

5. Material und Methode

Zur Durchführung der basierenden Studie trugen die Operateure sowohl bei navigierten, als auch bei herkömmlichen dorsalen Stabilisationen Ringdosimeter an ihren Händen. Hierzu wurde der Beta-Fingerring HARSHAW BTKD 2001 eingesetzt.

5.1 AGROP – Arbeitsgruppe Rechnergestütztes Operieren

Die vorliegende Arbeit und die durchgeführte Ringdosimeterstudie wurden im Rahmen der Arbeitsgruppe AGROP durchgeführt. Unter der AGROP versteht man die Arbeitsgruppe Rechnergestütztes Operieren unter der Leitung von Prof. Dr. Christian Krettek von der Medizinischen Hochschule Hannover und seinem Stellvertreter Prof. Dr. Florian Gebhard vom Universitätsklinikum Ulm. Im Studienzeitraum hatte die AGROP über 50 Mitglieder. Jedem Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie steht es frei, der Arbeitsgruppe beizutreten. Die AGROP sieht ihre Aufgabe vor allem im Bereich der klinischen und experimentellen Forschung und Entwicklung des Rechnergestützten Operierens und der Lehre dieser Operationstechnik. Sie ist Ansprechpartner für Operateure, Operationsplanungen, für Patienten und für die Industrie. Ferner arbeitet AGROP eng mit der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie zusammen (23).

5.2 Fingerringdosimeter Typ HARSHAW BTKD 2001

In der vorliegenden Studie wurde das Ringdosimeter Typ HARSHAW BTKD 2001 eingesetzt. Neben den Eigenschaften des Dosimeters werden Auswahlkriterien für das Fingerdosimeter dargelegt.

5.2.1 Eigenschaften des Beta-Fingerringes

Im Fall der vorliegenden Studie wurde das Beta-Fingerringdosimeter Typ HARSHAW BTKD 2001 eingesetzt. Das Fingerringdosimeter dient der Überwachung der Teilkörperexposition gemäß § 41 (3) StrlSchV. Das Dosimeter besitzt eine Zulassung der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (Zulassungszeichen 23.52/01.01). Der Beta-Fingerring besteht aus drei Komponenten:



Abb. 19 Beta Fingerring

1. Einweg-Ringkörper
2. Thermolumineszenzdetektor auf einem kreisförmigen Träger
3. Abdeckung als diskusförmige Linse



Abb. 20 Beta Fingerring

Der Ring kann in zehn Rasterstufen auf den gewünschten Fingerdurchmesser (bis 26 mm) eingestellt und so der Hand des Operateurs individuell angepasst werden.

Der Ring, auf dem der Detektor befestigt ist, ist ein Einwegprodukt, das nach Abschluss einer Messperiode von der Messstelle verworfen wird.

Der Thermolumineszenzdetektor aus Lithiumfluorid wird zusammen mit der diskusförmigen Abdeckung von der Messstelle so auf den Basisring gepresst, dass keine Kanten und Zwischenräume entstehen, die den Operateur verletzen oder bei seiner Arbeit behindern könnten. Die Abdeckung garantiert eine flüssigkeitsdichte Abkapselung des Detektors. Sie hat ein besonders dünnes Strahleneintrittsfenster, das auch weiche Beta-Strahlen hindurch lässt.

Der Fingerring wird vom Anwender wahlweise direkt auf den Finger oder beim Tragen von zwei Handschuhen zwischen die Lagen aufgesteckt. Da das Dosimeter der Ermittlung der Teilkörperdosis dient, empfiehlt es sich, den Ring an Zeige-, Mittel- oder Ringfinger zu tragen, da dies die Körperteile des Operateurs sind, die sich am häufigsten im Strahlenfeld befinden.

