



# **Abschätzung der Strahlenbelastungen in der medizinischen Radiologie**

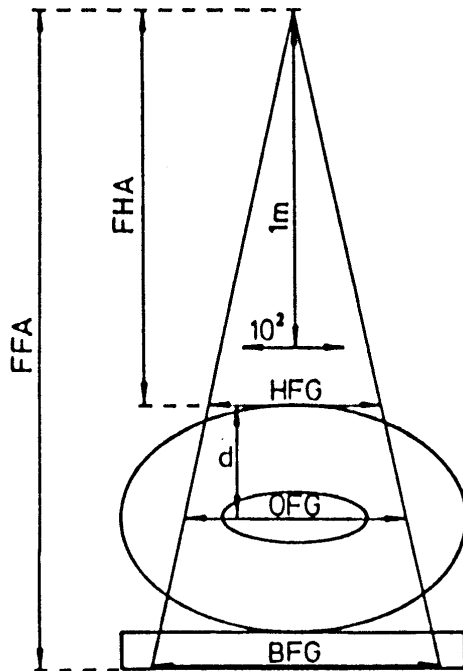
**Dr. Roberto Mini**

## Methoden zur Bestimmung der Patientendosen

- Monte Carlo Berechnungen
- Phantommessungen
- Analytische Berechnungen



# Dosisrelevante Grössen in der Röntgendiagnostik



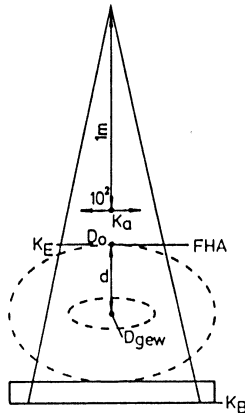
Begriff	Symbol	Bemerkung, Meßbedingung
Fokus-Haut-Abstand	FHA	Abstand Brennfleckmitte-Oberfläche des Patienten in der Mitte des Strahlenfeldes
Fokus-Film-Abstand	FFA	Abstand Fokus-Mitte Bildempfänger-System
Hautfeldgröße	HFG	Strahlenfeldgröße im FHA
Organfeldgröße	OFG	Strahlenfeldgröße in Organtiefe
Bildfeldgröße	BFG	Strahlenfeldgröße im Bildempfängerabstand
Röhrenstrom	I	Einheit mA
Röhrenstrom-Zeitprodukt	I·t	Einheit mAs
Flächen-Dosisprodukt	FDP	Fläche größer als maximale FG am Meßort, wird fokussnah gemessen mit Durchstrahlionisationskammer, meistens für Luftkerma frei in Luft definiert
Kenndosis	K <sub>a</sub>	Luftkerma für 10x10 cm <sup>2</sup> -Feld, 1m Abstand, Frei-Luft
Einfallsdosis	K <sub>E</sub>	Luftkerma FG beliebig, im FHA, Frei-Luft
Oberflächendosis	K <sub>O</sub>	Luftkerma incl. Backscatter, FG beliebig, im FHA, mit Patient
Bildempfängerdosis	K <sub>B</sub>	Luftkerma auf der Eintrittsseite des Bildempfängers, FG beliebig, im Abstand FFA
Oberflächen-Gewebeenergiedosis	D <sub>O</sub>	Gewebeenergiedosis im FHA frei in Luft ohne Phantom
Gewebeenergiedosis	D <sub>gew</sub>	Gewebeenergiedosis am Ort des Organs frei in Luft
Organenergiedosis	D <sub>org</sub>	Gewebeenergiedosis am Ort des Organs im Patienten
Bildempfänger		Film oder Bildverstärker
Empfindlichkeitsklasse nach [DIN 6867/10]	EK	Bereich des Dosisbedarfes in der Bildebene für die optische Dichte 1 auf dem Film für bestimmte Film-Folien-Kombinationen (EK 100: 10µGy, EK 200: 5 µGy, EK 400: 2.5 µGy). Die EK ist definiert als das Verhältnis von 1 mGy und der für die optische Dichte 1 über Grundschleier erforderlichen Kerma auf dem Film: EK = (1 mGy/K <sub>B</sub> ).

Einige Begriffe und Bezeichnungen zur Berechnung und Abschätzung von Organdosen in der Röntgendiagnostik und bei interventionellen Techniken mit Röntgenstrahlung.

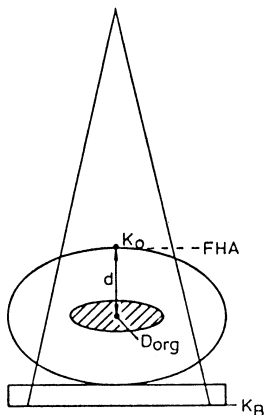


## Dosisgrössen in der Röntgendiagnostik

Frei-Luft-Dosisgrössen



Dosisgrössen mit Phantom



Begriff	Symbol	Bemerkung, Meßbedingung
Fokus-Haut-Abstand	FHA	Abstand Brennfleckmitte-Oberfläche des Patienten in der Mitte des Strahlenfeldes
Fokus-Film-Abstand	FFA	Abstand Fokus-Mitte Bildempfänger-System
Hautfeldgröße	HFG	Strahlfeldgröße im FHA
Organfeldgröße	OFG	Strahlfeldgröße in Organtiefe
Bildfeldgröße	BFG	Strahlfeldgröße im Bildempfängerabstand
Röhrenstrom	I	Einheit mA
Röhrenstrom-Zeitprodukt	I-t	Einheit mAs
Flächen-Dosisprodukt	FDP	Fläche größer als maximale FG am Meßort, wird fokusnah gemessen mit Durchstrahlionisationskammer, meistens für Luftkerma frei in Luft definiert
Kenndosis	$K_a$	Luftkerma für 10x10 cm <sup>2</sup> -Feld, 1m Abstand, Frei-Luft
Einfallsdosis	$K_E$	Luftkerma FG beliebig, im FHA, Frei-Luft
Oberflächendosis	$K_O$	Luftkerma incl. Backscatter, FG beliebig, im FHA, mit Patient
Bildempfängerdosis	$K_B$	Luftkerma auf der Eintrittsstelle des Bildempfängers, FG beliebig, im Abstand FFA
Oberflächen-Gewebeenergiedosis	$D_O$	Gewebeenergiedosis im FHA frei in Luft ohne Phantom
Gewebeenergiedosis	$D_{gew}$	Gewebeenergiedosis am Ort des Organs frei in Luft
Organenergiedosis	$D_{org}$	Gewebeenergiedosis am Ort des Organs im Patienten
Bildempfänger		Film oder Bildverstärker
Empfindlichkeitsklasse nach [DIN 6867/10]	EK	Bereich des Dosisbedarfes in der Bildebene für die optische Dichte 1 auf dem Film für bestimmte Film-Folien-Kombinationen (EK 100: 10µGy, EK 200: 5 µGy, EK 400: 2.5 µGy). Die EK ist definiert als das Verhältnis von 1 mGy und der für die optische Dichte 1 über Grundschiefer erforderlichen Kerma auf dem Film: $EK = (1 \text{ mGy}/K_B)$ .

Einige Begriffe und Bezeichnungen zur Berechnung und Abschätzung von Organdosen in der Röntgendiagnostik und bei interventionellen Techniken mit Röntgenstrahlung.



## Methoden zur Berechnung von Organdosendosen

- **Quellenkonzept**
- **Bildempfängerkonzept**
- **Konversionsfaktor-Methode**



## Quellenkonzept

$$K_a(x_0, I, t) = \frac{dK_a(x_0, I_0)}{dt \cdot dI} \cdot I \cdot t$$

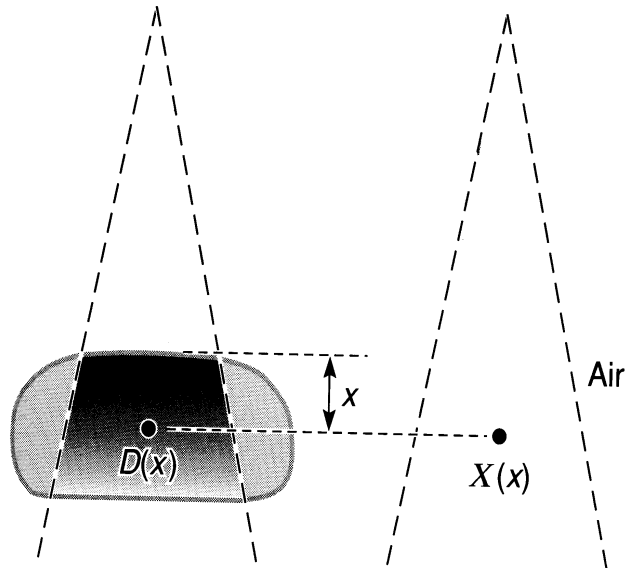
$$K_a(d, I, t) = K_a(x_0, I, t) \cdot \left( \frac{x_0}{FHA + d} \right)^2$$

