Geschlechts- und altersspezifische Unterschiede bei der beruflichen Strahlenexposition in der Röntgendiagnostik

Entstanden im Rahmen des Forschungs- und Lehrverbundes SUM

Lachmund J. [1], von Boetticher H. [2], Hoffmann W. [3]

[1] ATLAS ELEKTRONIK GmbH, Bremen
[2] Klinikum Links der Weser, Institut für Radiologie, Bremen
[3] Institut für Community Medicine, Abt. Versorgungsepidemiologie und Community Health, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald

1. Überblick

- Ionisierende Strahlen gehören in der BRD zu den häufigsten beruflich bedingten Expositionen.
- In der BRD werden ca. 315.000 Personen strahlenüberwacht, davon 240.000 in medizinischen Betrieben (BfS 2002).
- Diese beruflich exponierte Personen sind einem latenten mutagenen und karzinogenen Gefährdungspotential ausgesetzt.
- Die Quantifizierung der biologisch relevanten Strahlenexposition von Beschäftigten wird in Deutschland nahezu ausschließlich auf Grundlage der Messwerte der vorgeschriebenen Personen-dosimetrie durchgeführt.

1. Überblick

- Die Personendosis muss nach gültiger Vorschrift hinter der Schutzkleidung bestimmt werden.

- Die hierbei am Rumpf gemessene "Personendosis" darf für den typischen Dosisbereich aufgrund der gesetzlichen Regelungen mit der biologisch relevanten "effektiven Dosis" gleichgesetzt werden.

- Alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede in der biologisch relevanten Strahlendosis bleiben in der amtlichen Messvorschrift unberücksichtigt.

  In dieser Vereinfachung liegt ein besonderes Arbeitsschutzproblem. Verschärfend wirkt sich hier aus, dass sich die Arbeitsbereiche und somit Expositionsbedingungen männlicher und weiblicher Beschäftigen mit beruflicher Strahlenexposition deutlich unterscheiden.

2. Das Modell der effektiven Dosis

Nach der ICRP 60 ist die effektive Dosis die “Summe der gewichteten Äquivalentdosen in allen Geweben und Organen des Körpers. Die effektive Dosis ist gegeben durch den Ausdruck:

$$\mathbf{E = \sum_T w_T * H_T}$$

Dabei ist H_T die Organ-Äquivalentdosis im Gewebe oder Organ T und w_T der Wichtungsfaktor für das Organ oder Gewebe T“.

Die effektive Dosis repräsentiert somit die gewichtete Summe der stochastischen Strahlenrisiken (z.B. die Induktion von Karzinomen), die sowohl bei homogener als auch inhomogener Strahlenexposition der menschlichen Körperorgane entstehen.

2. Das Modell der effektiven Dosis

Gewebe oder Organe	**Gewebe-Wichtungsfaktoren w_T nach ICRP 60**
Keimdrüsen	0,20
Rotes Knochenmark (RKM), Lunge, Magen, Dickdarm	je 0,12
(weibliche) Brust, Schilddrüse, Blase, Leber, Speiseröhre, andere Organe oder Gewebe (u.a. Gebärmutter)	je 0,05
Knochenoberflächen, Haut	je 0,01
$\Sigma\, w_T$	**1,00**

3. Geschlechtsspezifische Bestimmung der effektiven Dosis: Modelle

	$w_{Brust} * H_{Brust}$		
	Modell 1	**Modell 2**	**Modell 3**
weiblich	$0{,}05 * H_{Brust}$	$0{,}10 * H_{Brust}$	$0{,}05 * H_{Brust}$
männlich	$0{,}05 * H_{Brust}$	0	0

Produkt aus Wichtungsfaktor w_{Brust} und Äquivalentdosis des weiblichen Brustgewebes H_{Brust} bei unterschiedlichen Modellen zur Bestimmung der geschlechtsspezifischen effektiven Dosis.