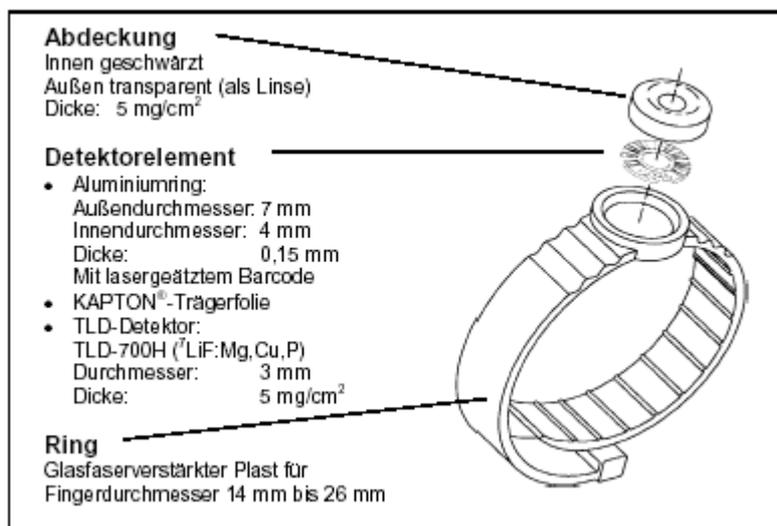


Abb. 21 Technisches Datenblatt für das Beta-Fingerdosimeter

Der Einwegringkörper trägt den wieder verwendbaren Thermolumineszenzdetektor aus Lithiumfluorid hinter einer transparenten Abdeckung. Bezugspunkt für die Dosismessung ist die Mitte des Detektors. Die Abdeckung, die ebenfalls bei jeder Auswertung verworfen wird, besteht mittig aus einer dünnen Folie, die leicht Schaden nehmen kann und vorsichtig gehandhabt werden muss, da Flüssigkeit eintreten und den Detektor zerstören könnte. Die Detektoren sind ca. 50 mal

wiederzuverwenden, sofern keine Einzeldosen über 50 mSv gemessen wurden, keine Beschädigungen oder Verschmutzungen vorliegen. Eine radioaktive Kontamination ist unbedingt zu vermeiden (24).

5.2.2 Das Messverfahren

Die Sonde des Fingerringdosimeters ist so geschaffen, dass sie sowohl zur Messung in reinen Beta-Strahlenfeldern als auch in gemischten Beta-Photonen-Strahlenfeldern eingesetzt werden kann. Das Dosimeter kann Teilkörperdosen durch Beta-Strahlung mit Energien ab 60 keV und durch Photonenstrahlung mit Energien ab 15 keV ermitteln. Auch begleitende Gamma-, Röntgen- und Bremsstrahlung, die bei der Abschirmung von Beta-Strahlung entstehen kann, wird durch den Dosimeterdetektor erfasst.

Eine Dosis von 0,2 mSv ist als untere Grenze sicher nachweisbar. Da die gesetzliche Forderung bei 1mSv liegt, ist das Dosimeter in der Lage, weit unter der vorgeschriebenen Norm zu messen. Das Dosimeter hat einen Messverlust von max. 6% im Jahr (24).

Zusammenfassung der technischen Daten	
Strahlenart	Photonen- und Betastrahlung
Messgröße	Oberflächen-Personendosis $H_p(0,07)$.
Messbereich	1,0 mSv bis 10,0 Sv
Nenngebrauchsbereiche der Dosimetersonde	
Photonenenergie	20 keV bis 1.400 keV
Elektronenenergie	50 keV bis 2.300 keV
Strahleneinfallswinkel	0° +/- 60°
Umgebungstemperatur	10° bis 40° C
Relative Luftfeuchte	10% bis 90%
Sonnenlicht	0 W/m ² bis 1000 W/m ²
Lagerung in Wasser	0 h bis 24 h
Mechanischer Schock	0 m/s ² bis 4900 m/s ²

Tabelle 2 Technisches Datenblatt für das Beta-Fingerdosimeter

Die Fingerring-Dosimetersonde bestimmt die Oberflächen-Personendosis $H_p(0,07)$. Es kann ebenfalls zur Überwachung der Augen und anderer Teilkörperexpositionen verwendet werden. In

der folgenden Tabelle der Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung in Mecklenburg-Vorpommern sind alle Einsatzbereiche des Fingerringdosimeters gelistet:

Typische Anwendungsbereiche des Fingerringdosimeters sind:

