

# Dosis und Strahlenrisiko bei Mammographie-Untersuchungen

Manfred Säbel

Klinikum der Universität Erlangen -  
Nürnberg

# Literatur:

Säbel M, Aichinger U, Schulz-Wendtland R:

Die Strahlenexposition bei der Röntgen-Mammographie.

Fortschr Röntgenstr 2001; 173: 79-91

# Gliederung:

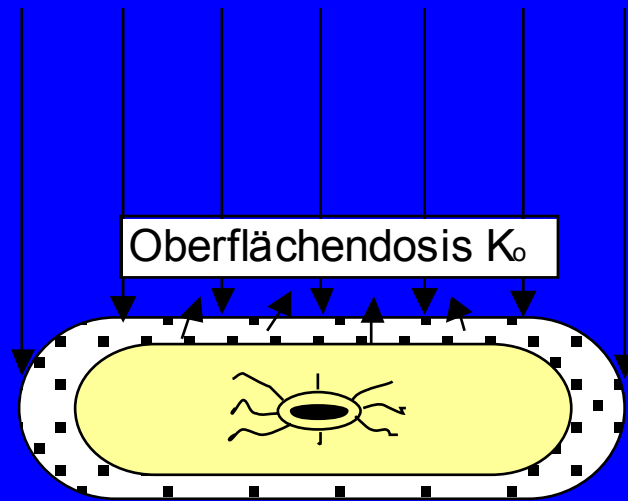
- Dosis
  - Begriffe
  - Ermittlung
  - Ergebnisse
- Strahlenrisiko

# Literatur:

CEC (Commission of the European Communities):

Multilingual Glossary of Terms relating to Quality Assurance  
and Radiation Protection in Diagnostic Radiology.

Report EUR 17538. Luxembourg. CEC 1999



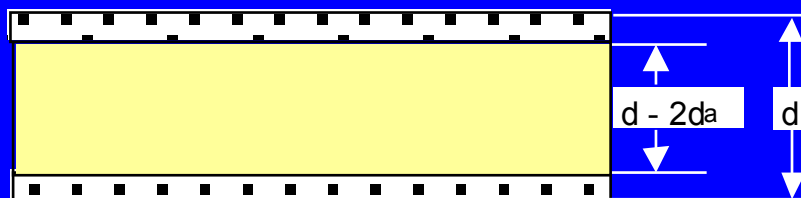
Komprimierte Brust im Querschnitt

$$K_o = B \times K_E$$

$$D_G = K_E \times g$$

B = Rückstreufaktor  
 $K_E$  = Einfalldosis  
 g = Konversionsfaktor

d = Kompressionsschichtdicke  
 $d_a$  = Dicke der Fettschicht



Schichtdickenmodell zur Bestimmung der mittleren Parenchyndosis  $D_G$

Homogene Mischung aus Drüsen- und Fettgewebe

Standardphantom:

45 mm dickes PMMA-Phantom

# Gliederung:

- Dosis
  - Begriffe
  - Ermittlung
  - Ergebnisse
- Strahlenrisiko

# Literatur:

CEC (Commission of the European Communities):

