0,17/Gy deutlich niedriger ausfällt als für höhere Dosen (>1 Gy ERR 1,2/Gy). Dies wirkt sich unmittelbar auf die Abschätzung der attributablen Fraktion (d. h. der geschätzte Anteil der Tumoren, welche der Strahlenexposition zuzuschreiben ist) aus. Bei Strahlendosen <0,1 Gy sind nur bis zu 3 % der Basalzell-Karzinome einer Strahlenexposition zuzuschreiben. Bei Dosen zwischen 0,1 und <1 Gy liegt die attributable Fraktion bei 10-18 %. Bei Strahlungswerten >1 Gy steigt der zuschreibbare Anteil auf über 50 %.

Bei Nutzung der Preston-Studie (Preston et al. 2007) zur Risikobewertung ist eine eingeschränkte Übertragbarkeit der Ergebnisse für einzelne Hautkrebsformen auf europäische Verhältnisse zu diskutieren. Das maligne Melanom hat eine jährliche nach dem Weltstandard für Deutschland berechnete altersstandardisierte Inzidenzrate von 11,9 pro 100 000 für Männer und 12,6 pro 100 000 für Frauen (Globocan 2008), kommt jedoch in Japan nur selten vor (M: 0,5 pro 100 000; F: 0,6 pro 100 000). Für den nicht-melanozytären Hautkrebs liegen auf Grund der mangelnden internationalen Erfassung keine validen Inzidenzdaten vor, jedoch dürften die Unterschiede zwischen Deutschland und Japan ähnlich sein.

5 Stellungnahme

Die SSK nimmt wie folgt Stellung:

- Die neue Auswertung der Daten der Life Span Study kommt zu validen Risikoabschätzungen in Bezug auf eine homogene Exposition der Haut mit durchdringender Strahlung.
- Die neuen Analysen von Preston et al. (2007) bestätigen im Wesentlichen die bisherigen Erkenntnisse aus der Life Span Study. Eine Änderung der bestehenden Begrenzung der Organdosis für die Haut zusammen mit der Begrenzung der effektiven Dosis erscheint daher nicht angezeigt.

Bei beruflich strahlenexponierten Personen treten üblicherweise Dosis-Inhomogenitäten und unterschiedliche Expositionen für Lokalisationen mit unterschiedlicher Epidermisdicke auf. Diese liegen in der Life Span Study nicht vor. Dosis-Inhomogenitäten müssten eigentlich

[a] Die hier angegebene Dosis (weighted skin dose, shielded kerma in Gy (Preston et al. 2007) bzw. Sv (Run et al. 1998)) ist vergleichbar mit der o. g. mittleren Hautdosis (Gammadosis plus 10-mal Neutronendosis).

berücksichtigt werden, wenn man die Ergebnisse der Life Span Study auf die berufliche Strahlenexposition übertragen wollte.

Die Verwendung von $H_p(0,07)$ zur Beschreibung der lokalen Hautdosis an den Händen ist nicht optimal. Ein neues Konzept, welches beispielsweise die unterschiedliche Hautdicke an verschiedenen Lokalisationen und die damit assoziierte Dosisabschwächung in Abhängigkeit von der Strahlungsenergie berücksichtigen könnte, muss auf internationaler Ebene diskutiert werden.

Aussagekräftige Daten zur Hautexposition beim beruflichen Umgang mit ionisierender Strahlung in Deutschland liegen nur in geringem Umfang vor. Eine entsprechende Erfassung als Grundlage epidemiologischer Analysen wäre erstrebenswert.

6 Literatur

Cross et al. 1982	Cross WA, Ing H, Freedmann NO, Mainville J: Tables of beta-ray dose distributions in water, air and other media. AECL Report, AECL-7617, 1982
Frasch et al. 2009	Frasch G, Fritzsche E, Kammerer L, Karofsky R, Schlosser A, Spiesl J: Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2007, Bericht des BfS, BfS-SG-12/09, Mai 2009
Globocan 2008	Ferlay J, Shin HR, Bray F, Forman D, Mathers C, Parkin DM: GLOBOCAN 2008, Cancer Incidence and Mortality Worldwide: IARC CancerBase No. 10 [Internet]. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; 2010. Available from: http://globocan.iarc.fr
ICRP 2007	International Commission on Radiological Protection (ICRP): 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103, Annals of the ICRP, Vol. 37 No. 2-4, 2007
Kishikawa et al. 2005	Kishikawa M, Koyama K, Iseki M, Kobuke T, Yonehara S, Soda MM, Ron E, Tokunaga M, Preston DL, Tokuoka S: Histologic characteristics of skin cancer in Hiroshima and Nagasaki: Background incidence and radiation effects. Int J Cancer 117:363-369, 2005
Konishie und Yoshizawa 1985	Konishie E, Yoshizawa Y: Estimation of depth of basal cell layer of skin for radiation protection. Radiat Prot Dos 11:29-33, 1985
Preston et al. 2003	Preston DL, Shimizu Y, Pierce DA, Suyama A, Mabuchi K: Studies of mortality of atomic bomb survivors. Report 13: Solid cancer and noncancer disease mortality: 1950-1997. Radiat Res 160:381-407, 2003
Preston et al. 2007	Preston DL, Ron E, Tokuoka S, Funamoto S, Nishi N, Soda M, Mabuchib K, Kodamac K: Solid Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors: 1958-1998. Radiat Res 168:1-64, 2007

Ron et al. 1998	Ron E, Preston DL, Kishikawa M, Kobuke T, Iseki M, Tokuoka S, Tokunaga M, Mabuchi K: Skin tumor risk among atomic bomb survivors in Japan. Cancer Causes Control 9:393-401, 1998
RÖV 2003	Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen (Röntgenverordnung - RöV) vom 8. Januar 1987 (BGBl. I S. 114) in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. April 2003 (BGBl. I, S. 604)
StrlSchV 2001	Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), zuletzt geändert durch Art. 1 der Verordnung vom 4.10.2011 (BGBl I 2000 Nr. 51)