Anwendungen in der Medizin	Photo	Beta
Röntgendurchleuchtungen (auch Aufnahmen) an einem mobilen C-Bogengerät z. B. im OP: Operateur, Untersucher, Assistent	x	
Spezialuntersuchungen mit Aufnahmen und/oder Durchleuchtungen (z. B. Angiographien, interventionelle Radiologie): Untersucher, Assistent	x	
Tiermedizinische Röntgenuntersuchungen: haltende Personen im Beruf	x	
Intrakavitäre/interstitielle manuelle Brachytherapie (z. B. Ir-192, I-125 und Au-198 Seeds)	x	
Strahlentherapie mit offenen Beta-Strahlern (z. B. Y-90, P-32, Re-186/188)		x
Endovaskuläre Therapie mit umschlossenen Beta- und Gamma-Strahlern	(x)	(x)
Kontakttherapie mit umschlossenen Beta-Strahlern (z. B. Sr-90, Ru-106)		(x)
Therapie mit I-131	(x)	
in-vivo-Diagnostik einschließlich PET (z. B. Tc-99m, I-123)	(x)	
Therapie mit Beta-Strahlern (z. B. P-32, Y-90)		(x)
Erprobung, Wartung, Instandsetzung von Elektronenbeschleunigern u.a.		(x)

Anwendungen in Forschung und Technik	Photo	Beta
Feinstrukturgeräte mit offenem Strahlengang bei Justierarbeiten	x	
Prüfungs-, Erprobungs-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an Röntgeneinrichtungen und Störstrahlern bei Aufenthalt im Kontrollbereich	(x)	
Herstellung, Wartung von Mess- und Regelanlagen und Ionisationsrauchmeldern	(x)	(x)
Chemische, radiochemische und biochemische Forschung und Verfahrenstechnik		(x)
Normalbetrieb von Anlagen zur Brennelementherstellung	(x)	
Arbeiten zur Wartung, Instandsetzung, Revision und Stilllegung kerntechnischer Anlagen		(x)

x: Messung erforderlich; Photo = Ring für Photonenstrahlung, Beta = Ring für gemischte Beta-/Photonenstrahlung
(): Messung in Abhängigkeit von den konkreten Expositionsbedingungen erforderlich

Abb. 22 Beta Fingerringe

Der Detektor ist ein Thermolumineszenz-Detektor (TLD) aus Lithiumfluorid (LiF). Das hochempfindliche kupferdotierte Lithiumfluorid (LiF: Mg,Cu,P) absorbiert die Strahlung ähnlich wie die menschliche Haut und speichert die Dosis bis zur Auswertung. Bei der Auswertung wird es auf etwa 250 °C erhitzt und gibt ein Lichtsignal („Lumineszenz“) ab, dessen Stärke proportional zur gespeicherten Dosis ist. Nach der beschriebenen Wärmeexposition ist der Detektor wieder regeneriert und kann erneut genutzt werden. Dies impliziert, dass eine

Wiederholung der Auswertung grundsätzlich unmöglich ist, da die Daten durch die Wärmezufuhr gelöscht werden.

5.2.3 Sterilisierbarkeit

Zur Reinigung können herkömmliche Waschmittellösungen, Alkohol, Händedesinfektionsmittel und auch Ethylenoxid verwandt werden. Der Detektor ist flüssigkeitsdicht verschlossen, sofern keine Beschädigung vorliegt. Eine Erhitzung des Dosimeters über 80 °C muss unbedingt vermieden werden, da dies zu einer Verminderung der Dosisanzeige führt. Aus diesem Grund ist eine Hitzesterilisation z.B. in einem Autoklaven nicht möglich. Das Dosimeter ist bei Lagerung in Wasser bis zu 24 Stunden flüssigkeitsdicht (24).

5.3 Auswahlkriterien für die Studie

Der Beta-Fingerring HARSHAW BTKD 2001 wurde in der vorliegenden Studie angewandt, weil seine leichte Handhabung optimal für den routinemäßigen Einsatz ist. Der Fingerring befindet sich an der Hand des Chirurgen, da sie sich am häufigsten im Strahlengang des Bildwändlers befindet. Die Messung mit einem Ring an der Hand des Operateurs garantiert somit die höchste Reliabilität.