$$D_{gew}(d, I, t) = K_a(d, I, t) \cdot t_{w,a}$$

$$D_{org}(d, I, t) = D_{gew}(d, I, t) \cdot TAR(OFG, d)$$



## Gewebe-Luft-Verhältnisse (TAR)



$$D(x) = \text{TAR}(x) \cdot X(x)$$

80 kV HWS: 3.0 mm Al					90 kV HWS: 3.5 mm Al			
Tiefe	FG (cm x cm)				FG (cm x cm)			
(cm)	10 x 10	15 x 15	20 x 20	30 x 30	10 x 10	15 x 15	20 x 20	30 x 30
0	1.303	1.360	1.360	1.360	1.291	1.337	1.371	1.371
1	1.246	1.314	1.314	1.314	1.269	1.314	1.349	1.349
2	1.070	1.177	1.166	1.166	1.110	1.166	1.211	1.189
3	0.885	0.994	0.993	0.989	0.925	0.989	1.040	1.030
4	0.722	0.825	0.833	0.840	0.763	0.837	0.887	0.880
5	0.591	0.682	0.697	0.715	0.629	0.703	0.753	0.757
6	0.483	0.565	0.584	0.609	0.517	0.591	0.640	0.651
7	0.395	0.466	0.489	0.518	0.425	0.497	0.544	0.560
8	0.323	0.386	0.409	0.441	0.350	0.418	0.462	0.481
9	0.265	0.319	0.342	0.375	0.288	0.352	0.392	0.414
10	0.216	0.264	0.287	0.319	0.237	0.296	0.333	0.357
12	0.145	0.181	0.201	0.231	0.161	0.209	0.241	0.264
14	0.097	0.123	0.141	0.167	0.109	0.149	0.174	0.195
16	0.065	0.085	0.099	0.121	0.074	0.105	0.125	0.144
18	0.043	0.058	0.069	0.088	0.050	0.074	0.090	0.107
20	0.029	0.039	0.048	0.064	0.034	0.053	0.065	0.079

(Tab. 13.11/2)

100 kV HWS: 3.9 mm Al					120 kV HWS: 4.7 mm Al			
Tiefe	FG (cm x cm)				FG (cm x cm)			
(cm)	10 x 10	15 x 15	20 x 20	30 x 30	10 x 10	15 x 15	20 x 20	30 x 30
0	1.314	1.371	1.383	1.383	1.326	1.406	1.406	1.429
1	1.269	1.349	1.360	1.360	1.326	1.406	1.406	1.474
2	1.141	1.246	1.246	1.246	1.166	1.280	1.280	1.349
3	0.962	1.061	1.080	1.080	1.021	1.166	1.166	1.246
4	0.802	0.907	0.928	0.949	0.869	1.010	1.021	1.090
5	0.667	0.770	0.795	0.823	0.729	0.864	0.893	0.955
6	0.555	0.654	0.681	0.715	0.614	0.741	0.774	0.835
7	0.462	0.555	0.584	0.621	0.517	0.634	0.672	0.730
8	0.384	0.471	0.501	0.539	0.434	0.543	0.583	0.638
9	0.319	0.400	0.429	0.469	0.365	0.465	0.506	0.558
10	0.266	0.341	0.368	0.406	0.307	0.398	0.439	0.488
12	0.184	0.245	0.270	0.306	0.218	0.293	0.330	0.373
14	0.127	0.176	0.198	0.231	0.154	0.214	0.249	0.285
16	0.088	0.127	0.146	0.174	0.109	0.157	0.187	0.218
18	0.061	0.093	0.107	0.131	0.077	0.115	0.141	0.167
20	0.042	0.066	0.079	0.099	0.055	0.085	0.106	0.128

(Tab. 13.11/3)

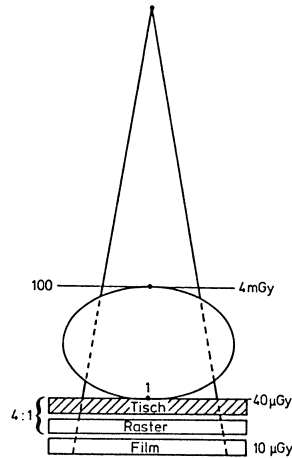
Tab. 13.11/1-3: Experimentell ermittelte Gewebe-Luft-Verhältnisse für verschiedene diagnostische Röntgenstrahlungen mit einer Gesamtfilterung von 2.6 mm Al zur Berechnung von Organdosen nach dem Bildempfänger- und dem Quellenkonzept (Kap. 12.5, nach [Säbel]).

## Beispiel Quellenkonzept

**Beispiel 3: Bestimmung der Uterusdosis bei einer ap-Beckenaufnahme.** An einer schlanken Patientin (Bekendurchmesser 18 cm) wird eine Beckenübersichtsaufnahme mit 80 kV Röhrenspannung durchgeführt. Die Feldgröße am Uterus (Tiefe 8 cm) beträgt  $20 \times 20 \text{ cm}^2$ . Das Röhrenstrom-Zeitprodukt beträgt in diesem konkreten Fall (schlanke Patientin, empfindlicher Film mit EK 400) nur  $50 \text{ mAs} = 50/60 \text{ mA} \cdot \text{min}$ . Die strombezogene Luftkermaleistung im FHA (1m Abstand vom Fokus) beträgt  $4 \text{ mGy}/(\text{min} \cdot \text{mA})$ . Für die Luftkerma im FHA erhält man  $K_a(1\text{m}, 50\text{mAs}) = 4 \text{ mGy}/(\text{min} \cdot \text{mA}) \cdot 50/60 \text{ mA} \cdot \text{min} = 3.33 \text{ mGy}$ . Diese Luftkerma wird jetzt nach dem Abstandsquadratgesetz in die Luftkerma in Uterustiefe umgerechnet. Man erhält mit Gl. (12.18)  $K_a(d) = K_a(1\text{m}) \cdot (1\text{m}/1.08\text{m})^2 = 3.33 \cdot 0.86 = 2.87 \text{ mGy}$ . Multiplikation mit dem  $t_{\text{wa}}$ -Faktor von 1.05 ergibt die Gewebeenergiedosis frei in Luft am Ort des Uterus von  $D_{\text{gew}} = 3.01 \text{ mGy}$ . Im letzten Schritt wird das Gewebe-Luftverhältnis aus der entsprechenden Tab. (13.11) im Tabellenanhang entnommen ( $\text{OFG} = 20 \times 20 \text{ cm}^2$ , 80 kV, Tiefe 8 cm:  $\text{TAR} = 0.409$ ). Man erhält dann die Uterusdosis zu  $D_{\text{uterus}} = D_{\text{gew}} \cdot \text{TAR} = 3.01 \text{ mGy} \cdot 0.409 = 1.23 \text{ mGy}$ .

## Bildempfängerkonzept

### Filmaufnahmen

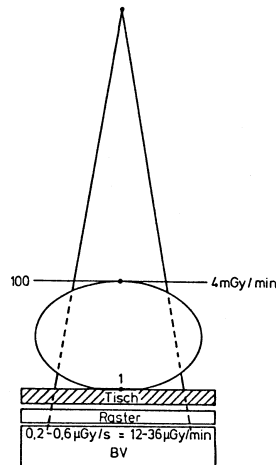


1. Berechnung der Einfallsdosis  $K_E$  bzw  $K_a(FHA, I, t)$  aus der Bildempfängerdosis  $K_B$

$$K_E(HFG, d) = K_B \cdot S_{tot}(HFG, d)$$

mit

### Durchleuchtung

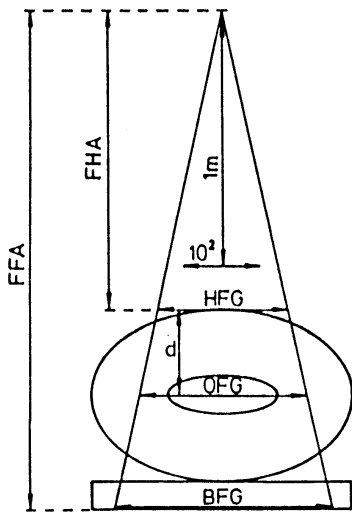


$$S_{tot}(HFG, d) = S_{geom} \cdot S_{pat}(d) \cdot S_{tisch} \cdot S_{raster} \cdot S_{HFG}$$

$S_{geom} = [FFA/FHA]^2$ ;  $d$  = Patientendurchmesser  
 $S_{pat}$ ,  $S_{tisch}$ ,  $S_{raster}$  beziehen sich auf 10X10 Felder  
 $S_{HFG}$ : Korrekturfaktor für eff. Haut-Feld-Grösse