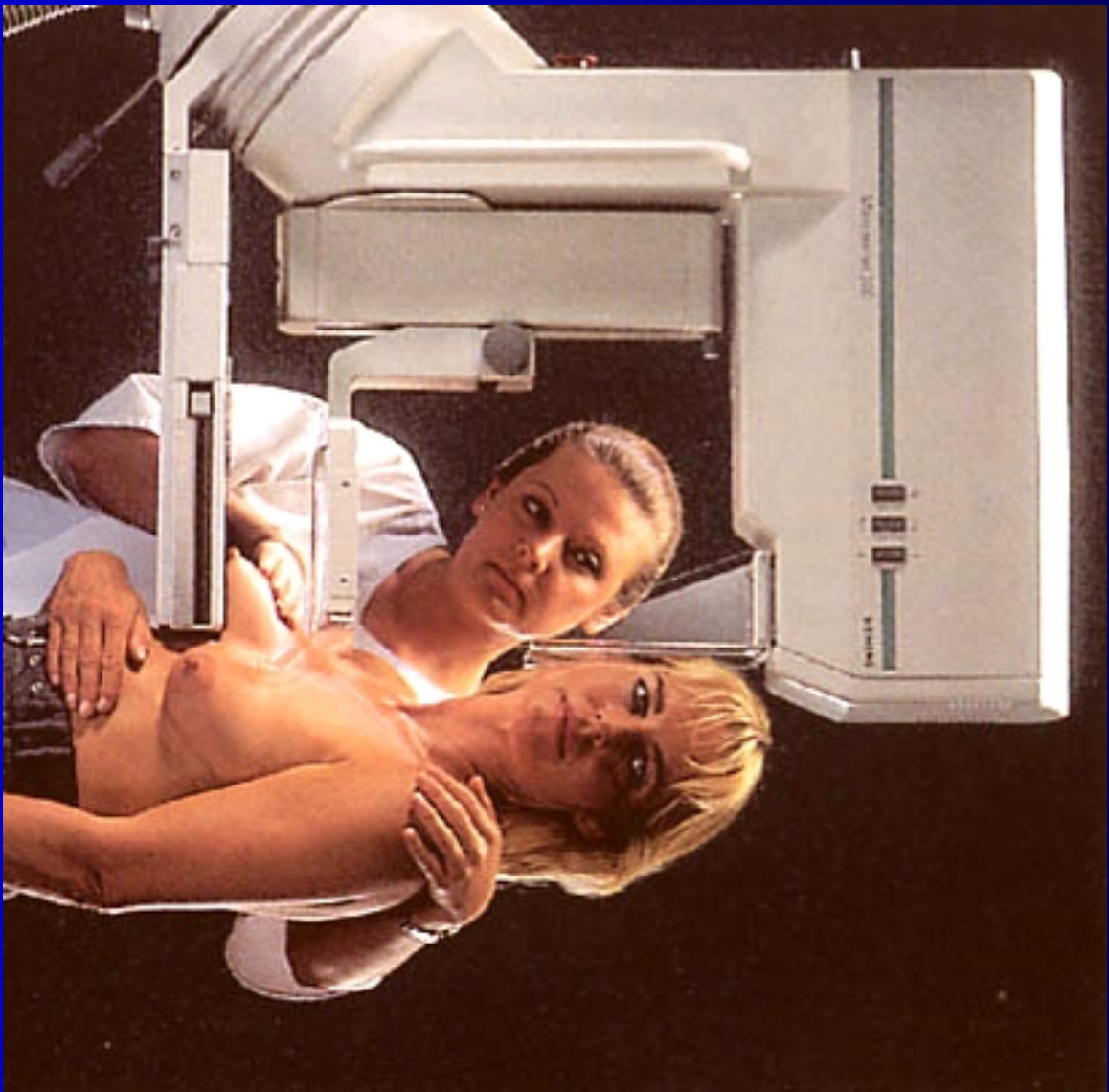
European Protocol on Dosimetry in Mammography.

Report EUR 16263. Luxembourg. CEC 1996

Dance DR, Skinner CL, Young KC, Beckett JR, Kotre CJ:

Additional Factors for the Estimation of Mean Glandular Breast Dose  
Using the UK Mammography Dosimetry Protocol.

Phys Med Biol 2000; 45: 3225-3240





# Methoden der Dosisermittlung

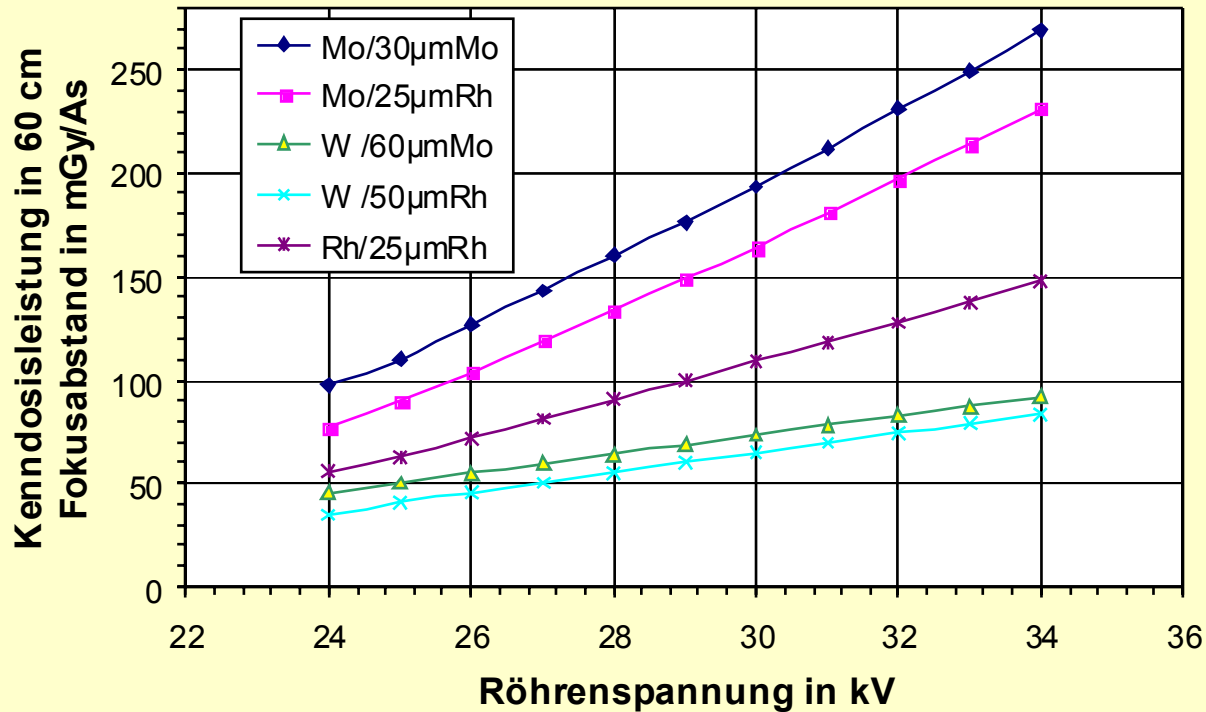
- **Meßbare Dosisgröße:**
  - Einfalldosis  $K_E$  (Luftkerma frei in Luft)
  - Oberflächendosis  $K_O$  (Luftkerma mit Rückstreuanteil)
- **Dosimetrische Methode:**
  - Thermolumineszenzdosimeter (TLD)
  - Ionisationskammer
  - Halbleiterdetektor
  - Kenndosisleistung (calibration of output CO)
- **Messung:**
  - an Patienten
  - am Standardphantom
- **Berechnung der mittleren Parenchyndosis  $D_G$**

