

9 (2001)



Heft 2

# STRAHLENSCHUTZ

Zeitschrift des Verbandes für Medizinischen  
Strahlenschutz in Österreich

---

**Herausgeber:**

**M. Tschurlovits**

**Kurt Kletter**

Gasteditor: G. Pärtan

**Inhaltsverzeichnis:**

Editorial	4
Impressum	5
Strahlenschutz in der Positronen- Emissions-Tomographie (PET)	6
UNSCEAR-Bericht 2000	13
Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy	22
Die Radiologen und der Strahlenschutz	25
Verbandsnachrichten	27
Anmeldung für Strahlenschutzkurse 2002	31
Verbandsadressen	32
Tagungen	33
Vorschau auf Heft 1/2002	34

## Strahlenschutz 9 (2001) Heft 2

### Zeitschrift des Verbandes für medizinischen Strahlenschutz in Österreich

Herausgegeben vom Verband für medizinischen Strahlenschutz  
in Österreich

#### Herausgeber:

Univ.Prof. Dr. Manfred Tschurlovits, Wien  
Univ.Prof. DDr. Kurt Kletter, Wien  
OA.Dr. G. Pärtan, Wien

#### Wissenschaftlicher Beirat:

Univ.Do. Dr. M. Baldt, Wolfsberg  
Prim. Dr. C. Eibenberger, Waidhofen/Ybbs  
Univ.Prof. Dr. F. Kainberger, Wien  
Univ.Prof.Dr. A. Kurtaran, Wien  
Prim. Med.Rat.Dr. H. Mader, Wien  
Dr. R. Weber, Wien

Die Zeitschrift erscheint zweimal jährlich

#### Beiträge sind zu richten an:

Univ.Prof Dr. Manfred Tschurlovits, Atominstitut der Österr.  
Universitäten, Stadionallee 2, 1020 Wien.  
Tel. 588 01 14-182 oder FAX 588 01 14-199  
email: [manfred.tschurlovits@billrothhaus](mailto:manfred.tschurlovits@billrothhaus) oder  
FAX 285 89 39

Die Beiträge dürfen in dieser Form noch nicht veröffentlicht sein  
und werden einer Begutachtung unterzogen.

Für den Inhalt verantwortlich:

*Univ.Prof Dr. Manfred Tschurlovits*

*Univ.Prof. DDr. Kurt Kletter,*

Sekretariat des Verbandes für medizinischen

Strahlenschutz in Österreich, Wiener Medizinische Akademie

Alserstraße 4, Altes AKH 1.Hof 1090 Wien

Druck: Grafikkeller - Josef Wieser  
2170 Poysdorf, Wienerstr. 11

## Vorwort des Herausgebers

Für das kürzlich erschienene Heft mit dem Schwerpunkt „Nuklearmedizin“ war ein Artikel vorgesehen, der sich aber bedauerlicherweise im elektronischen Maildschungel verlaufen hatte. Es wird daher der Artikel: J. Eckardt, O. Schober: Strahlenschutz in der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) mit Entschuldigung an die Autoren für die Verzögerung diesmal gebracht. Die Kurzfassung über den UNSCEAR Bericht 2000 war ebenfalls für ein früheres Heft vorgesehen und fiel Platzmangel zum Opfer. Planmäßig erscheint ein Bericht von der Internationalen Strahlenschutzkonferenz, welche von der IAEA und der WHO im März in Torremolinos (Malaga, Spanien) veranstaltet wurde. Die deutsche Fassung eines Editorials von H. Ringertz, dem ehemaligen Vorsitzenden der European Association of Radiologists im ECR-Newsletter 11/2001, welche auf die in unserem vorigen Heft abgehandelte Problematik der CT-Strahlendosis eingeht, rundet diese Ausgabe ab.