## Bildempfängerkonzept

### Korrektur-Einflüsse



- 2) Umrechnung der Einfallsdosis  $K_E$  in die Luft-Kerma  $K_a(d, l, t)$  bzw  $K_{or}$  auf Höhe des Organes

$$K_{or}(OFG, d) = K_E(HFG, d) \cdot \left( \frac{FHA}{FHA + d} \right)^2$$

- 3) Umrechnung der Luftdosis auf Höhe des Organes in Organdosis  $D_{org}$

$$D_{org}(OFG, d) = K_{org}(OFG, d) \cdot TAR(OFG, d) \cdot t_{w,a}$$

Merke: hier ist  $d$ =Tiefe des Organes von der Oberfläche  
zudem ist  $K_{org}=K_{or}=K_a(d, l, t)$



## Beispiel Bildempfängerkonzept

**Beispiel 5: Berechnung der Uterusdosis bei gleichen Aufnahmebedingungen wie in Beispiel 3 nach dem Bildempfängerkonzept.** Eine Film-Folien-Kombination der  $EK = 400$  benötigt  $2.5 \mu\text{Gy}$  zur Erzeugung der optischen Dichte 1 (Lichttransmission 10%). Der Schwächungsfaktor enthält den Abstandsfaktor für Patientenoberfläche und Filmabstand. Der FHA beträgt 1 m, der Filmabstand 1.28 m (1m + 0.18 m + 0.1 m für die Tischplatte, den Raster und die Kassettenhalterung). Dies ergibt  $S_{\text{geom}} = (1.28/1.9)^2 = 1.64$ . Der Tischfaktor beträgt 1.5, der Rasterfaktor 2.5, der FG-Faktor 1.0 und der Patientschwächungsfaktor nach Tab. (13.10) im Tabellenanhang etwa 80. Die Gesamtschwächung beträgt somit  $S_{\text{tot}} = 500$ . Die Einfallsdosis erhält man aus dem Produkt der Gesamtschwächung mit dem Dosisbedarf in der Filmebene zu  $K_E = 500 \cdot 2.5 \mu\text{Gy} = 1.25 \text{ mGy}$ . Die Uteruskerma berechnet man mit der Abstandskorrektur (Gl. 12.26) zu  $K_{\text{ut}} = 1.25 \text{ mGy} \cdot (100/108)^2 = 1.07 \text{ mGy}$ . Mit dem  $t_{\text{wa}}$ -Faktor 1.05 erhält man die Uterus-Energiedosis zu etwa  $D_{\text{ut}} = 1.2 \text{ mGy}$ .

## Konversionsfaktor-Methode

$$D_{\text{org}}(d) = D_{\text{O}}(\text{FHA}) \cdot f_{\text{org}}$$



## Konversionsfaktoren

Röhrenspannung (kV)	Patientendurchmesser (cm)				
	15	20	25	30	35
48	140	410	1200	3000	7200
52	110	300	750	1800	4000
56	85	230	550	1300	2300
63	70	180	400	800	1500
69	57	135	290	580	1000
80	45	100	210	400	680
92	35	76	155	290	430
110	28	58	120	200	280

Tab. 13.12: Experimentell in einem Wasserphantom ermittelte Patientenschwächungsfaktoren zur Berechnung von Organdosen nach dem Bildempfängerkonzept (Kap. 12.5) nach Daten aus [DGMP7].

Untersuchung	Feldgröße (cmxcm)	kV: $f_{ut}$ (mSv/mGy)	kV: $f_{ut}$ (mSv/mGy)	kV: $f_{ut}$ (mSv/mGy)
LWS + Kreuzbein a.p.	15 x 40	70 : 0.28	80 : 0.33	90 : 0.38
LWS + Kreuzbein lat.	30 x 40	90 : 0.08	100 : 0.08	110 : 0.09
Kreuzbein a.p.	24 x 24	70 : 0.30	80 : 0.35	90 : 0.41
Kreuzbein lat.	20 x 30	90 : 0.04	100 : 0.04	110 : 0.05
Becken a.p.	40 x 40	70 : 0.33	80 : 0.40	90 : 0.45
Hüftgelenk a.p.	18 x 24	70 : 0.03	80 : 0.04	90 : 0.05
Abdomen a.p.	30 x 40	60 : 0.24	70 : 0.30	80 : 0.36
Harnblase a.p.	24 x 18	60 : 0.13	70 : 0.16	80 : 0.19
Kolon Kontr. p.a. (ÜB)	30 x 40	90 : 0.23	110 : 0.27	130 : 0.32
Kolon Kontr. p.a. (ZA)	24 x 30	90 : 0.04	110 : 0.05	130 : 0.07
Kolon Kontr. lat. (ZA)	24 x 30	90 : 0.03	110 : 0.04	130 : 0.05

Tab. 13.13: Typische Konversionsfaktoren  $f_{ut}$  zur Abschätzung der mittleren Uterusäquivalentdosis aus der Energiedosis in Luft im Fokus-Haut-Abstand (FHA). Die Faktoren wurden durch Monte-Carlo-Berechnungen an einem Standardphantom für einen Fokus-Film-Abstand (FFA) von 1.15 m ermittelt. Die Feldgrößenangabe ist Höhe x Breite (aus [Drexler], [DGMP7], ÜB: Übersichtsaufnahme, ZA: Zielaufnahme).



## Beispiel Konversionsfaktor-Methode

**Beispiel 4: Abschätzung der Uterusdosis bei gleichen Aufnahmebedingungen wie in Beispiel 3.** Benötigt wird die Energiedosis frei in Luft im FHA, die sogenannte Einfallsdosis. Sie kann z. B. aus einer Messung des Flächendosisproduktes bestimmt werden. Der Meßwert betrug  $1150 \text{ mGy}\cdot\text{cm}^2$ . Zur Einfallsdosisberechnung benötigt man die Seitenlänge des quadratischen Hautfeldes. Sie wird aus dem Strahlensatz aus der Organfeldgröße am Ort des Uterus OFG bestimmt. Man erhält  $\text{HFG} = \text{OFG}/1.08 = 18.5\text{cm}$ . Aus dem Flächendosisprodukt  $\text{FDP} = 1150 \text{ mGy}\cdot\text{cm}^2$  erhält man die Einfallsdosis zu  $K_a = 1150 \text{ mGy}\cdot\text{cm}^2 / (18.5\text{cm})^2 = 3.33 \text{ mGy}$ . Mit dem  $t_{\text{wa}}$ -Faktor rechnet man auf die Einfallsenergiedosis um  $D_E = 1.05 \cdot 3.33 \text{ mGy} = 3.5 \text{ mGy}$ . Aus Tabelle (13.13) im Tabellenanhang entnimmt man den Uterus-Konversionsfaktor zu  $f_{\text{ut}} = 0.40$  (dort nur für die FG  $40\times 40 \text{ cm}^2$  angegeben). Die Uterusdosis erhält man dann zu  $D_{\text{ut}} = 3.5 \cdot 0.40 = 1.4 \text{ mGy}$ .