4. Schematische Messanordnung

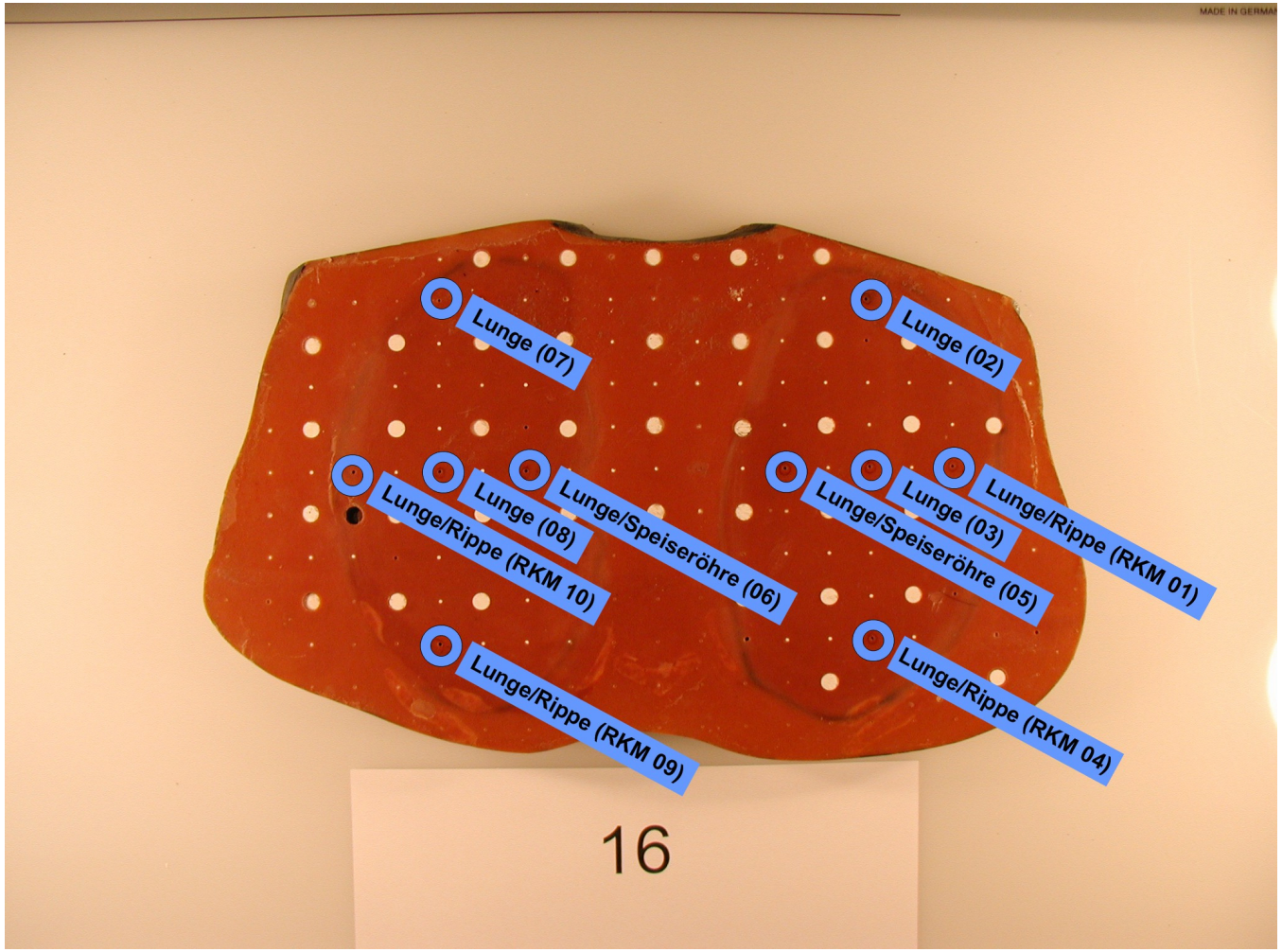
RANDO-Alderson-Phantom „Lilly“

Spannvorrichtung