# Konversionsfaktoren zur Berechnung des Standardwertes der mittleren Parenchymdosis aus der am Standardphantom gemessenen Einfalldosis

HWD (mm Al)	$g_{PB}$ (mGy/mGy)
0,25	0,149
0,30	0,177
0,35	0,202
0,40	0,223
0,45	0,248
0,50	0,276
0,55	0,304
0,60	0,326
0,65	0,349

$$sD_G = K_E \cdot g_{PB}$$

### Kenndosisleistung Mammographie für verschiedene Anoden-Filter-Kombinationen



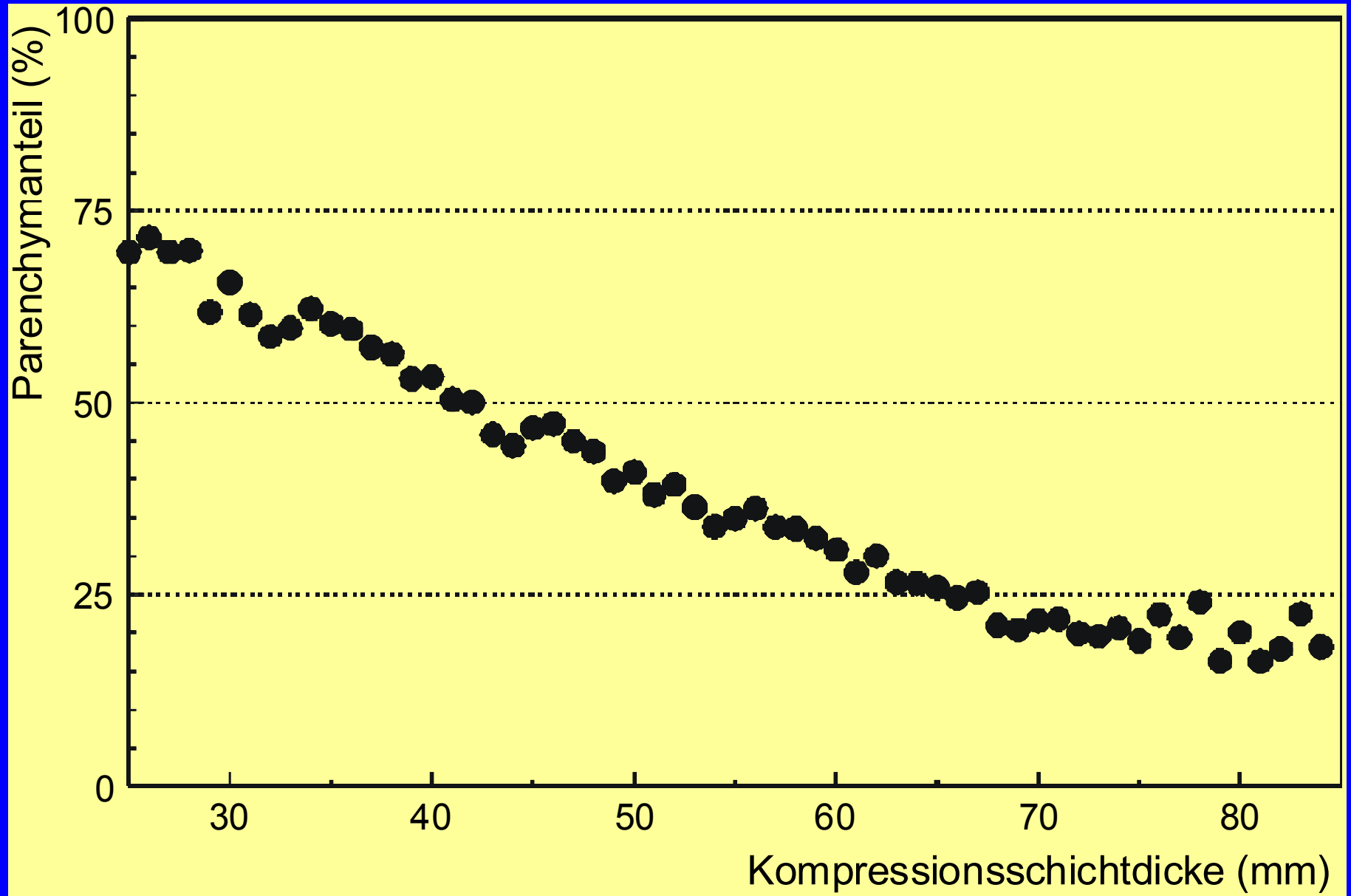
Richtwerte für die Kenndosisleistung von Mammographie-Röntgenstrahlern mit 16° Anodenwinkel für verschiedene Kombinationen aus Anode und Zusatzfilter für 60 cm Fokusabstand ohne Kompressionstabus für Röhrens Spannungen von 24 kV bis 34 kV