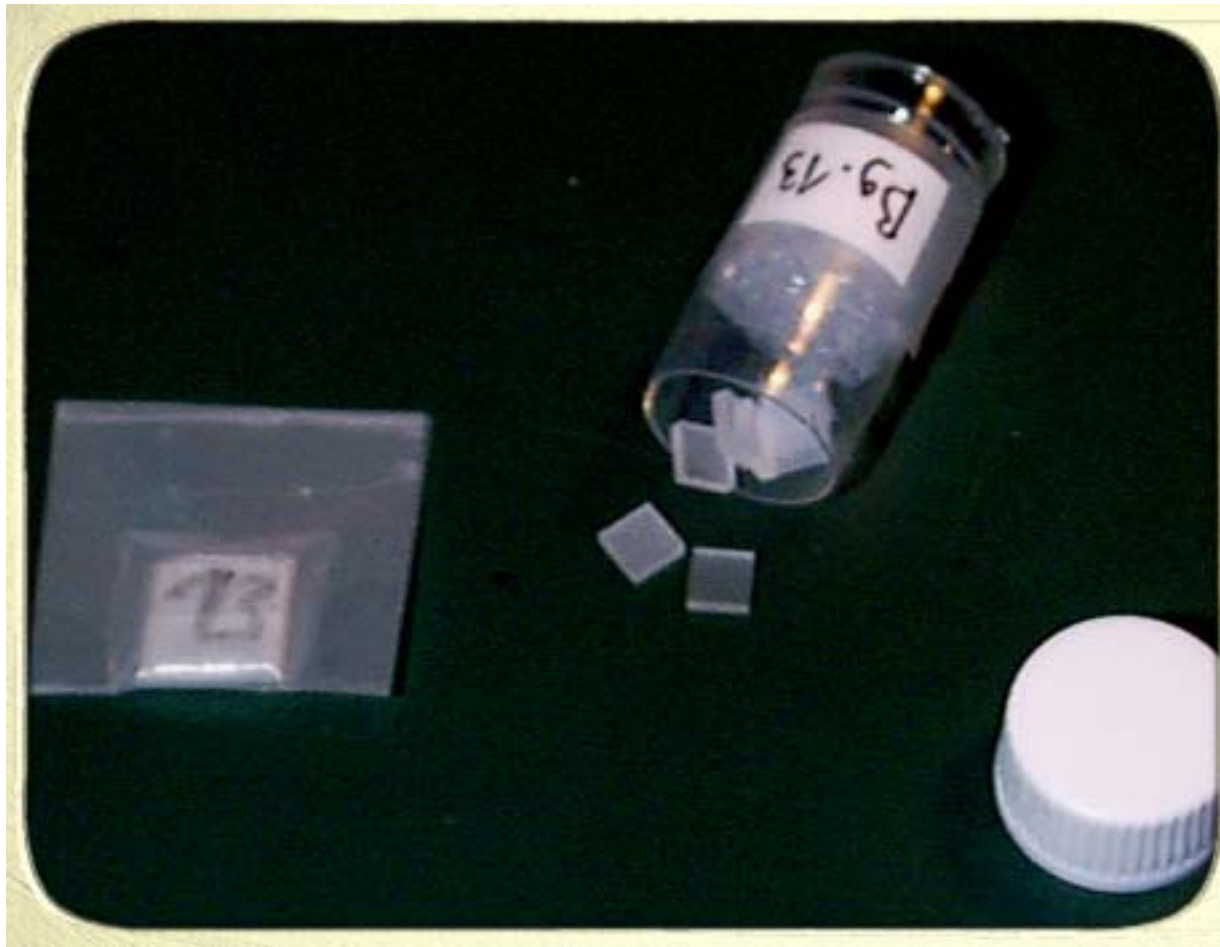




# **Ermittlung der Konversionsfaktoren anhand von Phantommessungen**

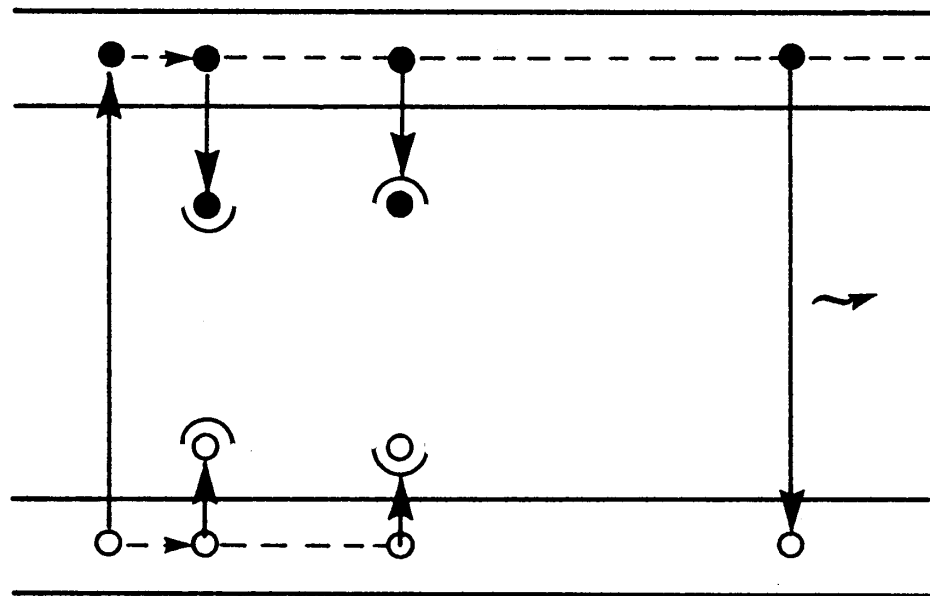


## Thermolumineszenzdosimeter



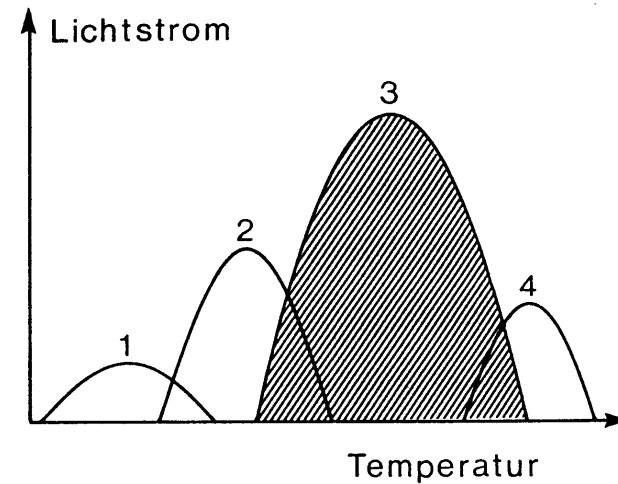
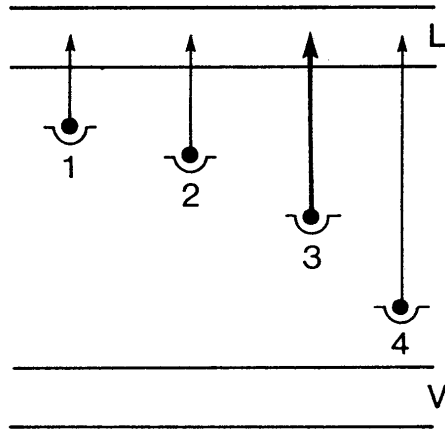
## Thermolumineszenz-Effekt

### Strahlenexposition



# Thermolumineszenz-Effekt

## Auswertung



## Thermolumineszenzdosimeter (TLD)

TL-Material (: Dotierung)	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Z <sub>eff</sub>	chem. Stabilität	Toxizität	Emissionsmaximum (nm)
LiF:Mg,Ti	2.64	8.2	gut	mittel	400
Li <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> :Mn	2.3	7.4	hygroskopisch	niedrig	605
CaSO <sub>4</sub> :Dy	2.61	15.3	gut	niedrig	478, 571
CaSO <sub>4</sub> :Mn	2.61	15.3	gut	niedrig	500
CaSO <sub>4</sub> ::Sm	2.61	15.3	gut	niedrig	600
BeO	3.01	7.2	gut	hoch (Pulver)	330
CaF <sub>2</sub> :Dy	3.18	16.3	gut	niedrig	483, 576
CaF <sub>2</sub> :Mn	3.18	16.3	gut	niedrig	500
CaF <sub>2</sub> (nat.)	3.18	16.3	gut	niedrig	380

Physikalische und chemische Daten einiger gebräuchlicher Thermolumineszenz-Materialien.



