

Strahlenbelastung des Arztes bei Angiographie und interventioneller Radiologie

von

Salvatore M. GIACOMUZZI, Andreas DESSL, Peter SPRINGER, Reto BALE, Gerd BODNER,
Regina PEER & Werner JASCHKE *)

Radiostress of the Medical in Angiographic and Interventional Procedures

Synopsis: In angiographic and interventional procedures long fluoroscopy times add a great deal to the total physician dose. In this article dose limits for physicians and the possibilities to decrease dose during interventional procedures are discussed.

1. Einleitung:

Vorreiter der heutigen interventionellen Radiologie waren eine Vielzahl therapeutischer und diagnostischer invasiver Maßnahmen, die unter Röntgendurchleuchtung durchgeführt wurden (ZEITLER 1995). Durch diese Methoden entstehen für den Untersucher zusätzliche Strahlenbelastungen (VOGL 1990). Der Untersucher ist bei derartigen Eingriffen, z.B. bei einer Kathetersetzung, sehr oft dem primären Strahlenfeld ausgesetzt. Die Körperteildosis des Untersuchers beruht dabei in erster Linie auf der Exposition durch die Streustrahlung. Die Körperteildosiswerte selbst richten sich nach der Art des invasiven Verfahrens. Geraten Körperteile in das primäre Strahlenfeld wie dies bei den Händen vorkommen kann, so erhöht sich für diese Körperteile die Dosis erheblich. Die derzeitige Praxis, bei angiographischen und interventionellen Untersuchungen Teilkörperdosen des Untersuchers nicht zumessen, führt deshalb zu einer erheblichen Unterbewertung der tatsächlich erhaltenen Körperdosen.

2. Ergebnisse:

Durch die immer häufiger angeraumten und länger andauernden Untersuchungsmethoden in der interventionellen Radiologie ist ein deutlicher Trend der Dosisbelastung für Patient und Untersucher nach oben zu beobachten. In Tabelle 1 sind die für verschiedene Untersuchungsmethoden typischen Durchleuchtungszeiten angegeben.

PTCD, TIPS, Embolisation und Neuroembolisation sind Eingriffe, die häufig wiederholt werden müssen. Insbesondere bei Embolisation und Neuroembolisation müssen viele Aufnahmen erstellt werden: Aufnahmeserien von 35 und mehr Bildern sind dabei keine Seltenheit. Für Untersucher und Patient sind solche Untersuchungen mit außerordentlich hohen Dosisbelastungen verbunden. In Tabelle 2 sind exemplarisch die mittleren Dosisleistungswerte an zwei verschiedenen Aufenthaltsorten für den Untersucher bei TIPS-Interventionen angeführt (MEIER &

*) Anschrift der Verfasser: Ing. Mag. Dr. S.M. Giacomuzzi, Dr. A. Dessl, Dr. P. Springer, Dr. R. Bale, Dr. G. Bodner, Dr. R. Peer und Dr. W. Jaschke, Univ. Klinik, für Radiodiagnostik, Anichstraße 35, A-6020 Innsbruck, Österreich.

Tab. 1: Typische Untersuchungszeiten in der interventionellen Radiologie.

Typische DL-Zeiten in der interventionellen Radiologie	Zeit [min]
Angiographie	5 - 20
PTA	10 - 20
PTCD	10 - 30
TIPS	20 - 60
Embolisation	20 - 60
Neuroembolisation	60 - 180

Tab. 2: Mittlere Dosisleistung [Gy* 10⁻⁶/h] an zwei verschiedenen Aufenthaltsorten des Untersuchers am Tisch.

TIPS-Intervention	Mittlere DL-Zeit-Ort 1 [Gy* 10 ⁻⁶ /h]	Mittlere DL-Zeit-Ort 2 [Gy* 10 ⁻⁶ /h]
Augenlinse	150	150
Schilddrüse	200	350
Thorax*	250	350
Gonaden*	200	250

* gemessen vor der Bleischürze

LENZEN 1995). Man sieht, daß die gemessenen Werte signifikant vom Standort des Untersuchers abhängen. Die Meßwerte der Tabelle 3 zeigen die Strahlenexposition einiger risikorelevanter Organe am Untersucher. Die Werte zeigen sehr deutlich eine hohe Strahlenexposition der Hände und der Augen des Untersuchers sowie dessen gleichzeitig geringe Gonadendosis.

Tab. 3: Gemessene Oberflächendosen bei TIPS-Interventionen.