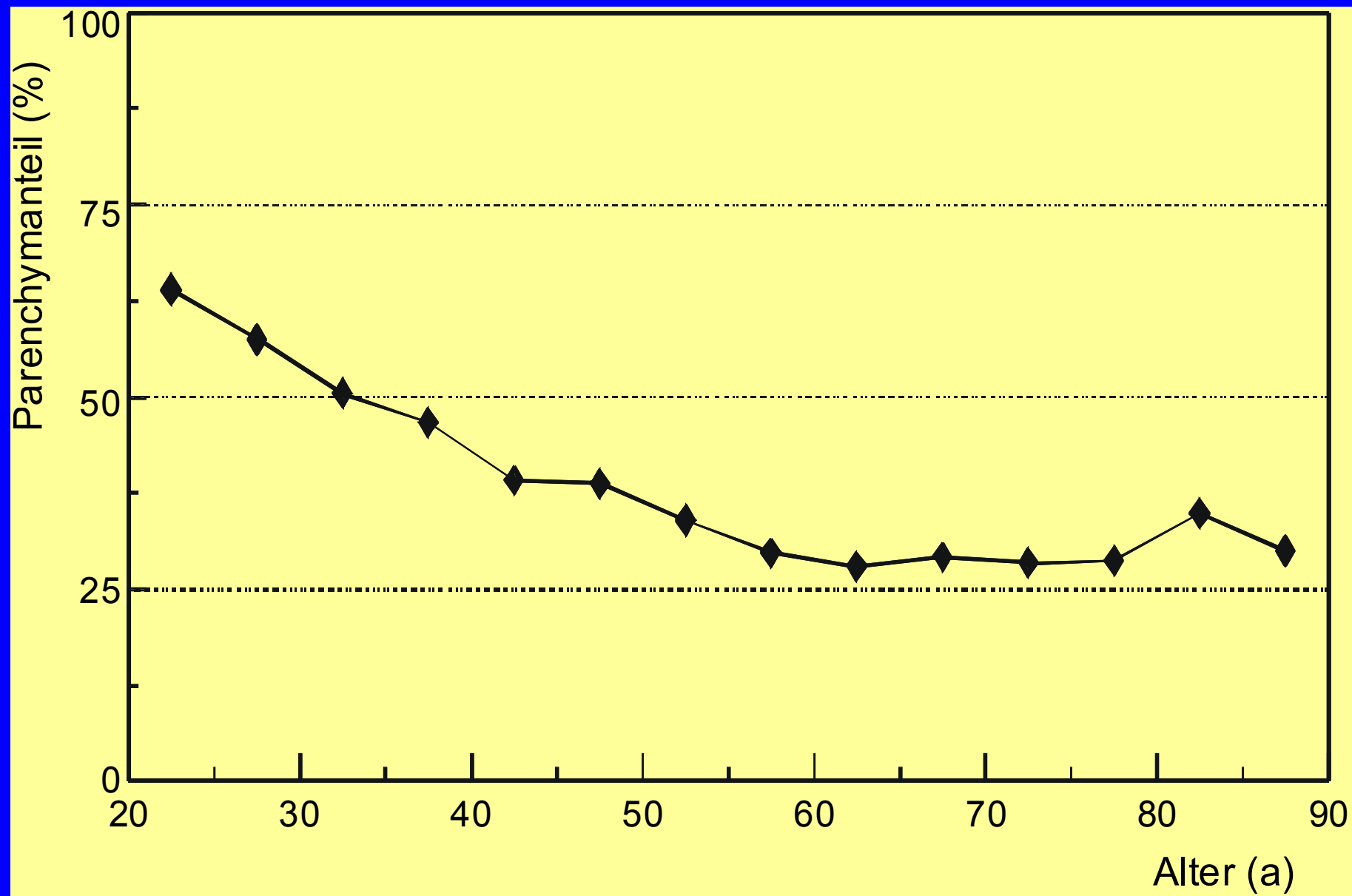
# Konversionsfaktoren g zur Berechnung der mittleren Parenchyndosis aus der Einfalldosis

HWD (mm Al)	Kompressionsschichtdicke (mm)					
	30	40	50	60	70	80
0,25	0,234	0,174	0,137	0,112	0,094	0,081
0,30	0,274	0,207	0,164	0,135	0,114	0,098
0,35	0,309	0,235	0,187	0,154	0,130	0,112
0,40	0,342	0,261	0,209	0,172	0,145	0,126
0,45	0,374	0,289	0,232	0,192	0,163	0,140
0,50	0,406	0,318	0,258	0,214	0,177	0,154
0,55	0,437	0,346	0,287	0,236	0,202	0,175
0,60	0,466	0,374	0,310	0,261	0,224	0,195
0,65	0,491	0,399	0,332	0,282	0,244	0,212

$$D_G = K_E \cdot g$$

**Gewebliche Zusammensetzung:**  
50 % Fettgewebe / 50 % Drüsengewebe





# Gliederung:

- Dosis
  - Begriffe
  - Ermittlung
  - Ergebnisse
- Strahlenrisiko

# Literatur:

Klein R, Aichinger H, Dierker J, Jansen JTM, Joite-Barfuß S, Säbel M, Schulz-Wendtland R, Zoetelief J:

Determination of average glandular dose with modern mammography units for two large groups of patients.