## Thermolumineszenzdosimeter (TLD)

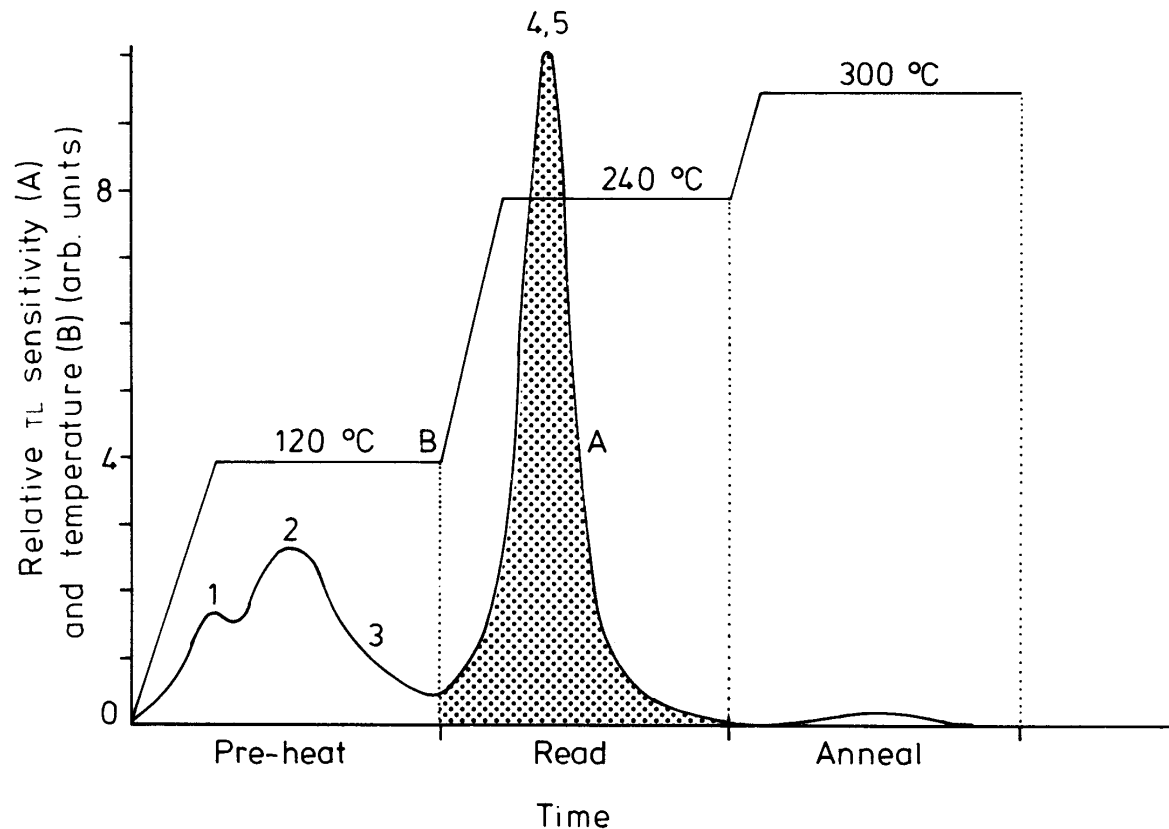
TL-Material (: Dotierung)	Thermisches Fading bei 20-25°C	optisches Fading (einschl. UV)
LiF:Mg,Ti	5% in 3 Monaten	schwach
Li <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> :Mn	10% in 2 Monaten	schwach
CaSO <sub>4</sub> :Dy	1-2% pro Monat	schwach
CaSO <sub>4</sub> :Mn	36% pro Tag	
BeO	bis 8% in 3 Monaten	stark
CaF <sub>2</sub> :Dy	25% im 1. Monat	stark
CaF <sub>2</sub> :Mn	10% im 1. Monat	
CaF <sub>2</sub> (nat.)	< 3% in 9 Monaten	Trap-Wanderung

Fadingeigenschaften der für die Dosimetrie verwendeten Glow-Peaks einiger üblicher Thermolumineszenzmaterialien.

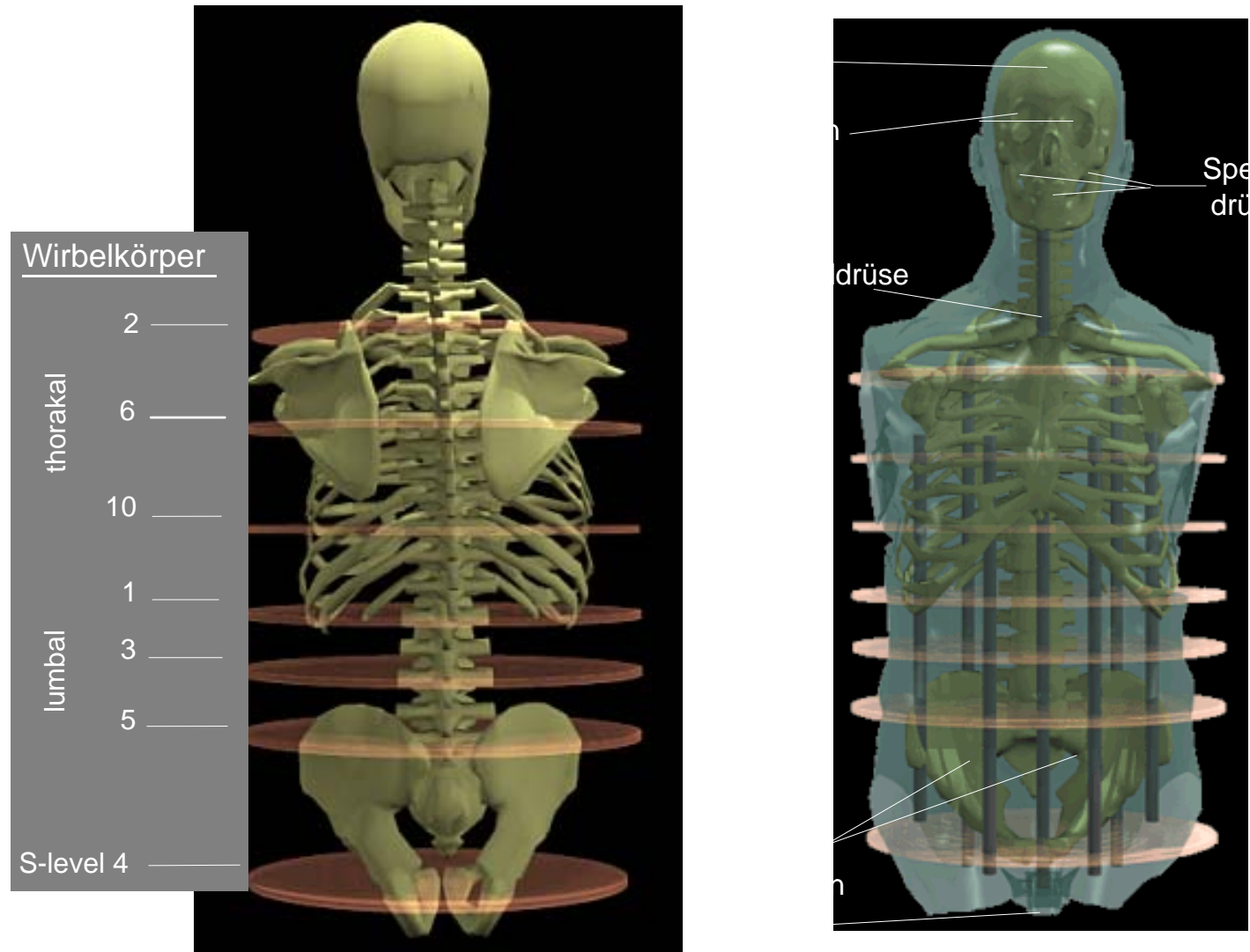


## Thermolumineszenzdosimeter (TLD)

### Auswerte-Technik



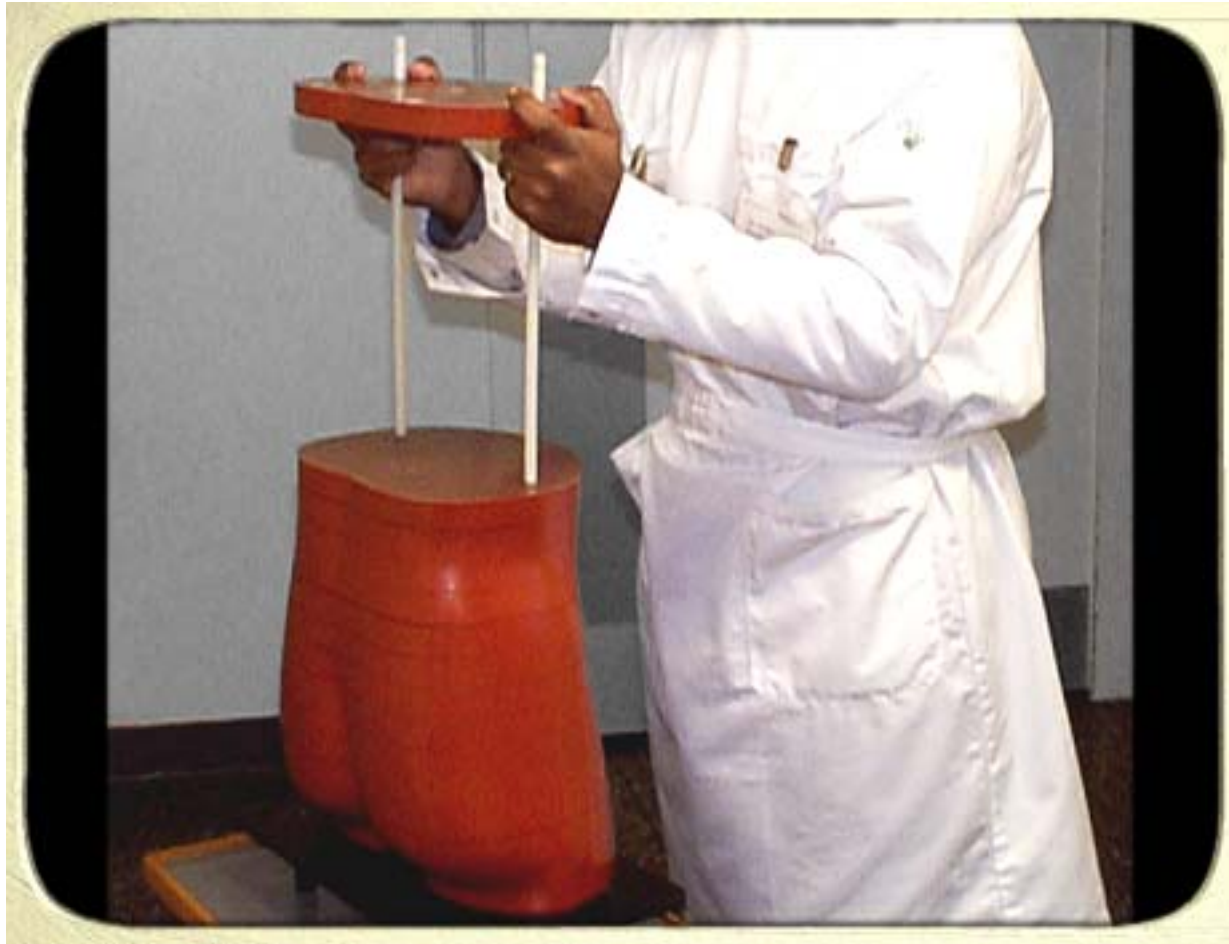
## Wahl der Dosismesspunkte



## Bestückung des Phantomes mit TLD's



## Zusammensetzung des Phantomes




## Bestimmung repräsentativer Expositionsparameter

Eingabe-Dialog

**Allgemeine Angaben & Expositionsparameter**

Phantom-Typ: REMAB Alle Eingaben mit [TAB] Taste abschliessen!

