

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Experimentelle Dosimetrie**

#### **2.1.1 Alderson-Rando-Phantom**

Das Alderson-Rando-Phantom<sup>1</sup> (s. Abb. 2-1) ist ein anthropomorphes Phantom, das mit Dosimetern bestückt werden kann [66]. Es besteht aus einem menschlichen Skelett, welches in eine Isocyanat-Gummimasse mit einer spezifischen Dichte von  $0,985 \text{ g/cm}^3$  eingebettet ist. Damit hat das Phantom Absorptions- und Streueigenschaften gegenüber Röntgenstrahlen, die denen des menschlichen Gewebes äquivalent sind. Die Körpermaße des (extremitätenlosen) Phantoms entsprechen denen einer Person mit einer Körperhöhe von 173 cm und einem Gewicht von 73,5 kg. Der Sagittaldurchmesser des Abdomens cranial der Crista iliaca beträgt 22 cm. Das Phantom ist in 2,5 cm starke, axiale Schichten zerlegbar; jede Schicht ist mit Bohrlöchern versehen, in welche Dosimeter eingebracht werden können. Als Dosimeter dienten LiF-Thermolumineszenzdosimeter (TLD-100 rods<sup>2</sup>,  $1 \times 1 \times 6 \text{ mm}$ ), mit denen die Dosen ausgewählter Organe (Ovarien, Uterus, Hoden) bestimmt wurden. Die Lokalisationen sind anhand eines CT-Atlas [67] ausgewählt worden. Jeweils drei TLD-rods wurden in Plexiglas-Röhrchen verpackt und anschließend in



Abbildung 2-1: Rando-Phantom

<sup>1</sup> The RANDO® Phantom, Alderson Research Laboratories Inc., Stamford, CT, USA

<sup>2</sup> The Harshaw Chemical Company, Chrystal and Electronics Products Department, Solon, Ohio, USA

die entsprechenden Bohrlöcher der betreffenden Schicht des Alderson-Phantoms eingebracht. Die TLD-rods zur Messung der Testes-Dosen wurden an der Innenseite des rechten proximalen Oberschenkels angebracht. Die Dosimeter wurden zuvor bei 70 kV, 100 mA und 250 ms kalibriert.