Abb. 23 Der Beta-Fingerring kann individuell dem Fingerumfang des Operateurs angepasst werden

Abb. 24 Der Beta-Fingerring kann unter dem sterilen Handschuh getragen werden



Abb. 25 und Abb. 26 Der Beta-Fingerring behindert den Operateur nicht bei seiner Arbeit – Virchow Klinikum Charité Berlin

Er ist individuell der Fingerstärke anpassbar und soll den Operateur nicht bei seiner Arbeit behindern. Das Ringdosimeter ist in verschiedenen Farben erhältlich und konnte so optimal bei der Unterscheidung von navigierten und nicht-navigierten Stabilisationen der Wirbelsäule eingesetzt werden. Der Beta-Fingerring kann auf herkömmliche Weise sterilisiert werden und stellt nach Operationsende keine zusätzliche Arbeitsbelastung für das Operationsteam dar.

4 Studienaufbau - Vorstellung der Studie

Die Grundlage dieser Doktorarbeit stellt eine Multi-Center-Studie dar, die an vier deutschen Kliniken im Zeitraum vom 1. Juni - 30. September 2005 durchgeführt wurde.

- Charité Universitätsmedizin Berlin – Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie (25)
- Universitätsklinikum Ulm – Abteilung für Unfallchirurgie, Hand- und Wiederherstellungschirurgie (26)
- Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Ludwigshafen (27)
- Medizinische Hochschule Hannover – Unfallchirurgische Klinik (28)

Die Kliniken erhielten jeweils zwei rote und zwei gelbe Ringdosimeter des Typs HARSHAW BTKD 2001 für die Dauer der Studie zur Verfügung gestellt. Die roten Dosimeterringe sollten

von jeweils einem Operateur bei allen dorsalen Stabilisationen an der Brust- und Lendenwirbelsäule mit Navigationssystem getragen werden und die gelben Ringe bei Operationen ohne Anwendung des computer-assistierten Navigationsverfahrens.



Abb. 27 Beta-Fingerringdosimeter Typ HARSHAW BTKD 2001

Während jeder Operation wurde ein Dokumentationsbogen ausgefüllt, auf dem Angaben zum Operationsverfahren, der Anzahl der eingebrachten Implantate und operierten Wirbelkörper und Operationsanmerkungen notiert wurden.

Zudem galt es, die Strahlendosis und Zeitabläufe zu notieren. Die Operation wurde in drei Phasen unterteilt, die sich aufgliederten in die Phase bis zum Beginn der Pedikelschraubenplatzierung

bzw. bis zum Navigationsbeginn, in die Phase bis zum Ende der Pedikelschraubenplatzierung und in die Phase bis zum Operationsende. Es wurde jeweils pro Phase die Röntgenzeit in Sekunden und das Dosisflächenprodukt in $\text{cGy}\cdot\text{cm}^2$ eingetragen.

Die Operateure der verschiedenen Teams trugen die zur Verfügung gestellten, sterilisierbaren Dosimeter-Ringe während aller durchgeführten Stabilisierungen an der Brust- und Lendenwirbelsäule. Nach jeder Operation wurden die Ringe sterilisiert und konnten ohne weitere Vorbereitungen bei der nächsten Operation eingesetzt werden.

Nach Abschluss der Studie wurden die Dosimeterringe zur Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz in Mecklenburg Vorpommern zur Auswertung gesandt und die gemessenen Strahlendaten ermittelt.



Abb. 28 Beta-Fingerringdosimeter Typ HARSHAW BTKD 2001- II

Nach Rücksendung der Ergebnisse an die Charité Universitätsmedizin Berlin – Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie wurden die Ringwerte tabellarisiert und im Anschluss daran die Studienergebnisse berechnet. Es wurden folgende Berechnungen durchgeführt:

1. Berechnung der Dosis pro Schraube in mSv bei Operationen mit Navigation bezogen auf die gesamte Operation (siehe Kapitel 7.1)
2. Berechnungen der Dosis pro Schraube in mSv bei Operationen mit Navigation ausschließlich bezogen auf die Zeitspanne der Navigation (Phase II) (siehe Kapitel 7.2)
3. Berechnung der Dosis pro Schraube mSv bei Operationen ohne Navigation bezogen auf die gesamte Operation (siehe Kapitel 7.3)
4. Berechnungen der Dosis pro Schraube in mSv bei Operationen ohne Navigation ausschließlich bezogen auf die Operationsdauer (Phase II)(siehe Kapitel 7.4)
5. Berechnungen der durchschnittlichen Dosis pro Schraube in mSv bezogen auf die verschiedenen Navigationsverfahren (siehe Kapitel 7.5)