Datum: 04.03.1999  ID (7 Zchn.): Test\_1

Mess-Projekt: Phantom-Vergleich

Anlage: Siemens PANDOROS

Standort: GOPS

Beteiligte: Sn, Sudir

Anzahl Expositionen: 5 (= mAs-Faktor)

Röhrenspannung: 109 kV Referenz mAs: 20 (Röhrenstrom)

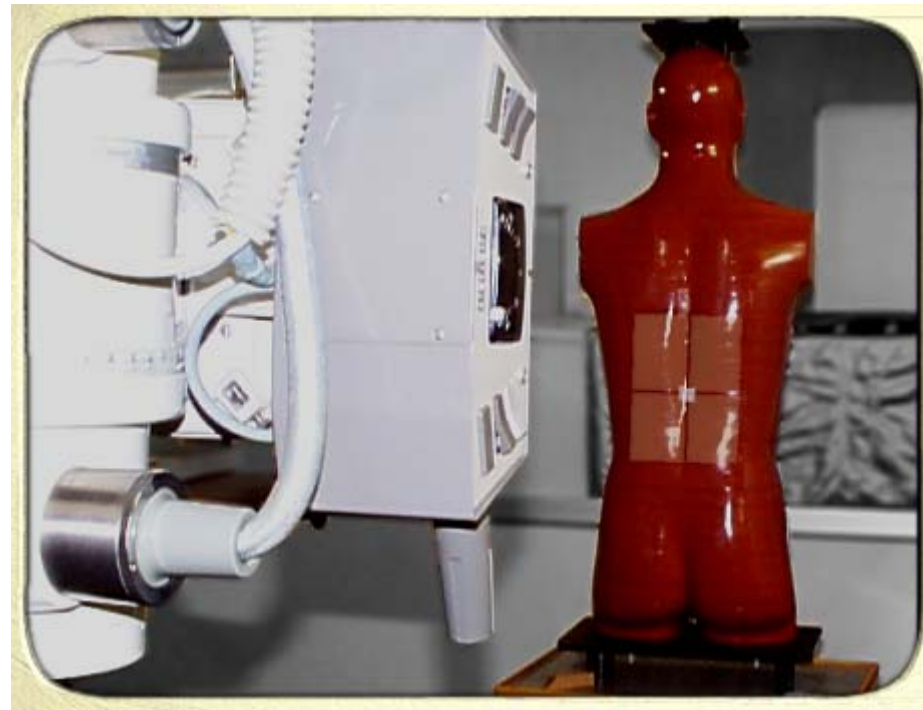
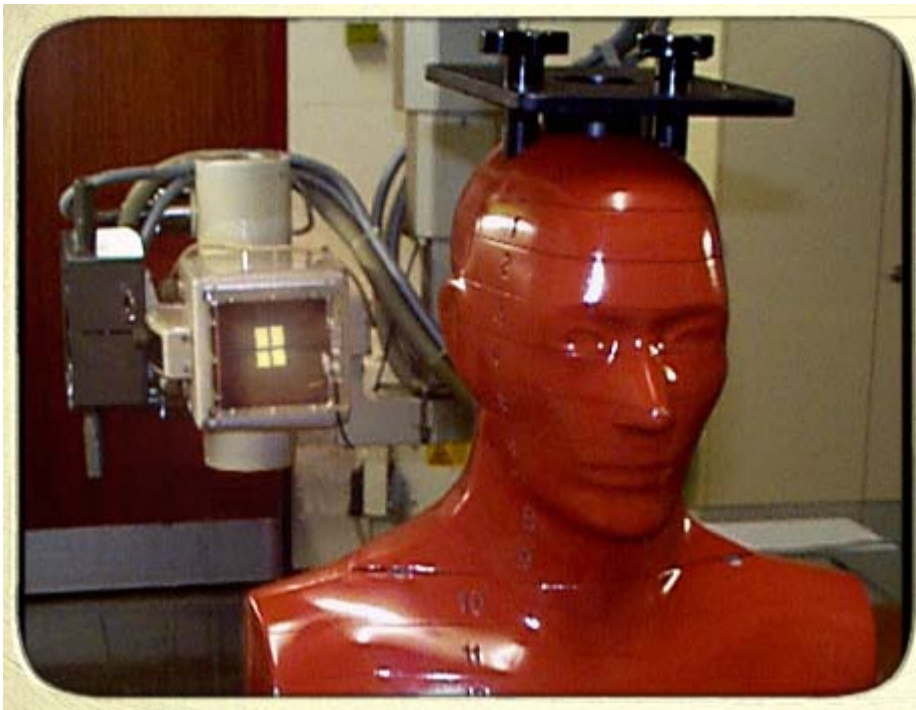
Feldgrösse: 20 x 21 cm<sup>2</sup> FOD: 92 cm FFD: 120 cm

Feldzentrum: T 9 oberer Rand: T 6 unterer Rand: L 2

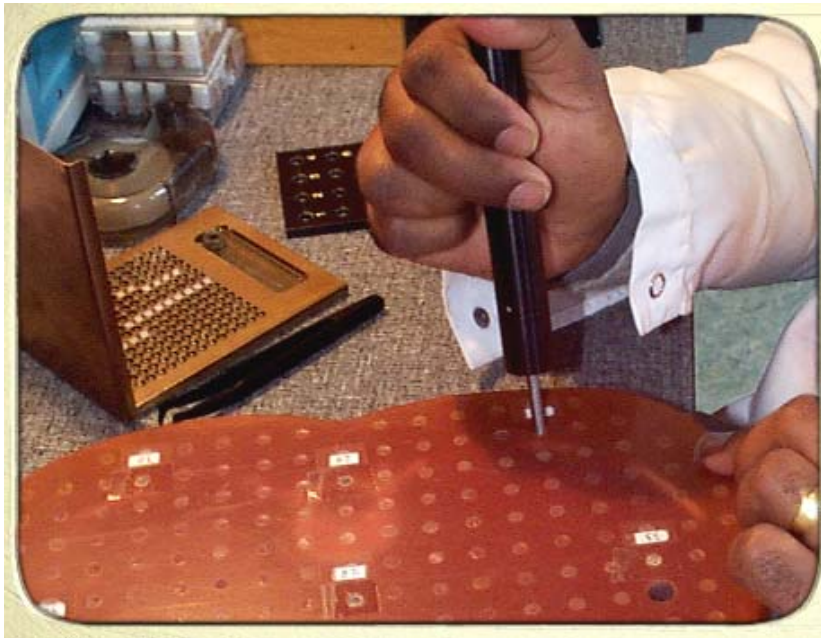
Eintrittsdosis: 8.32 mGy (airKerma) DFP: 135 cGy\*cm<sup>2</sup>