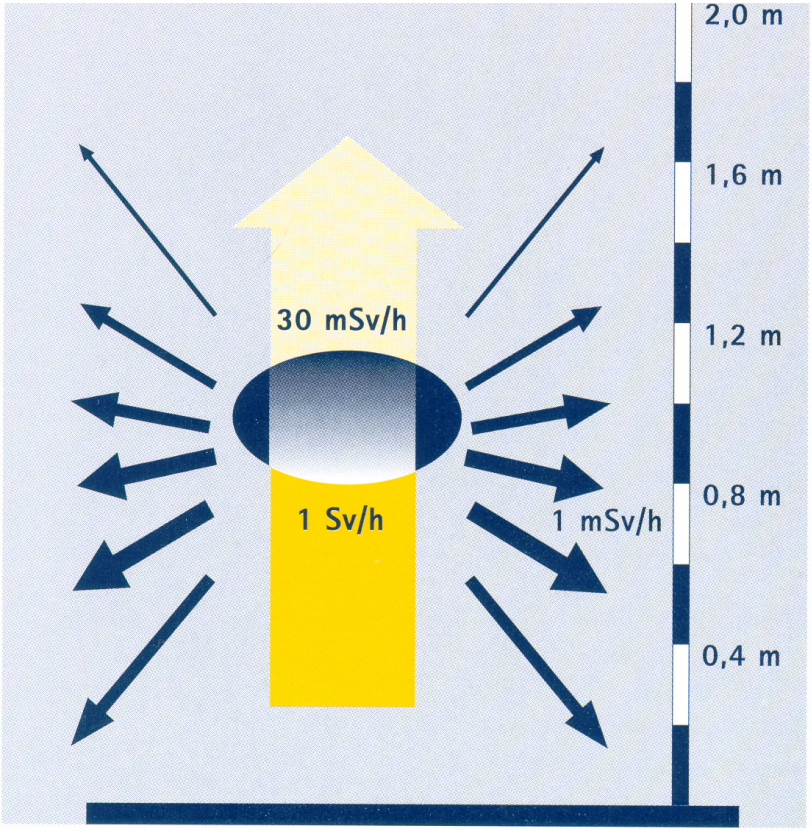
Schicht Nr. 16

Dieses weibliche Phantom repräsentiert einen Gesamtkörper von 163 cm Höhe und 54 kg Gewicht.