Phys Med Biol 1997; 42: 651-671

Burch A, Goodman DA:

A pilot survey of radiation doses received in the United Kingdom Breast Screening Programme.

Br J Radiol 1998; 71: 517-527

Bauer B, Corbett RH, Moores BM, Schibilla H, Teunen D:

Reference Doses and Quality in Medical Imaging.

Radiat. Prot Dosim Vol. 80 Nos. 1-3 London: Nuclear Technology Publishing, 1998



# Aufnahmetechnische Leitlinien der Bundesärztekammer für die Röntgen-Mammographie

- Aufnahmeart: Spezialeinrichtung
- Aufnahmespannung: 25-35 kV - bezogen auf Dicke und Dichte
- Brennfleckennennwert: " 0,4
- Fokus-Film-Abstand: " 60 cm, bei Spezialeinrichtung " 55 cm
- Vergrößerungstechnik zur Klärung spezieller Fragestellungen (z.B. Mikrokalk)
- Belichtungsautomatik    Meßfeldlage speziell einstellbar  
gute Anpassung an Dicke, Dichte und Röhrenspannung  
mittlere optische Bruttodichte  $D = 1,2-1,6$
- Expositionszeit:  $< 2$  s
- Streustrahlenraster: bewegtes Spezialraster, r 4, 27 L/cm; r 5, 30 L/cm
- Film-Folien-System: (Empfindlichkeitsklasse) 25 (12) (Iso 9236/3 E)
- Separate Konstanzprüfung der Verarbeitung der Mammographie-Filme  
(DIN 6868 Teil 2)

# Geräteparameter und Aufnahme modalitäten

	Siemens Mammomat 2 (W-Anode) Kollektiv 1				Siemens Mammomat 3 (Mo/W-Anode) Kollektiv 2			
Aufnahmemodalität	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kompressions- Schichtdicke (mm)	"30	31-50	51-70	>70	"40	41-60	61-70	>70
Anode	W	W	W	W	Mo	Mo	Mo	W
Filterung: Material	Mo	Mo	Mo	Rh	Mo	Mo	Rh	Rh
Dicke (µm)	60	60	60	50	30	30	25	50
Röhrensorgung (kVp)	26	28	30	32	25	28	30	30
Halbwertschichtdicke (mm Aluminium)	0,39	0,41	0,42	0,58	0,35	0,39	0,46	0,56

Einfalldosis  $K_E$  (mGy)