Abbrechen OK - ENTER

## Exposition des Phantomes

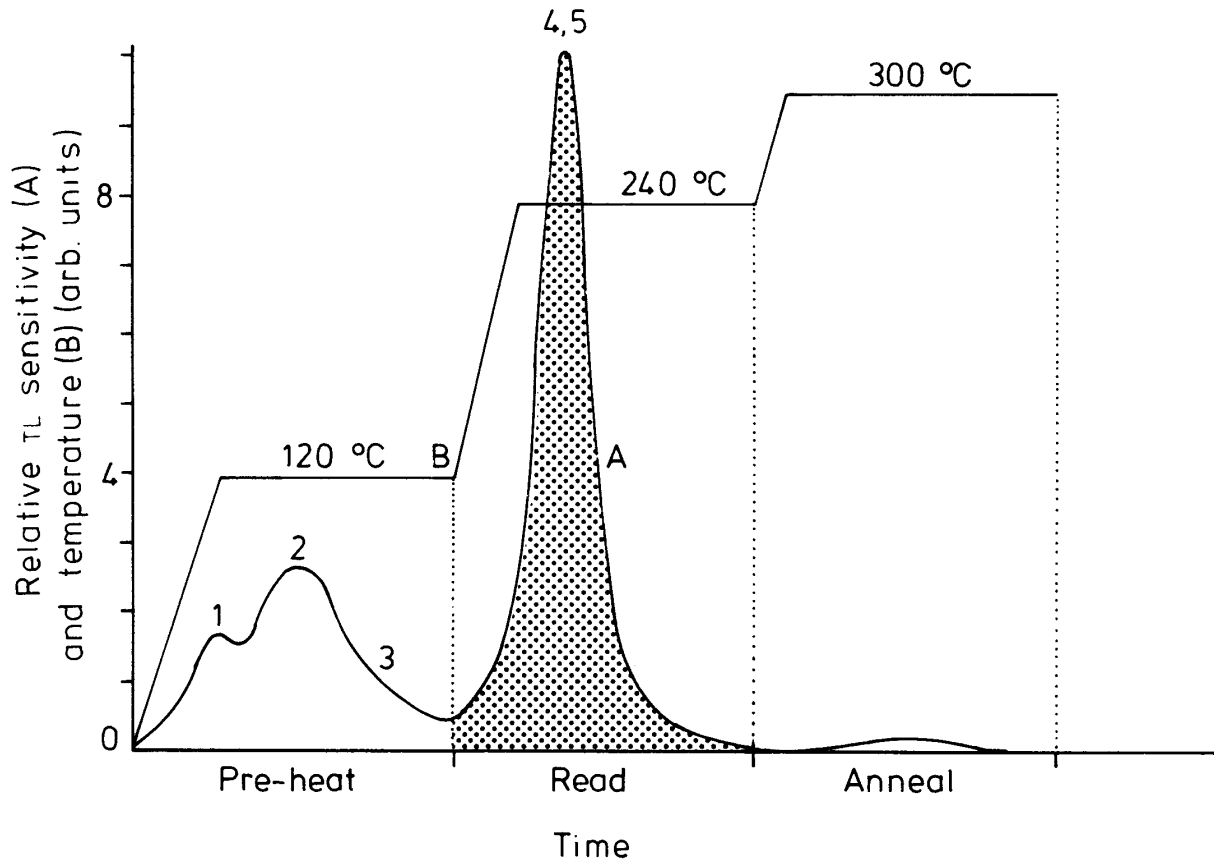


## Entladung der TLD's und Auswertung

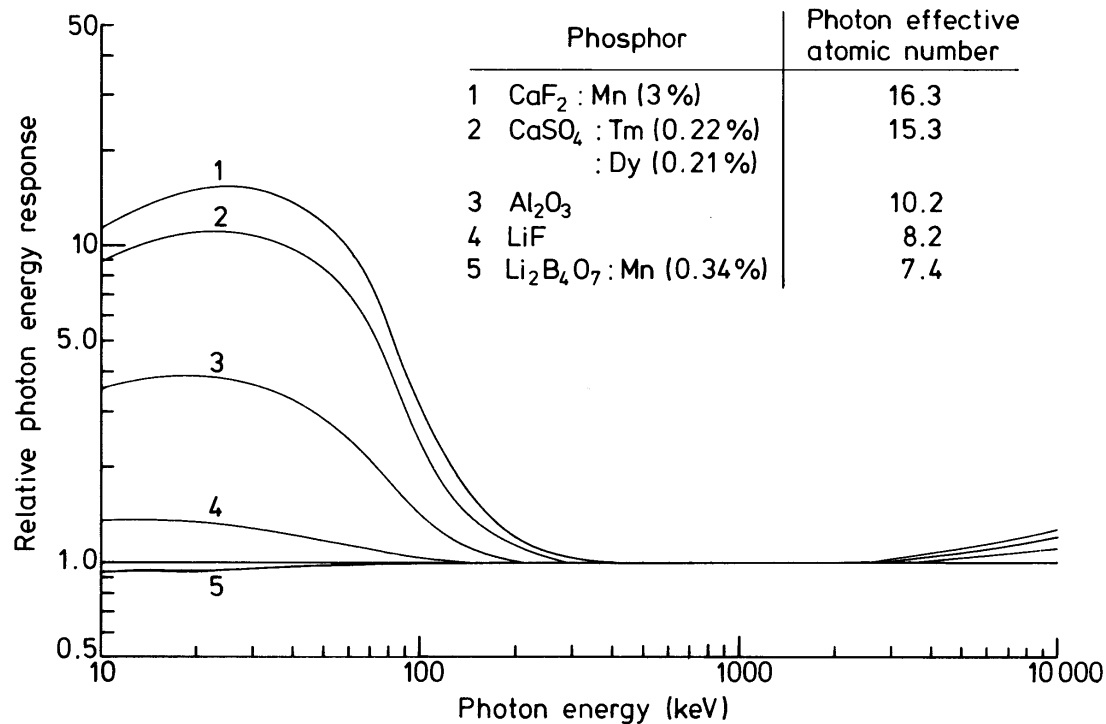


## Bestimmung der Lokaldosen im Phantom

### Auswerte-Technik

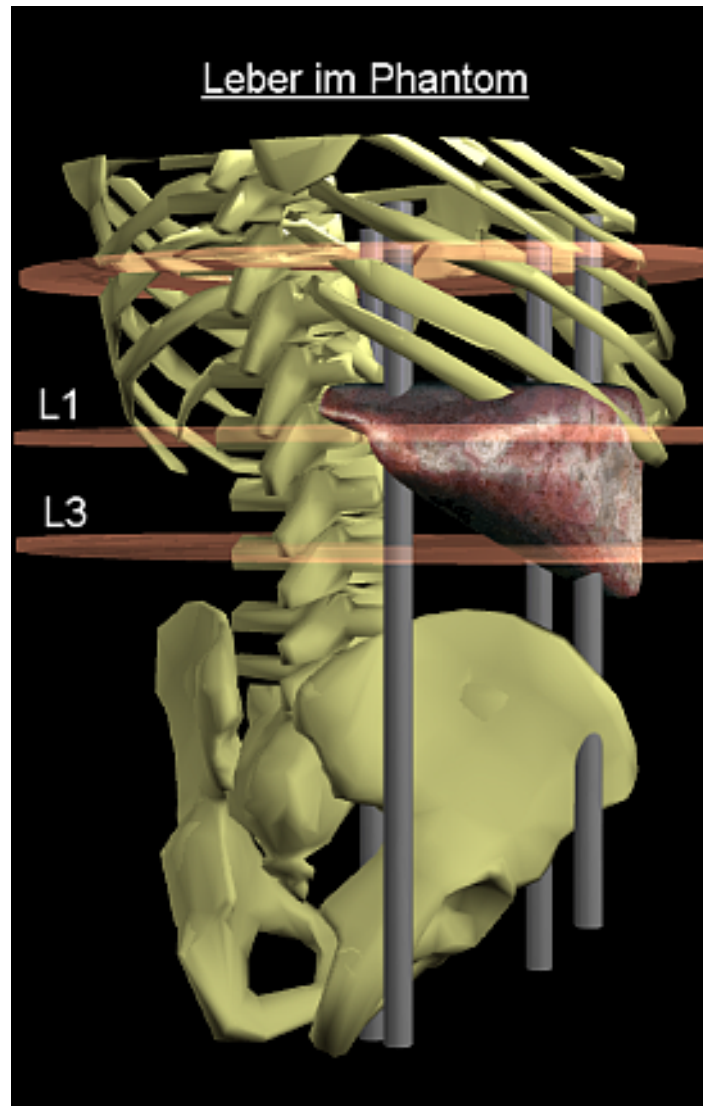
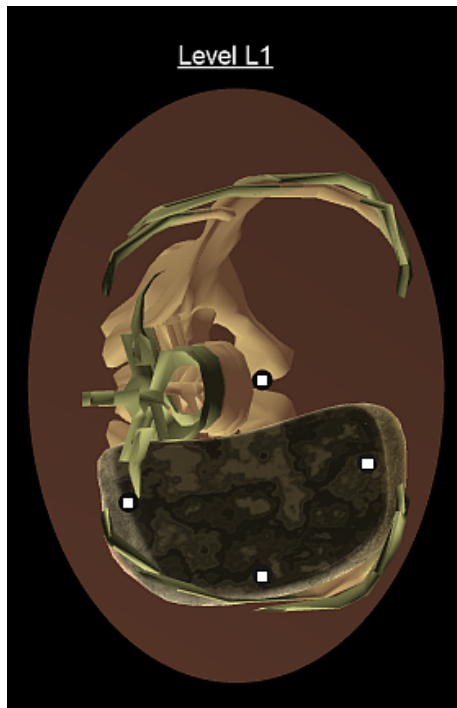


## Bestimmung der lokalen Strahlenqualität Energie-Abhängigkeit



**Figure** Theoretical photon energy responses of a number of TL phosphors relative to that of air (1.00). After Bassi *et al* (1976).