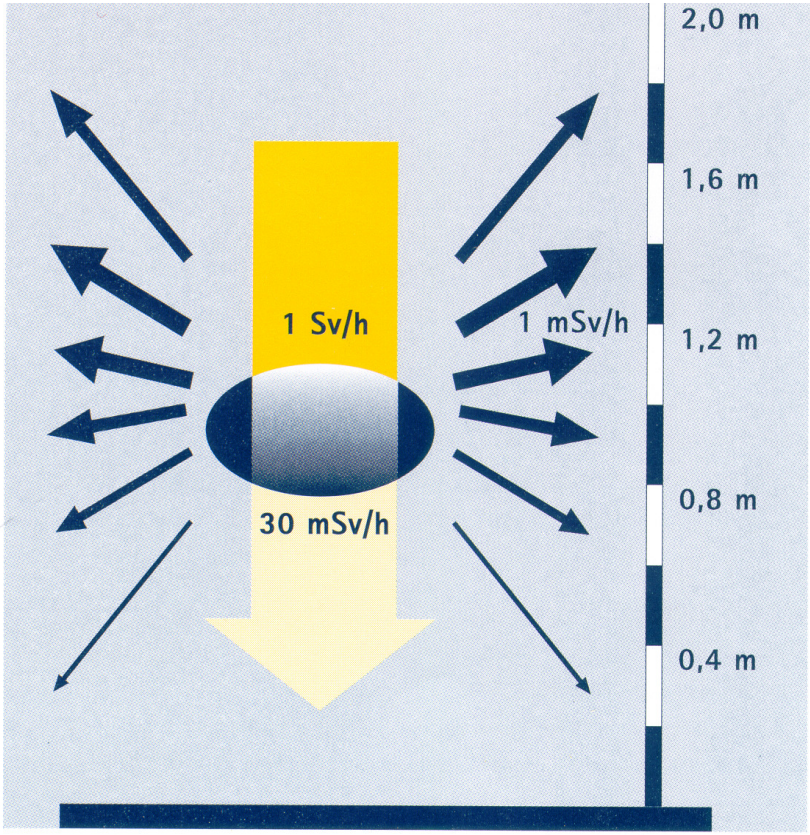
4. Schematische Messanordnung



5. Direkt- und Streustrahlung



Direkt- und Streustrahlung bei Durchleuchtung für den Untertischröhrenbetrieb