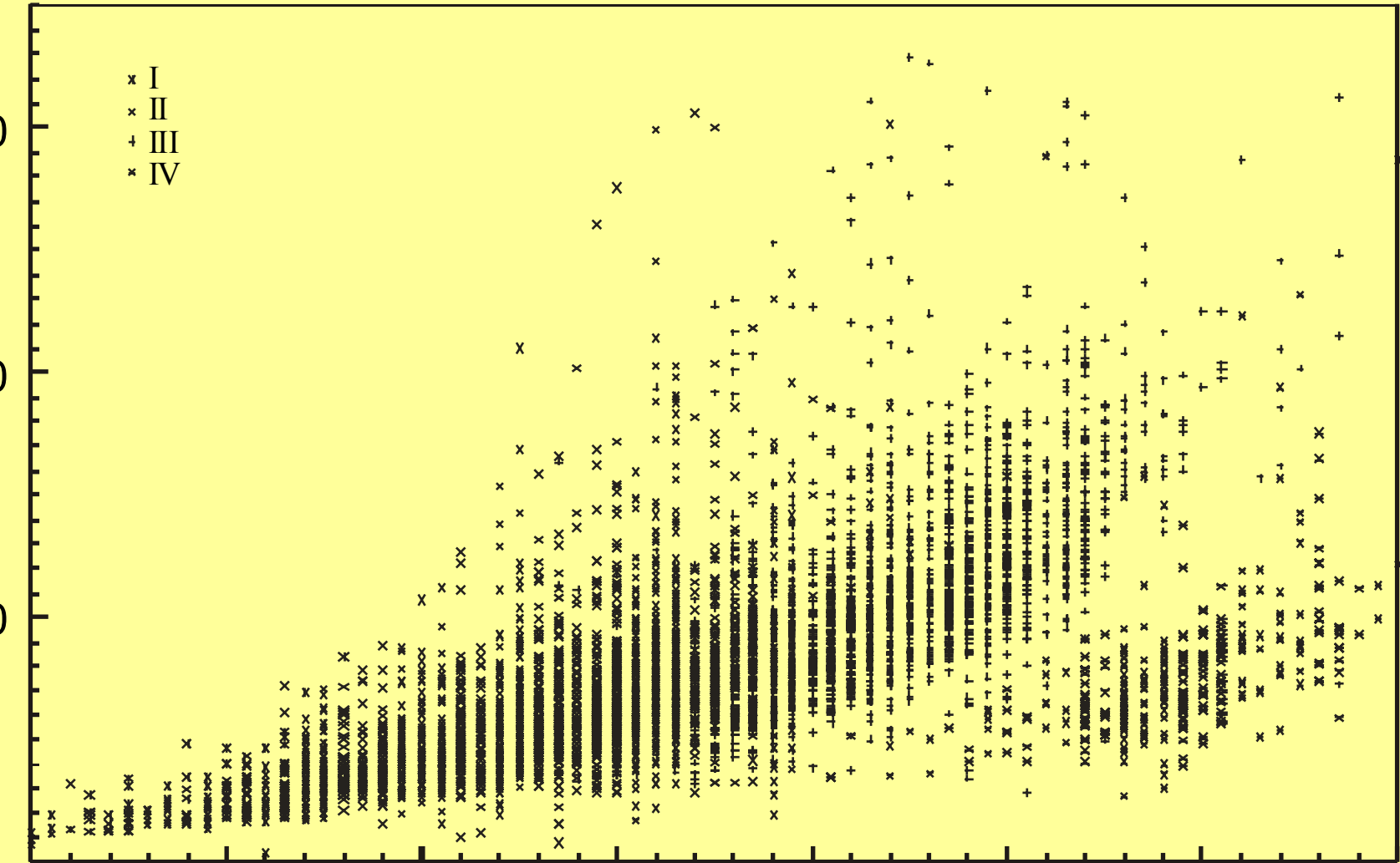
x I  
+ II  
x III  
x IV

0

10

20

30



20

30

40

50

60

70

80

90

Kompressionsschichtdicke (mm)

## Mittelwerte und Standardabweichung wichtiger Größen für die Kollektive 1 und 2

	Kollektiv 1 (W-Anode)	Kollektiv 2 (Mo/W-Anode)
Anzahl der Aufnahmen/Frauen	5713/1678	3361/945
Alter (a)	$53,6 \pm 12,9$	--
Kompressionsschichtdicke (mm)	$55,9 \pm 12,5$	$50,8 \pm 12,6$
Kompressionskraft (N)	--	$89,5 \pm 39,1$
Einfalldosis $K_E$ pro Aufnahme (mGy)	$8,36 \pm 4,22$	$11,04 \pm 5,05$
Parenchymanteil (%)	$43,0 \pm 22,2$	$35,4 \pm 22,5$
$D_{G, \text{korr}}$ pro Aufnahme (mGy)	$1,59 \pm 0,56$	$2,07 \pm 0,66$
$D_{G, 50\%}$ pro Aufnahme (mGy)	$1,48 \pm 0,59$	$2,01 \pm 0,76$

## Mittelwert der mittleren Parenchymdosis pro Aufnahme und Mittelwert der Kompressionsschichtdicke bei Dosismessungen an Patienten

Land	Projektion	Anzahl der Aufnahmen (A) oder Frauen (F)	Mittlere Parenchymdosis (mGy)	Kompressions- schichtdicke (mm)
Großbritannien	OBL	9021 A	1,98	57
Großbritannien	CC	2661 A	1,63	52
Schweden	OBL	1350 F	1,25	50
Spanien	--	350 F	1,60	52
USA	CC	4400 F	1,49	45

## Mittelwert von Einfalldosis $K_E$ , Oberflächendosis $K_O$ und mittlerer Parenchymdosis $D_G$ pro Aufnahme bei Dosismessungen an 45 mm dicken Phantomen

Land	Anzahl der Röntgen- Einrichtungen	Dosimetrische Methode	Dosis (mGy)	Dosisgröße
Spanien	10	--	6,6	$K_E$
Belgien	24	CO	7,0	$K_E$
Belgien	24	TLD	7,2	$K_E$
Belgien	24	CO	7,5	$K_O$
Belgien	24	TLD	7,7	$K_O$
Frankreich	169	TLD	8,6	$K_O$
Spanien	10	--	1,4	$D_G$
Belgien	24	CO	1,4	$D_G$
Belgien	24	TLD	1,4	$D_G$

# Gliederung:

- Dosis
  - Begriffe
  - Ermittlung
  - Ergebnisse
- Strahlenrisiko

# Literatur:

Jung H:

Mammographie und Strahlenrisiko.

Fortschr Röntgenstr 1998; 169: 336-343

Jung H:

Abschätzung von Nutzen und Risiko eines Mammographiescreenings unter ausschließlichem Bezug auf das Strahlenrisiko.