## Ermittlung der mittleren Organdosen



## Ermittlung der mittleren Organdosen

### ORGDOS-VBA: Organ- & effective-dose calculations

© Department for medical radiation physics, Inselspital CH-3010 Berne

Project : Phantom-Vergleich

Reference mAs : 20

kV : 109

Date : 04.03.1999

FSD : 92

File-ID : Test\_1

#### LIVER

The measuring points lateral on the right and in the middle on the slices no. 20 and 23 are the dose reference.

dose components [ N = no. measure.pt.]	dose quota [mGy]	weighting factors [%]	weighted dose quota [mGy]
N 28	3.335	25	0.834
N 31	0.858	25	0.214
N 33	2.619	25	0.655
N 35	10.113	25	2.528
Slice 20 weighting = 72%	-	-	-- 3.047 ---
N 39	0.755	50	0.377
N 41	3.047	50	1.523
Slice 23 weighting = 28%	-	-	-- 0.532 ---
mean organ dose	-	100.0 %	3.579 mGy
<u>Conversion factors</u>			
organ dose per entrance dose			430.130 mGy/Gy
organ dose per surface dose			60.392 mGy/Gy



## ORGDOS-VBA: Organ- & Effektiv-Dosisberechnungen

© Abt. für Med. Strahlenphysik (AMS), Inselspital CH-3010 Bern

Mess-Projekt : Phantom-Vergleich

Anlage : Siemens PANDOROS

File-ID : Test\_1

Röhrenstrom : 20 mAs (Referenz)

Feld : 420 cm<sup>2</sup>

Röhrenspannung : 109 kV

FFD : 120 cm

### Organdosen pro Aufnahme

Organ	Dosis pro Aufnahme [mGy]	Standard.Dev. [%]	Maximal-dosis	Minimal-dosis
Eintrittsdosis	11.851	-	-	-
Gonaden Ovarien	0.032	1.77	0.03	0.03
Testes	0.005	-	-	-
Knochenmark Gesamt	0.200	138.53	0.79	0.01
Anteil -Schädel	0.004			
-Rumpf	0.196			
Dickdarm gewichtet	1.342			
-Aufsteigend	1.365	212.58	10.11	0.01
-Transversal	2.972	108.55	9.24	0.54
-Absteigend	0.846	148.28	3.62	0.03
-Sigmoid	0.029	10.82	0.03	0.03
-Mastdarm	0.013	71.39	0.03	0.01
Lunge	1.539	56.84	3.34	0.26
Magen	3.686	77.43	9.17	0.70
Speiseröhre	1.474	87.61	3.34	0.09
Schilddrüse	0.085	-	-	-
Brust	2.732	13.14	3.09	2.37
Leber	3.579	87.81	10.11	0.75
Blase	0.026	40.82	0.03	0.01
Knochenoberfläche	0.446	214.82	3.68	0.01
Haut	0.277	-	-	-
Reminders: Nieren	1.353	89.66	3.62	0.26
Nebennieren	2.664	50.76	3.62	0.75
Dünndarm	0.777	382.72	8.24	0.03
Milz	1.966	58.84	3.62	0.70
Pankreas	3.430	4.17	3.62	3.34
Uterus	0.029	9.33	0.03	0.03
Hirn	0.006	39.87	0.01	0.00
Thymus	1.287	57.24	1.86	0.09
Muskel	0.223	-	-	-
Herz	2.433	35.12	3.34	1.31
Gallenblase	3.334	8.62	3.62	3.05
Prostata	0.006	-	-	-
Speicheldrüsen	0.028	4.60	0.03	0.03
Nasennebenhöhlen	0.024	9.98	0.03	0.02
Augenlinse	0.037	2.56	0.04	0.04



## Vergleich der Organdosen $H_T$

Organ	$H_T$ [mSv]		
	Lunge p.a.	Abdomen a.p.	Niere angio.
Haut (gemittelt)	0.02	0.23	768
Knochenmark	0.08	0.10	48
Gonaden	< 0.01	0.48	< 1 bzw. 6
Uterus	< 0.01	0.86	6
Blase	< 0.01	0.78	4
Dickdarm	< 0.01	0.73	58
Dünndarm	0.01	1.90	24
Nieren	0.05	0.66	129
Leber	0.14	0.72	76
Magen	0.14	0.77	34
Lunge	0.17	0.27	15
Brust	0.04	0.13	1
Schilddrüse	0.04	0.01	<1
Effektive Dosis	0.07	0.48	25



## Berechnung der Konversionsfaktoren

Untersuchung	Feldgröße (cmxcm)	kV: $f_{ut}$ (mSv/mGy)	kV: $f_{ut}$ (mSv/mGy)	kV: $f_{ut}$ (mSv/mGy)
LWS + Kreuzbein a.p.	15 x 40	70 : 0.28	80 : 0.33	90 : 0.38
LWS + Kreuzbein lat.	30 x 40	90 : 0.08	100 : 0.08	110 : 0.09
Kreuzbein a.p.	24 x 24	70 : 0.30	80 : 0.35	90 : 0.41
Kreuzbein lat.	20 x 30	90 : 0.04	100 : 0.04	110 : 0.05
Becken a.p.	40 x 40	70 : 0.33	80 : 0.40	90 : 0.45
Hüftgelenk a.p.	18 x 24	70 : 0.03	80 : 0.04	90 : 0.05
Abdomen a.p.	30 x 40	60 : 0.24	70 : 0.30	80 : 0.36
Harnblase a.p.	24 x 18	60 : 0.13	70 : 0.16	80 : 0.19
Kolon Kontr. p.a. (ÜB)	30 x 40	90 : 0.23	110 : 0.27	130 : 0.32
Kolon Kontr. p.a. (ZA)	24 x 30	90 : 0.04	110 : 0.05	130 : 0.07
Kolon Kontr. lat. (ZA)	24 x 30	90 : 0.03	110 : 0.04	130 : 0.05

**Tab. 13.13:** Typische Konversionsfaktoren  $f_{ut}$  zur Abschätzung der mittleren Uterusäquivalentdosis aus der Energiedosis in Luft im Fokus-Haut-Abstand (FHA). Die Faktoren wurden durch Monte-Carlo-Berechnungen an einem Standardphantom für einen Fokus-Film-Abstand (FFA) von 1.15 m ermittelt. Die Feldgrößenangabe ist Höhe x Breite (aus [Drexler], [DGMP7], ÜB: Übersichtsaufnahme, ZA: Zielaufnahme).

## Strahlenrisiko

Als Strahlenrisiko bezeichnet man die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten einer durch eine Strahlenexposition bewirkten manifesten nachteiligen Wirkung bei einem Individuum



## Lebenszeitrisiken für Tumorerkrankungen für je 10'000 Personen bei einer Strahlenexposition mit 1 Sv bei niedriger Dosisleistung

Organ	Krebsfälle pro 10 <sup>4</sup> Personen und pro Sv	Risikokoeffizient	Lebenszeit- verlust	relativer letaler Anteil an allen Krebsfällen
	(10 <sup>-4</sup> · Sv <sup>-1</sup> )	(%/Sv)	(Jahre)	(%)
Blase	30	0.3	10	50
Brust	20	0.2	18	50
Colon	85	0.85	12.5	55
Haut	2	0.02	1.5	0.2
Knochenmark*	50	0.5	3.1	99*
Knochenoberfläche	5	0.05	15	70
Magen	110	1.1	12.5	90
Lunge	85	0.85	13.5	95
Leber	15	0.15	15	95
Ovarien	10	0.1	17	70
Schilddrüse	8	0.08	15	10
Speiseröhre	30	0.3	11.6	95
Restkörper	50	0.5	13.7	
<b>Total:</b>	<b>500</b>	<b>5.0</b>	<b>15</b>	<b>80</b>



## Abgeschätzte Risikowerte (35jährige Patienten, beide Geschlechter gemittelt)

Standard-Untersuchung	ICRP 60
<b>Aufnahmen</b>	<b>*10<sup>-6</sup></b>
Zähne	0.1
Extremitäten	<0.1
Lunge p.a.	3
Becken a.p.	20
<b>CT-Untersuchungen</b>	
Thorax	260
Becken	300
<b>Spez. Untersuchungen</b>	
IV-Nierenangiographie	1110



# **Abschätzung der Strahlenbelastungen in der medizinischen Radiologie**