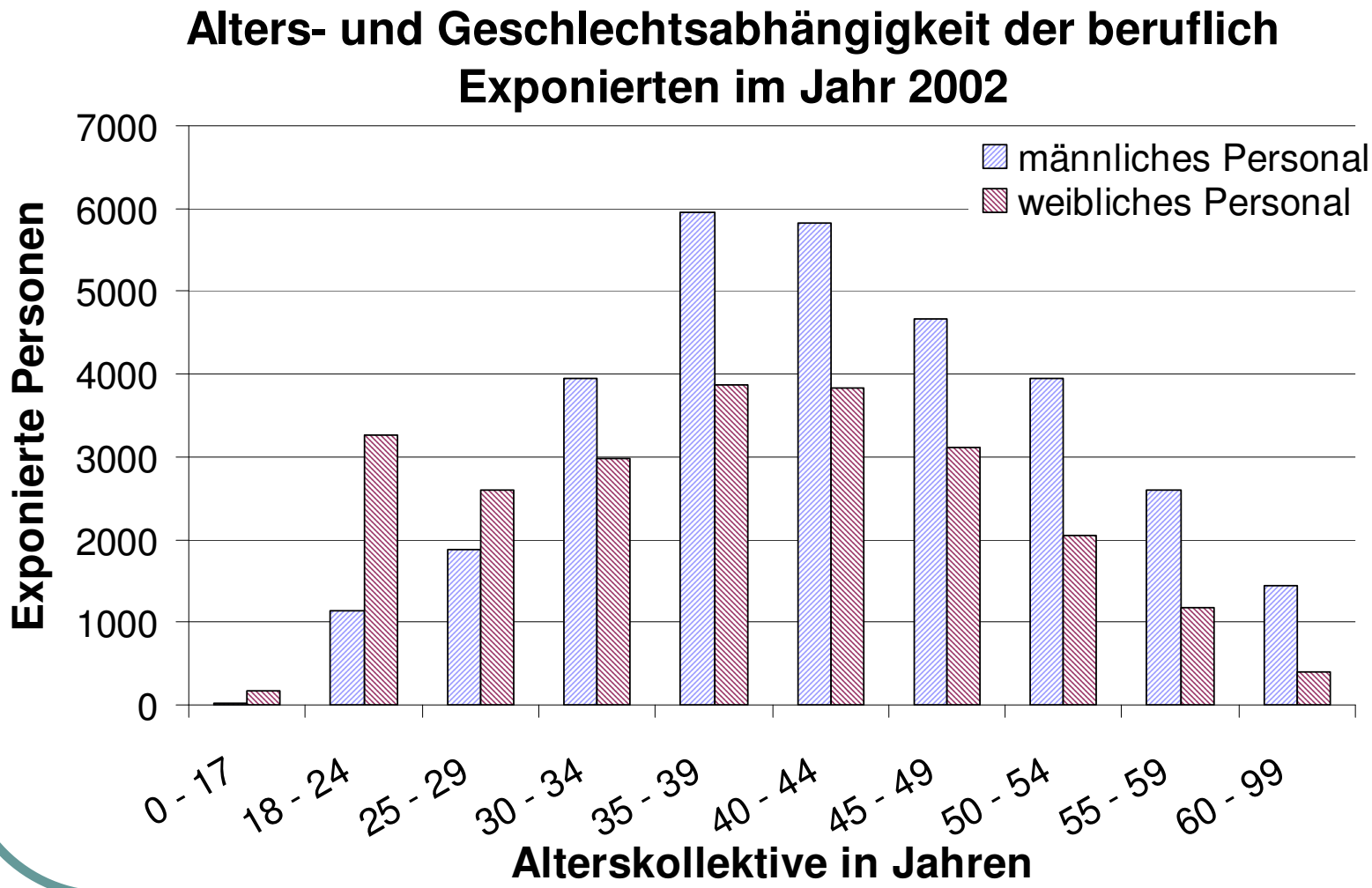


Direkt- und Streustrahlung bei Durchleuchtung für den Obertischröhrenbetrieb

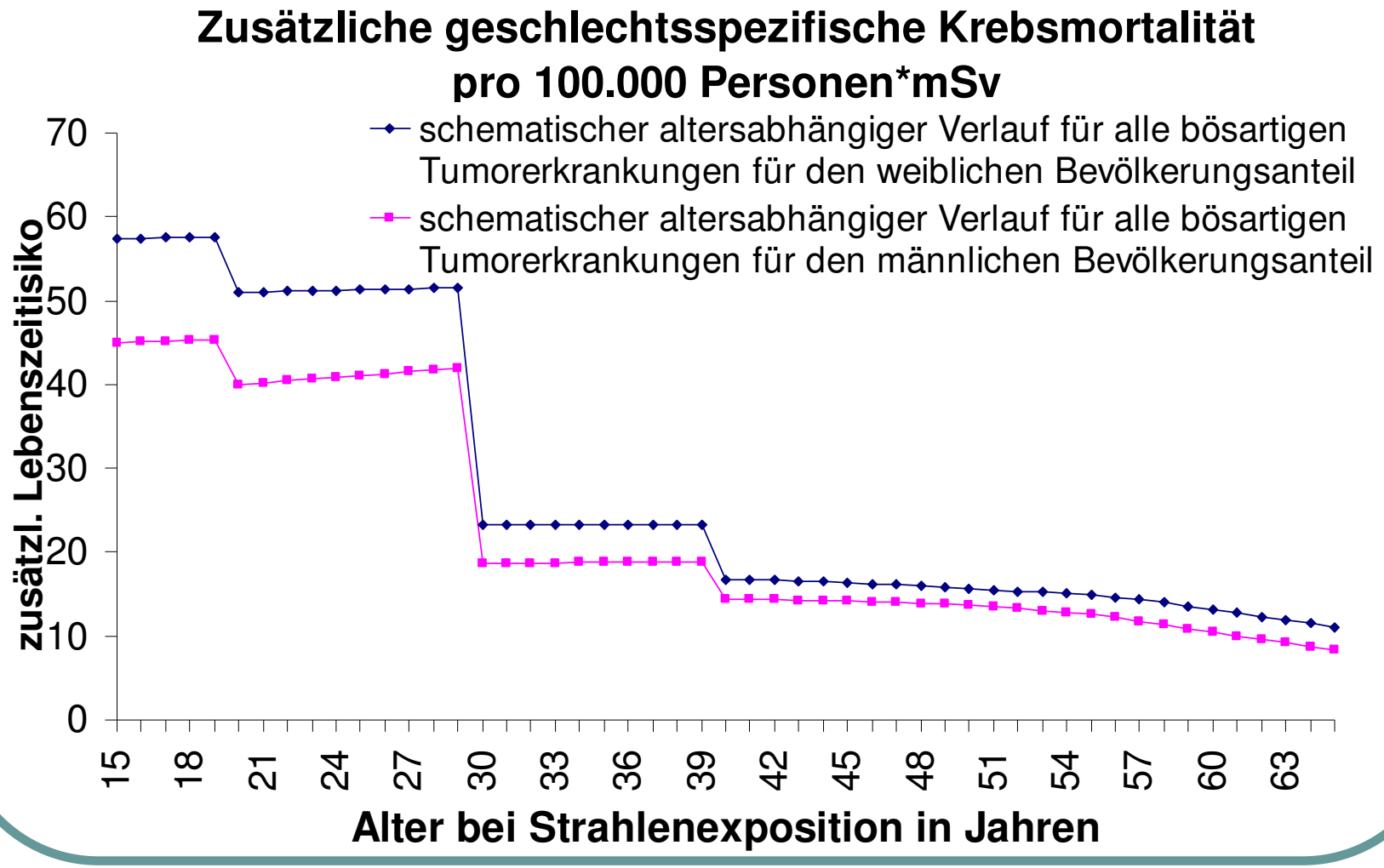
6. Korrekturfaktor I (Arbeitsplatz)