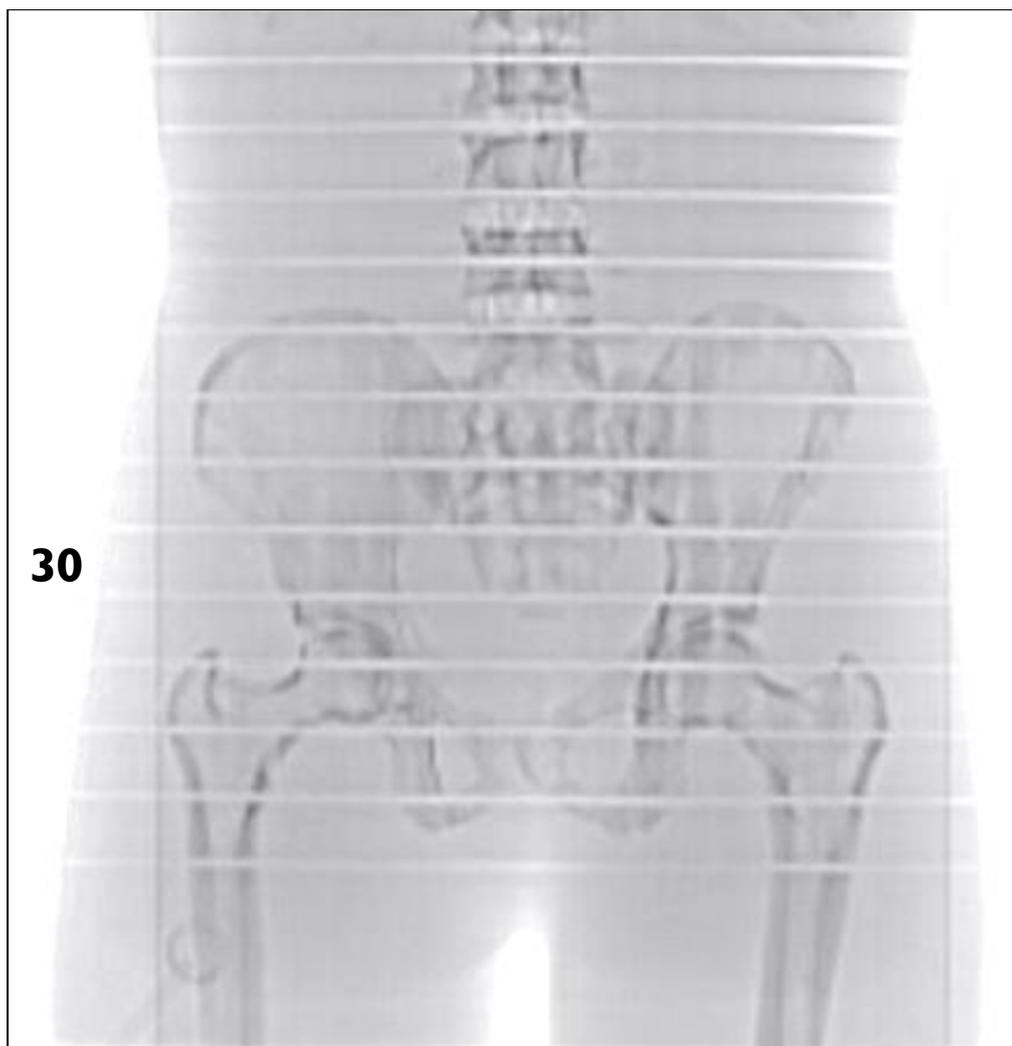


Abbildung 2-2: CT-Topogramm des Phantoms mit Markierung von Schicht 30

Abbildung 2-2 zeigt ein CT-Topogramm des Beckens eines Alderson-Rando-Phantoms mit Kennzeichnung der Schicht Nr. 30, in der die Thermolumineszenzdosimeter platziert wurden. Man erkennt deutlich das enthaltene Skelett, die Kontur des Phantoms und die Schichten, in die das Phantom unterteilt ist. Abb. 2-3 zeigt eine computertomographische Aufnahme

von Schicht 30 mit der Markierung der verwendeten Dosimeterlokalisationen (OV = Ovar, UT = Uterus).