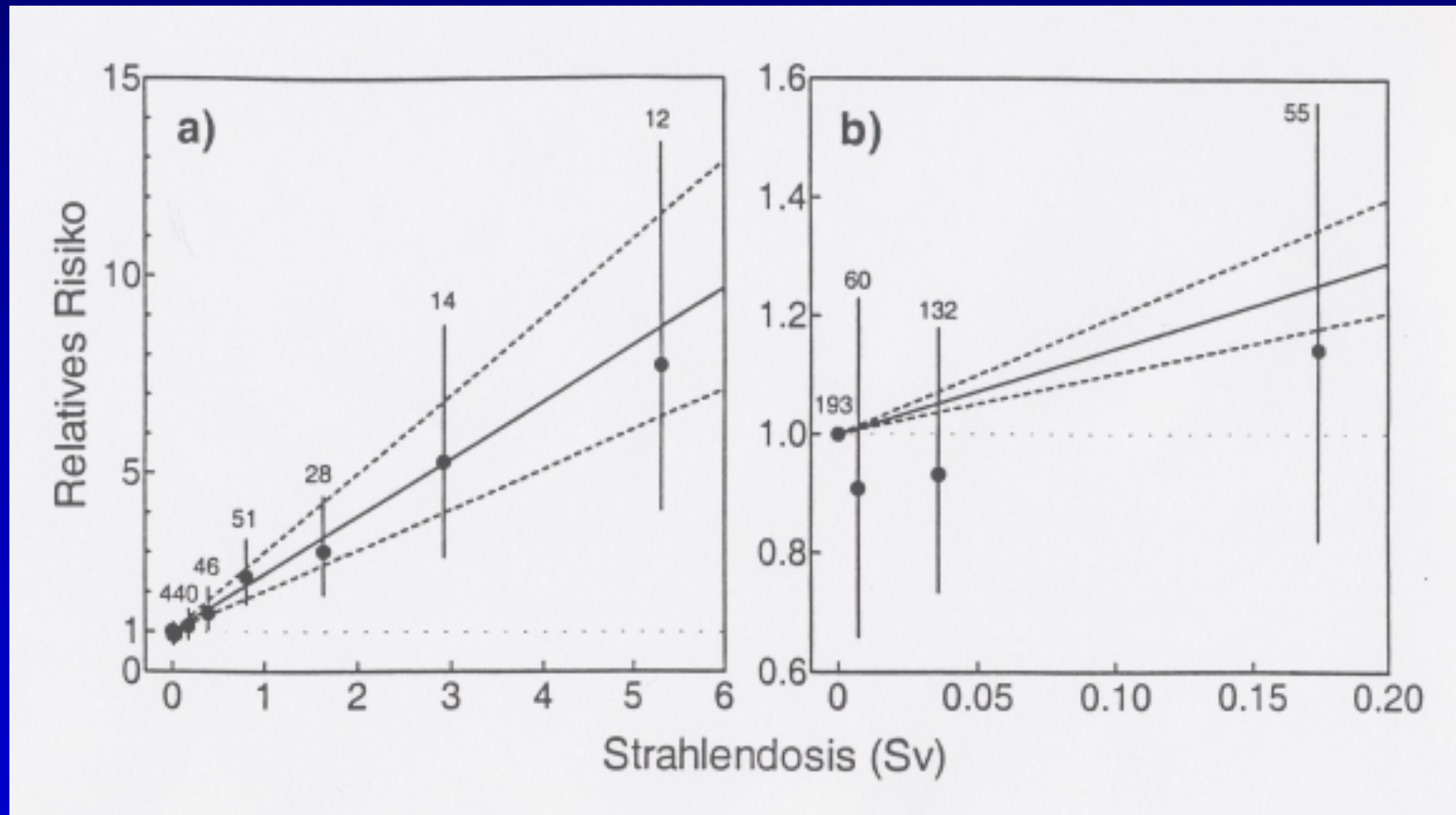
Radiologe 2001; 41: 385-395

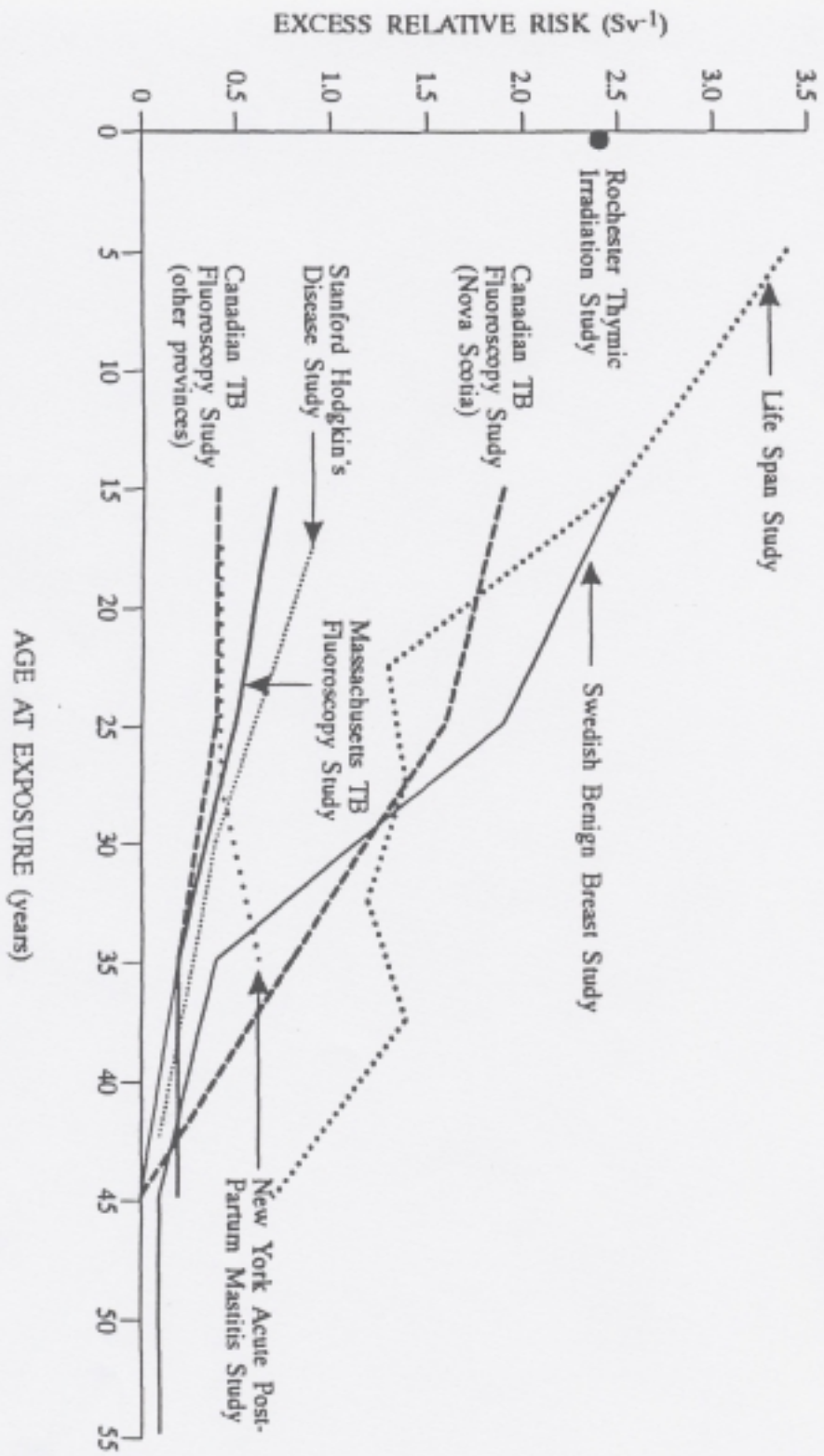


## Ergebnisse epidemiologischer Studien zur Inzidenz von Brustkrebs durch ionisierende Strahlung

Studie	Zusätzliche Brustkrebsfälle pro $10^4$ Frauen und pro Sv	
	Boice et al (1979)	UNSCEAR (1994, 2000)
Hiroshima and Nagasaki Atombomben-Überlebende	3.6	6.8
Massachusetts Pneumothorax-Patientinnen	6.2	8.0
Rochester (N.Y.) Mastitis-Patientinnen	8.3	9.1

## Altersadjustiertes Risiko für die Inzidenz von Brustkrebs bei japanischen Frauen als Funktion der Strahlendosis





## Rechnerischer Erwartungswert des altersabhängigen Risikos für die Inzidenz eines strahlungsinduzierten Brustkrebses :

$$p = R \cdot m \cdot D_G \cdot w_R$$

R = Mortalitätsrisiko

m = Morbidität / Mortalität

$D_G$  = mittlere Parenchymdosis

$w_R$  = Strahlungswichtungsfaktor

$$m = 2,3 \quad D_G = 2 \text{ mGy}$$

$$w_R = 2$$