Kollektiv der Beschäftigten	gemittelte, wahrscheinlichste Schutzvariante für die BRD	Relative effektive Dosen nach ICRP 60
weibliche Ärzte	83,3 % Angiographie, 2,8 % nahbediente Durchleuchtung, 13,9 % fernbediente Durchleuchtung	**0,961 * E**
männliche Ärzte	83,3 % Angiographie, 2,8 % nahbediente Durchleuchtung, 13,9 % fernbediente Durchleuchtung	**1,039 * E**
weibliche MTRA's	82,5 % Angiographie, 12,7 % nahbediente Durchleuchtung, 4,8 % fernbediente Durchleuchtung	**0,962 * E**
männliche MTRA's	82,5 % Angiographie, 12,7 % nahbediente Durchleuchtung, 4,8 % fernbediente Durchleuchtung	**1,038 * E**

7. Korrekturfaktor II (Altersverteilung)



8. Alters- und geschlechtsspezifischer Risikofaktor für Krebserkrankungen



9. Quantitative Abschätzungen des Strahlenrisikos für das Personal in Radiologie

Mittleres zusätzliches Erkrankungsrisiko an einem bösartigen Tumor für Personal in der Radiologie (altersunabhängige Abschätzung)

Zusätzliches absolutes Risiko	Mortalität / 100.000 Beschäftigter pro Jahr
• weibliche Radiologen	(0,89 mSv/a * 0,961 * 0,914 * 0,336 Sv^{-1}) * 100.000 = 26,27/a
• männliche Radiologen	(0,89 mSv/a * 1,039 * 0,804 * 0,288 Sv^{-1}) * 100.000 = 21,41/a
• weibliche MTRA's	(0,73 mSv/a * 0,962 * 0,914 * 0,336 Sv^{-1}) * 100.000 = 21,57/a
• männliche MTRA's	(0,73 mSv/a * 1,038 * 0,804 * 0,288 Sv^{-1}) * 100.000 = 17,55/a

Effektive Dosis
Korrekturfaktor I (Arbeitsplatz)
Korrekturfaktor II (Altersverteilung)
mittlerer geschlechtsspezifischer Risikofaktor für Krebserkrankungen

9. Quantitative Abschätzungen des Strahlenrisikos für das Personal in Radiologie

Relatives Mortalitätsrisiko durch bösartige Tumore Altersgruppen und -kollektive: 45 Jahre bis < 60 Jahre

Altersgruppen und Kollektive der Exponierten **45 bis unter 60**	Kumuliertes zusätzliches Mortalitätsrisiko des exponierten Personals pro 100.000 Beschäftigten	Mortalitätsrisiko der nicht-exponierten Normal-bevölkerung pro 100.000 Personen	Absolutes Mortalitätsrisiko des exponierten Personals pro 100.000 Beschäftigten	Relatives Mortalitäts-Risiko (RR, Quotient aus den Spalten 4 und 3)
▪ weibliche Ärzte	94,13	163,60	257,73	**1,58**
▪ weibliche Ärzte mit 5-jähriger Pause	94,13	163,60	257,73	**1,58**
▪ männliche Ärzte	95,46	220,30	315,76	**1,43**
▪ weibliche MTRA's	179,92	163,60	343,52	**2,10**
▪ weibliche MTRA's mit 10-jähr. Pause	128,36	163,60	291,96	**1,78**
▪ männliche MTRA's	180,63	220,30	400,93	**1,82**

9. Quantitative Abschätzungen des Strahlenrisikos für das Personal in Radiologie

Relatives Mortalitätsrisiko durch bösartige Tumore Altersgruppen und -kollektive: 60 Jahre bis < 75 Jahre