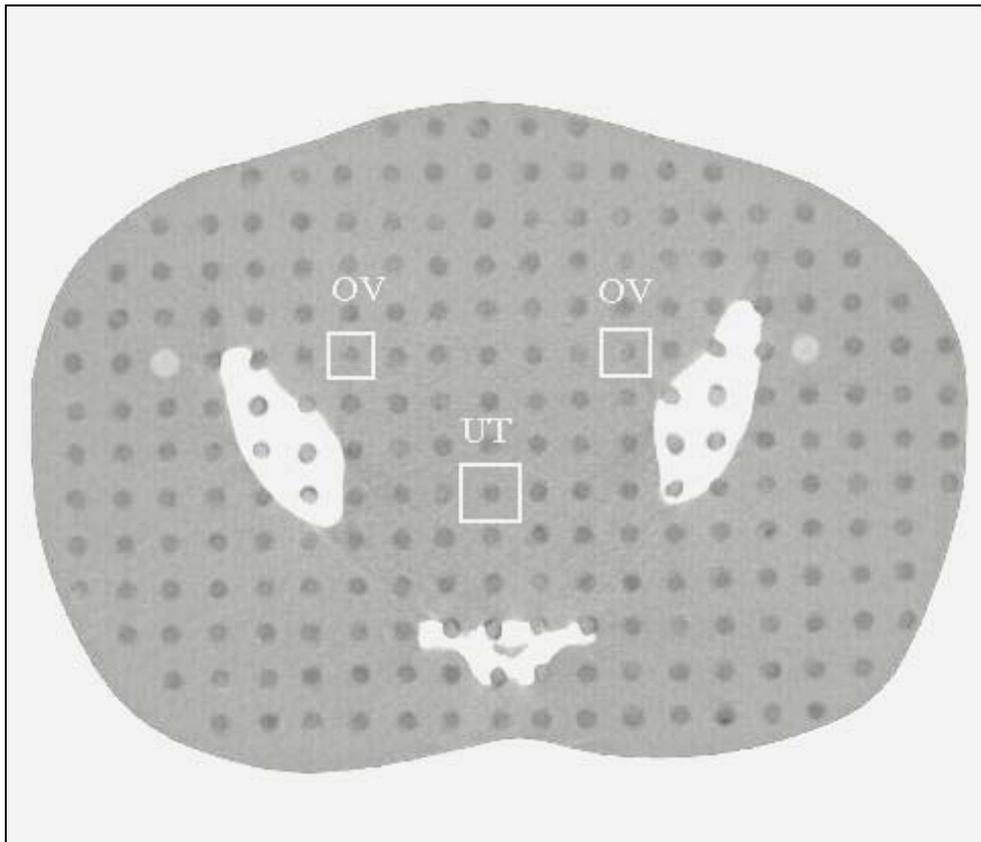


Abbildung 2-3: Computertomogramm von Schicht 30

### 2.1.2 Untersuchung

Der Untersuchungsablauf wurde dem einer Standard-Patientenuntersuchung angepaßt. Die in Tabelle 2-1 gezeigten Werte entsprechen den Mittelwerten aus zuvor beobachteten Patientenuntersuchungen. Das Dosis-Flächen-Produkt wurde für die gesamte Untersuchung notiert. Es wurden jeweils drei Untersuchungen bei Aufnahmespannungen von 70, 80 und 90 kV durchgeführt. Für die Untersuchungen mit 90 kV wurden Wasserkissen als fettäquivalente

Schichten an der Strahleneintritts- und -austrittsseite angebracht. Dadurch erhöhte sich der Sagittaldurchmesser des Abdomens auf 27 cm.

Untersuchungsphase	Bereich	DL-Zeit*	Zielaufnahmen
- Sondenplatzierung	Oberbauch, Ösophagus	3	-
- Untersuchung			
prox. Jejunum	Oberbauch, linker Mittelbauch	3	4
mittlerer Dünndarm	Mittel-/Unterbauch	3	5
terminales Ileum	Unterbauch, rechts > links	6	6
	<b>Summe:</b>	<b>15</b>	<b>15</b>

\* Durchleuchtungszeit in Minuten

Tabelle 2-1: Mittlerer Zeit- und Filmbedarf der Enteroklysis

Die TLD-rods wurden im Anschluß an die Untersuchung für 15 Minuten bei 100 °C stabilisiert („pre-annealing“) und innerhalb der nächsten Stunden ausgelesen. Als Auslesegerät diente ein Analysegerät vom Typ Harshaw QS 5500<sup>3</sup>. Dabei wurden die Dosimeter in 20 Sekunden bei linearem Temperaturanstieg auf 270 °C aufgeheizt. Nach dem Auslesevorgang erfolgt die Regeneration der Dosimeter bei 400 °C für 15 Minuten mit anschließendem Abkühlen auf 50 °C und erneutem Stabilisieren bei 100 °C für 15 Minuten.

Die Meßwerte wurden von der Untergrundstrahlung bereinigt, welche für jedes TLD-rod gemessen wurde. Die Organdosis resultiert aus dem Mittelwert der bereinigten Daten der drei TLD-rods pro Meßpunkt. Eine Backscatter-Korrektur der Meßwerte für die Testes-Dosis wurde nicht durchgeführt, da die entsprechenden TLD-rods nicht im Durchleuchtungsfeld lagen, sondern nur von Streustrahlung betroffen waren.

Die Durchführung der Phantom-Dosimetrie wurde durch die Hilfe der Physiker aus der Abteilung für Strahlentherapie des UKBF ermöglicht.