TIPS-Intervention	Oberflächendosis [mSv]
Augenlinse	0,4
Schilddrüse	0,1
Thorax*	0,1
Gonaden*	0,1
Hände	0,7

* gemessen vor der Bleischürze

Bei Neuroembolisation und Embolisation kann am Patienten eine temporäre Epilation beobachtet werden. Die amerikanische "Food and Drug Administration" gibt beispielsweise für temporäre Epilation einen Schwellwert von 2 Gy an (Food and Drug Administration Report 1994). Typischerweise beträgt bei fluoroskopischen Untersuchungen mit Direktbestrahlung die in der Haut absorbierte Dosisleistung zwischen 0,02 und 0,05 Gy/min. Diese Werte können jedoch, abhängig von der Patientengröße und vom Untersuchungsmodus, auch zwischen 0,01 Gy/min und 0,5 Gy/min variieren. Damit kann der oben angegebene Schwellwert nach 3 Stunden oder aber schon nach 30 Minuten Durchleuchtungszeit erreicht werden.

Für den Untersucher ist es nicht nur von Interesse, wie hoch die Dosisbelastung bei der jeweiligen Untersuchung ist. Als beruflich strahlenexponierte Person stellt sich ihm auch die Frage, nach wieviel Untersuchungen er die gesetzlich vorgeschriebenen Höchstdosen pro Jahr erreicht.

Diese geben in bezug auf die höchstzulässige Dosis pro Jahr bei Teilkörperbestrahlung beruflich strahlenexponierter Personen gesetzlich bestimmte Höchstwerte an. Die Meßwerte der amtlich vorgeschriebenen Filmplakettendosimeter können zur Bestimmung dieser Dosiswerte nur bedingt herangezogen werden. Dies ist dadurch begründet, daß die Dosimeter vorschriftsmäßig unter der Bleischürze getragen werden. Der ungeschützte Körperbereich außerhalb der Bleischürze ist jedoch einer Exposition ausgesetzt, deren Ausmaß nicht numerisch erfaßt wird. Ebenso kann beispielsweise die Exposition der Hände nicht annähernd mit ausreichender Genauigkeit aus Parametern der Angiographie abgeschätzt werden. Der wechselnde Abstand zur Streustrahlenquelle und zum Primärstrahlenbündel ist während einer Angiographie so variabel, daß es kaum möglich ist, ein bestimmtes Tätigkeitsvolumen mit Hinblick auf vorhandene Grenzwerte als unbedingt zu erklären. Eine wesentliche Hilfestellung ist jedoch das Konzept der effektiven Dosis lt. RöV (Röntgenverordnung 1987). In der Kategorie B von beruflich strahlenexponierten Personen sind darin der effektiven Dosis 15 mSv/a, der Teilkörperdosis-Keimdrüsen 15 mSv/a, der Teilkörperdosis-Augen 45 mSv/a, der Teilkörperdosis-Schilddrüse 90 mSv/a und der Teilkörperdosis-Hände 150 mSv/a zugrunde gelegt. Für die in Tabelle 2 angegebenen Werte erreicht der Untersucher bereits nach 100 Untersuchungen im Jahr den gesetzlich zugelassenen jährlichen Teilkörperdosisgrenzwert der Augen. Für die Angiographie und der Methode des transkathetralen Gefäßverschlusses ist die Situation ähnlich. Vogl et al. konnten zeigen, daß auch für diese Untersuchungsmethoden die maximale Anzahl der Untersuchungen pro Jahr durch die Teilkörperdosis der Augen begrenzt ist (Tabelle 4, 5). Anhand einer Meßserie von 80 angiographischen Untersuchungen konnte man zeigen, daß es bei einer angenommenen Anzahl von 220 Arbeitstagen im Jahr erst eine regelmäßige Untersuchungsfrequenz von mehr als 12 Angiographien täglich zu einer Überschreitung der zulässigen Handdosis, aber bereits nach ca. 5 Angiographien pro Tag eine Überschreitung der Augendosis kommt (FISCHER & PRZETAK 1995). Die RöV wird also dann wirksam, wenn an einem Körperteil die Höchstdosis erreicht wird. Das heißt, diese Organodosi bildet die Beschränkung für einen weiteren Einsatz des Arztes in der Röntgendiagnostik. Werden diese Körperteile besonders geschützt, kann die Untersuchungsfrequenz im Sinne der RöV gesteigert werden. Durch das Tragen der obligaten Bleischürze wird die Strahlenbelastung des Untersuchers erheblich reduziert. Bei einem Bleigleichwert von 0,25 mm vermindert sich die einfallende Dosis bei 80 kV auf etwa 5% und bei 90 kV auf 7% (VOGL 1990).