Altersgruppen und Kollektive der Exponierten **60 bis unter 75**	**Kumuliertes zusätzliches Mortalitätsrisiko des exponierten Personals pro 100.000 Beschäftigten**	**Mortalitätsrisiko der nicht-exponierten Normal-bevölkerung pro 100.000 Personen**	**Absolutes Mortalitätsrisiko des exponierten Personals pro 100.000 Beschäftigten**	**Relatives Mortalitäts-Risiko (RR, Quotient aus den Spalten 4 und 3)**
▪ weibliche Ärzte	329,46	464,50	793,96	**1,71**
▪ weibliche Ärzte mit 5-jähriger Pause	258,53	464,50	723,03	**1,56**
▪ männliche Ärzte	337,82	832,50	1170,32	**1,41**
▪ weibliche MTRA's	373,14	464,50	837,64	**1,80**
▪ weibliche MTRA's mit 10-jähr. Pause	200,02	464,50	664,52	**1,43**
▪ männliche MTRA's	379,23	832,50	1211,73	**1,46**

9. Quantitative Abschätzungen des Strahlenrisikos für das Personal in Radiologie

Relatives Mortalitätsrisiko durch bösartige Tumore Altersgruppen und -kollektive: 75 Jahre und älter

Altersgruppen und Kollektive der Exponierten **75 und älter**	**Kumuliertes zusätzliches Mortalitätsrisiko des exponierten Personals pro 100.000 Beschäftigten**	**Mortalitätsrisiko der nicht-exponierten Normal-bevölkerung pro 100.000 Personen**	**Absolutes Mortalitätsrisiko des exponierten Personals pro 100.000 Beschäftigten**	**Relatives Mortalitäts-Risiko (RR, Quotient aus den Spalten 4 und 3)**
▪ weibliche Ärzte	472,42	1243,30	1715,72	**1,38**
▪ weibliche Ärzte mit 5-jähriger Pause	401,49	1243,30	1644,79	**1,32**
▪ männliche Ärzte	492,82	2115,30	2608,12	**1,23**
▪ weibliche MTRA's	490,52	1243,30	1733,82	**1,39**
▪ weibliche MTRA's mit 10-jähr. Pause	317,41	1243,30	1560,71	**1,26**
▪ männliche MTRA's	506,25	2115,30	2621,55	**1,24**

10. Konsequenzen für den Strahlenschutz ?

- Berücksichtigung der unterschiedlichen Strahlenrisiken für weibliches und männliches beruflich strahlenbelastetes Personal:
  → Reduktion des Jahresdosisgrenzwertes der effektiven Dosis für das weibliche Kollektiv um **20 %.**
- Berücksichtigung des hohen Altersrisikofaktors für die unter 30-jährigen beruflich strahlenbelasteten weiblichen und männlichen Beschäftigten:
  → zusätzliche **Halbierung** des Jahresdosisgrenzwertes der effektiven Dosis für die entsprechenden Altersgruppen.

strahlenexponiertes Kollektiv	**% des Jahresdosisgrenzwertes der effektiven Dosis**
Weibliche Beschäftigte bis einschließlich 29. Lebensjahr	**40%**
Männliche Beschäftigte bis einschließlich 29. Lebensjahr	**50%**
Weibliche Beschäftigte zwischen dem 30. und 49. Lebensjahr	**80%**
Männliche Beschäftigte zwischen dem 30. und 49. Lebensjahr	**100%**

11. Literatur

von Boetticher H, Lachmund J, Hoffmann W: Optimierung des Strahlenschutzes für das Personal in der Radiologie auf Grundlage der effektiven Dosis. Fortschr Röntgenstr 2006; 178: 287 - 291

Lachmund J: Zur Quantifizierung der biologisch relevanten Strahlenexposition von Beschäftigten in der Radiologie und Kardiologie. Dissertation Universität Bremen 2005. Aachen: Shaker-Verlag, 2005. ISBN: 3-8322-4364-X

von Boetticher H, Lachmund J, Hoffmann W: Geschlechtsspezifische Bestimmung der effektiven Dosis am Beispiel von CT-Thoraxuntersuchungen. Z Med Phys 2003; 13: 123 - 126

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!