<sup>3</sup> The Harshaw Chemical Company, Chrystal and Electronics Products Department, Solon, Ohio, USA

## 2.2 Doppelkontrastuntersuchung des Dünndarms

### 2.2.1 Untersuchung

Im Zeitraum zwischen Juli 1998 und Juni 1999 wurde bei 137 Patienten (48 Männer, 89 Frauen) eine Doppelkontrastuntersuchung des Dünndarms (Enteroklysma nach Sellink/Herlinger) durchgeführt. Zur Untersuchung wurde nach Nasen-Rachen-Lokalanästhesie mit Xylocain-Spray 2% und Lidocain-Gel intranasal unter intermittierender Durchleuchtungskontrolle die Duodenalsonde (Fa. Guerbet) platziert. Es folgte die Applikation von 200-300 ml Bariumsulfat zur Darstellung des Dünndarms im Monokontrast. Anschließend wurden zur Doppelkontrastierung und Induktion einer Hypotonie 1000-1500 ml Methylzellulose mittels Pumpe (Fa. Guerbet) mit einer Flußrate von 80-100 ml/min infundiert. Zur Dokumentation der Füllung von Jejunum und Ileum im Mono- und Doppelkontrast erfolgten digitale Bildakquisition (DSI = digital spot imaging) bzw. konventionelle Zielaufnahmen. Abschließend wurde eine Übersichtsaufnahme des Abdomens in Bauchlage angefertigt.

Während der Sondenplatzierung war das Feld im Bereich um die Sondenspitze maximal eingeblendet, im Verlauf der nachfolgenden Untersuchung wurde in der Regel mit der Hälfte der Feldgröße (Durchmesser des Vollfeldes: 23 cm) durchleuchtet. Die Untersuchungen fanden an zwei Durchleuchtungsplätzen statt. Tabelle 2-1 und Tabelle 2-2 zeigen eine Übersicht der technischen Parameter der Betriebseinheiten.

### 2.2.2 Patienten

Der Median des Alters aller Patienten lag bei 48,1 Jahren (Männer: 52,8 Jahre, Frauen: 45,3 Jahre). Das Minimum betrug 12, das Maximum 87,5 Jahre (Männer: 17,5 bis 87,5 Jahre, Frauen: 12 bis 79,1 Jahre). Der Interquartilsbereich wurde begrenzt von 34,1 und 59,3 Jahren (Männer: 36,4 und 62,5 Jahre, Frauen: 33,9 und 56,3 Jahre).

Körpergröße [cm] und -gewicht [kg] wurden erfragt, der Sagittaldurchmesser des Abdomens [cm] wurden mit Hilfe eines Bandmaßes gemessen.

### 2.2.3 Indikationen

Die Untersuchung wurde aufgrund einer Reihe verschiedener Indikationen durchgeführt. In 57 Fällen (42 %) bestanden unspezifische gastrointestinale Beschwerden oder der Verdacht auf eine chronische entzündliche Darmerkrankung. 37 Patienten (27 %) litten an einem gesicherten M. Crohn. Bei 21 Patienten (15 %) war die Untersuchung wegen einer intestinalen Obstruktion indiziert, bei 8 Patienten (6 %) wurde ein neuroendokriner Tumor (NET) im Dünndarm vermutet, bei jeweils 5 Patienten (4 %) bestand eine manifeste Colitis ulcerosa oder wurde eine gastrointestinale Blutung vermutet. Je ein Patient (jeweils 1 %) wurde bei Verdacht auf Polyposis intestini bzw. eine postoperative Fistel untersucht.

24 Patienten (18 %) waren bis zum Zeitpunkt der Enteroklysis am Dün- oder Dickdarm operiert worden.

### 2.2.4 Dosis-Flächen-Produkt

Das Dosis-Flächen-Produkt wurde mit Hilfe einer an der Blende angebrachten Ionisations-Meßkammer aufgenommen und an einem Auslesegerät (Diamentor M3, Fa. PTW, Freiburg) in der Einheit „cGycm<sup>2</sup>“ angezeigt. Es wird durch Multiplikation der Ionisation in Luft (Luftkerma [cGy]) in der Meßkammer mit der dort bestrahlten Fläche [cm<sup>2</sup>] berechnet. Das DFP und die Durchleuchtungszeit wurden für die Sondenplatzierung und die nachfolgende Untersuchung getrennt notiert. Weiterhin wurden die kV- und mA-Werte aufgezeichnet.