Für den Schutz der Hände wird in der Literatur der Gebrauch von Bleigummihandschuhen erwähnt. Sie haben den Nachteil, daß sie durch die Einschränkung der Taktilität den Arzt behindern und deshalb sehr gewöhnungsbedürftig sind. Die Linsenbelastung kann durch eine Bleiglasbrille um den Faktor 2 reduziert werden. Ein Tubus am Strahlenaustrittsfenster der Röntgenröhre senkt die Linsenbelastung nochmals um einen Faktor 10 herab. Eine weitere einfache Metho-

Tab. 4: Angiographie: Anzahl der möglichen Untersuchungen pro Jahr bis zum Erreichen der zulässigen Höchstdosis bezogen auf die einzelne Körperdosis (Strahlendosis in 0,01 mSv).

Körperteil	mittlere Dosis pro Untersuchung	maximale Dosis pro Untersuchung	Anzahl der Untersuchungen bis zum Erreichen der jährlichen Höchstdosis bei:	
			mittlere Dosis	maximale Dosis
Linse	20,2	43,6	247	114
Thorax	13,2	—	378	—
re. Hand	40,4	107,3	1485	559
li. Hand	43,7	61,3	1373	978
Gonaden	2*	2*	2500	2500

* gemessen unter Bleischürze

Tab. 5: Transkathetraler Gefäßverschuß: Anzahl der möglichen Untersuchungen pro Jahr bis zum Erreichen der zulässigen Höchstdosis bezogen auf die einzelne Körperdosis (Strahlendosis in 0,01 mSv).

Körperteil	mittlere Dosis pro Untersuchung	Anzahl der Untersuchungen bis zum Erreichen der jährlichen Höchstdosis bei: mittlerer Dosis pro Untersuchung
Linse	46	97
Thorax	0,31	16129
re. Hand	214,3	279
li. Hand	243	250
Gonaden	0,43*	11627

* gemessen unter Bleischürze

de zur Reduzierung der Dosis ist das Zurücktreten des Untersuchers vom Angiographietisch bei Serien mit maschineller Druckinjektion. Dies ist die einzige Situation, in der die Position des Untersuchers nicht so stark durch die Belange der Untersuchung festgelegt ist. Nach JEANS & FAULKNER (1985) kann je nach Projektionsbedingung die gemessene Dosis schon mit einem Meter Abstand vom Tisch um den Faktor 30 niedriger sein als unmittelbar am Tisch.

Die Zunahme der interventionellen Verfahren in der Radiologie macht es immer wichtiger, diese im Hinblick auf Exposition von Patient und Untersucher zu optimieren. EDER (1995) konnte zeigen, daß durch die Verwendung von Dauerschutzeinrichtungen (Bleiacrylglascheibe, Unterkörperschutz) eine Verminderung der Körperdosis am Rumpf um den Faktor 2,5-5, sowie am Schädel, Oberarm und den Händen des Untersuchers bis zu einem Faktor 50 erreichbar sind.