Alter bei Exposition (Jahre)	Mortalitätsrisiko R (% pro Sv)	Inzidenzrisiko p (Promille)
0 - 9	1,29	0,120
10 - 19	2,95	0,270
20 - 29	0,52	0,048
30 - 39	0,43	0,040
40 - 49	0,20	0,018
50 - 59	0,06	0,006
> 59	0,00	0,000

# Zusammenfassung:

- Zur Beschreibung des Strahlenrisikos bei der Röntgen-Mammographie wird die mittlere Parenchymdosis benutzt.
- Die mittlere Parenchymdosis kann nicht direkt gemessen werden, sondern wird mit Hilfe von sog. Konversionsfaktoren aus der experimentell bestimmten Einfall- oder Oberflächendosis berechnet.
- Bei Verwendung eines Film-Folien-Systems der Empfindlichkeitsklasse 25 beträgt der Mittelwert der mittleren Parenchymdosis pro Aufnahme für ein größeres Patientinnenkollektiv ( $n > 100$ ) etwa 1 mGy.
- Für eine Röntgenuntersuchung mit 2 Aufnahmen pro Brust ergibt sich für Frauen im Alter von  $\geq 50$  Jahren ein Risiko für das Auftreten eines strahleninduzierten Brustkrebses von  $< 0.006$  Promille.