### 2.2.5 Bestimmung und Anwendung von Konversionsfaktoren

Bei der Phantomdosimetrie wurden die Organdosen und das DFP gemessen. Durch lineare Regression nach Pearson wurde die Beziehung zwischen den Größen Organdosis und Dosis-Flächen-Produkt überprüft. Durch Schätzgleichungen werden Konversionsfaktoren ermittelt und geprüft. Die Konversionsfaktoren werden auf das DFP der Patientenuntersuchungen angewendet.

Die Datenverwaltung und -verarbeitung erfolgte mit SPSS für Windows 7.5 und Microsoft<sup>®</sup> Excel 7.0.

**Durchleuchtungsplatz I (113 Untersuchungen)**

Gerätetyp:	Diagnost 73, Fa. Phillips, DSI + konventionell	
Generator:	Maximum TM 100, ab 21.01.1999: Optimus 50, Konverter	
Raster:	10/36, 75 cm	
Raster bei Deckenstrahler mit Bucky-Tisch:	12/36, 100 cm	
Filterung:	2,7 mm Al Gesamtfilterung	
Filterung bei Deckenstrahler mit Bucky-Tisch:	2,2 mm Al	
Kassettenformat:	Abdomenübersicht 35 x 43 cm	
Film-/Folien-Empfindlichkeitsklasse:	400	
Fokus-BV-Abstand:	63 - 77 cm	
BV-Eingangsdosisleistung:	<u>Maximum TM 100:</u>	<u>Optimus 50:</u>
- Durchleuchtung:	Vollfeld (23 cm): 0,34 $\mu\text{Gy}/\text{sec}$ Zoom (13 cm): 0,57 $\mu\text{Gy}/\text{sec}$	0,4 $\mu\text{Gy}/\text{sec}$ 0,75 $\mu\text{Gy}/\text{sec}$
- DSI:	Vollfeld (23 cm): 0,53 $\mu\text{Gy}/\text{Bild}$ Zoom (13 cm): 1,2 $\mu\text{Gy}/\text{Bild}$	0,6 $\mu\text{Gy}/\text{Bild}$ 1,7 $\mu\text{Gy}/\text{Bild}$
Dosimeter:	Diamentor M3, Fa. PTW Freiburg, Einheit: $\text{cGy}\text{cm}^2$	
Weiteres:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Durchleuchtung nicht gepulst</li> <li>– Last Image Hold vorhanden</li> <li>– Untertischgerät</li> <li>– Belichtungsautomatik vorhanden</li> </ul>	

Tabelle 2-2: Technische Parameter der Durchleuchtungseinheit I

**Durchleuchtungsplatz 2 (24 Untersuchungen)**

Gerätetyp:	Diagnost 65, Fa. Phillips, konventionell
Generator:	Super 80 CP-D, Konverter 80 kW
Raster:	10/36, 75 cm
Raster bei Deckenstrahler mit Bucky-Tisch:	12/36, 100 cm
Filterung:	2,7 mm Al Gesamtfiltrung
Filterung bei Deckenstrahler mit Bucky-Tisch:	2,2 mm Al
Kassettenformat:	Abdomenübersicht 35 x 43 cm
Film-/Folien-Empfindlichkeitsklasse:	400
Fokus-BV-Abstand (Enteroklysmas):	63 - 77 cm
BV-Eingangsdosisleistung:  - Durchleuchtung:	Vollfeld (23 cm): 0,26 $\mu\text{Gy}/\text{sec}$ Zoom (13 cm): 0,52 $\mu\text{Gy}/\text{sec}$
Dosimeter:	Diamentor M3, Fa. PTW Freiburg, Einheit: $\text{cGy}\cdot\text{cm}^2$
Weiteres:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durchleuchtung nicht gepulst</li> <li>- Last Image Hold vorhanden</li> <li>- Untertischgerät</li> <li>- Belichtungsautomatik vorhanden</li> </ul>

Tabelle 2-3: Technische Parameter der Durchleuchtungseinheit 2