Darüber hinaus tragen in letzter Zeit auch neue Untersuchungstechniken in der Radiologie zur Verminderung der Dosisbelastung entscheidend bei (BUSCH 1995). Für die Fluoroskopie werden beispielhaft drei Konzepte verfolgt. Zum einen ist es möglich, die Röntgenstrahlung im kontinuierlichen Betrieb zu vermindern. Dabei muß jedoch ein erhöhtes Bildrauschen in Kauf genommen werden. Durch die gepulste Fluoroskopie und durch die "Last Image Hold"-Option eröffnen sich weitere Wege zur Dosisreduktion. Bei der gepulsten Fluoroskopie werden anstelle der kontinuierlichen Strahlung kurze Strahlungspulse (etwa 30 ms) zur Durchleuchtung eingesetzt. Mit Hilfe eines Bildrechners werden die so erzeugten Einzelbilder aufsummiert. Ein spezieller Glättungsalgorithmus erzeugt bei diesem Verfahren einen ruhigen Bildeindruck. Die Qualität des einzelnen Videobildes bleibt gleich. Die Zeitauflösung ist jedoch insgesamt geringer. Mit der "Last Image Hold"-Option kann der Untersucher das Bild zusätzlich abspeichern und ohne weitere Strahlung beliebig lange betrachten. WAGGERSHAUSER & HERMANN (1995) konnten nachweisen, daß unter Ausnutzung dieser Techniken nur 58 % der üblichen Eintrittsdosis einer Standarddurchleuchtung benötigt wird. Bei Verwendung von gepulster Durchleuchtung sind Einsparungen der Eintrittsdosis sogar bis zu 90 % möglich. Weitere Dosisreduzierung bei interventionellen Eingriffen könnten zukünftig durch Anpassung der jeweiligen Dosis an das diagnostische Problem erzielt werden. Dazu muß aber abgeklärt werden, ob es möglich ist, Klassen unterschiedlicher diagnostischer Probleme mit verschiedenen Stufen der von der jeweilig geforderten Bildqualität zu korrelieren. Erste Schritte dazu wären die Dosis pro Aufnahme zu optimieren und eine automatische Einblendung der Dosis in den Untersucherraum zu ermöglichen. Obwohl eine Erhöhung der Dosis sicherlich einen Gewinn an Bildqualität bedeutet bedingt sie ab einer noch nicht eindeutig festgelegten Grenze keinen zusätzlichen radiologischen Informationsgewinn. Zusätzlich müßten spezielle Strategien für pädiatrische Untersuchungen entwickelt werden. Die Literatur zur Entwicklung von Qualitätskriterien ist aber immer noch erstaunlich gering (SCHUIERER & PETERS 1993; SCHOLZ & ZENDEL 1994). Aus verschiedenen methodischen Gründen sind existierende Arbeiten im Hinblick auf das skizzierte Problem wenig aussagekräftig.

3. Zusammenfassung:

Lange Expositionszeiten tragen wesentlich zur resultierenden Untersucherdosis bei. Dosisgrenzwerte für die Untersucher und Möglichkeiten zur Dosisreduzierung bei interventionellen radiologischen Eingriffen sollen diskutiert werden.

4. Literatur:

- BUSCH, H.P. (1995): Digitale Radiographie – Neue Möglichkeiten der Röntgendiagnostik. – *Z. Med. Phys.* **3**: 141 - 146.
- EDER, H. (1995): Verbesserung des Untersucherstrahlenschutzes in der Angiographie und der interventionellen Radiologie durch Verwendung von Dauereinrichtungen nach § 21 RöV. – *Radiologe* **35**: 156 - 161.
- FISCHER, H. & C. PRZETAK (1995): Die Strahlenexposition des Radiologen bei Angiographien: Dosismessungen außerhalb der Bleischürze. – *Fortschr. Röntgenstr.* **162(2)**: 152 - 156.
- Food and Drug Administration Mandatory Device Reporting System. – Report Nos. 241641, 275018, 275019, 298419, 298423, 487999.
- Food and Drug Administration (1994): Important Information for Physicians and other Health Care Professionals. September 9.
- JEANS, S. & K. FAULKNER (1985): An investigation of the radiation dose to staff during cardiac radiological studies. – *Brit. J. Radiol* **58**: 419 - 428.
- MEIER, N. & H. LENZEN (1995): Exposition des Personals bei interventioneller Radiologie. – *Radiologe* **35**: 152 - 155.
- Röntgenverordnung (1987): Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlung. – *Bundesgesetzblatt Teil I*: 114 - 133.
- SCHOLZ, A. & W. ZENDEL (1994): Qualitätskriterien der digitalen Subtraktionsangiographie am Körperstamm. – *Akt. Radiol.* **4**: 70 - 74.
- SCHUIERER, P. & P.E. PETERS (1993): Qualitätskriterien der DSA bei neurologischen Fragestellungen. – *Akt. Radiol.* **3**: 217 - 219.
- VOGL, H. (1990): Strahlendosis und Strahlenrisiko in der bildgebenden Diagnostik. – *ecomед Verlagsgesellschaft mbH Landsberg-München-Zürich.*
- WAGGERSHAUSER, T. & K. HERMANN (1995): Einsparungen bei der Durchleuchtungsdosis durch moderne DSA-Anlagen. – *Radiologe* **35**: 148 - 151.
- ZEITLER, E. (1995): Geschichte der interventionellen Radiologie. – *Radiologe* **35**: 325 - 336.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: [85](#)

Autor(en)/Author(s): Giacomuzzi Salvatore M., Springer Peter, Dessl Andreas, Bale Reto, Bodner Gerd, Peer Regina, Jaschke Werner

Artikel/Article: [Strahlenbelastung des Arztes bei Angiographie und interventioneller Radiologie. 369-373](#)