Darüber hinaus finden sich

- Verbandsadressen
- das Protokoll der letzten Generalversammlung an 12.5.2001
- Informationen über die Strahlenschutzkurse 2002
- Informationen über die für Juni 2002 geplante gemeinsame Tagung des VMSÖ und der Vereinigung Deutscher Strahlenschutzärzte (VDSÄ) in Velden

Weitere aktuelle Informationen sind auf der neugestalteten und gemeinsam mit der VDSÄ eingerichteten Homepage des VMSÖ: <http://www.strahlenschutz.org> zu finden. Bitte merken Sie sich die neue Internetadresse vor (sie ersetzt die bisherige Adresse „strahlenschutz.at“):

Wenn Sie bereits glücklich in der Welt des Internets unterwegs sind, würden wir uns freuen, wenn Sie diese Adresse zu Ihren „Bookmarks“ oder „Favoriten“ hinzufügen würden.

Dezember 2001

Manfred Tschurlovits

# Strahlenschutz in der Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

J. Eckardt, O. Schober<sup>1</sup>

## Einleitung

Die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) findet nicht zuletzt durch die wachsende Zahl der Koinzidenzkameras eine immer größere Verbreitung. Allein am Anfang des Jahres 2000 waren mehr als 60 Systeme in Deutschland installiert. Für einen Nuklearmediziner, der mit Tracern für die konventionelle Einzel-Photonen-Emissions-Tomographie (SPECT) arbeitet und den Einsatz von PET-Tracern plant, stellt sich die Frage des Strahlenschutzes in einer veränderten Form: Die Eigenschaften der emittierten  $\gamma$ -Strahlung eines PET-Tracers im Vergleich zu den Emissionen der meisten konventionellen Radiotracer (in Klammern Werte für  $^{99m}\text{Tc}$ ), erfordern eine genauere Betrachtung. Diese Eigenschaften sind (8):

- \* hohe  $\gamma$ -Energie:  $E_\gamma$ : 511 keV (141 keV)
- \* hohe Dosisleistungskonstante:  $\Gamma$  ( $^{18}\text{F}$ ):  $0.155 \text{ mSv}\cdot\text{m}^2 \text{ h}^{-1} \text{ GBq}^{-1}$  ( $0.019 \text{ mSv}\cdot\text{m}^2 \text{ h}^{-1} \text{ GBq}^{-1}$ )
- \* geringe Halbwertszeit:  $T_{1/2}$ ( $^{18}\text{F}$ ) 109,7 min (6 h)

Die folgenden Betrachtungen werden bis auf wenige Ausnahmen auf das  $^{18}\text{F}$ -FDG beschränkt, da dies der bisher einzige allgemein verwendete Tracer ist. Die weitere Betrachtung des Strahlenschutzes ist in drei Abschnitte eingeteilt: Es werden der Strahlenschutz des Personals, die Strahlenexposition der Patienten und der Schutz der Umwelt betrachtet.

## 2) Personal

### Zyklotron

Für die Herstellung kurzlebiger Positronenemitter sind sogenannte Kompaktzyklotrone erhältlich, die üblicherweise mit einer Selbstabschirmung angeboten werden. Diese erzeugen im Gegensatz zu früheren Geräten im Zyklotronraum geringe Ortsdosisleistungen ( $10\text{-}20 \mu\text{Sv/h}$ ) und erfordern somit nur geringe Wandstärken. Auch sind diese Geräte in Hinblick auf die Aktivierung von Geräteteilen optimiert, so dass beim Wartungspersonal die Extremitätendosen an den Händen gering sind. Die Radiochemiker am Zyklotron profitieren von vollautomatischen Synthese- und Abfüllmodulen, die üblicherweise in abgeschirmten Zellen ( $5\text{-}7,5 \text{ cm}$  Blei) untergebracht sind. Weitere Strahlenexpositionen treten während des Prozesses der Qualitätskontrolle auf, bei der geringe Mengen der erzeugten Aktivitäten einer üblichen chemischen Analytik unterzogen und dabei manuell gehandhabt werden. Die so während des Herstellungsprozesses anfallenden effektiven Ganzkörperdosen liegen in der Größenordnung von  $0,4\text{-}3,4 \text{ mSv}$  (11, 19).

### Klinisches Personal

Bei der Betrachtung des Personals unter den Gesichtspunkten des Strahlenschutzes kommt insbesondere die Durchdringungsfähigkeit der Strahlung aufgrund der hohen  $\gamma$ -Energie, im Zusammenhang mit der hohen Dosisleistungskonstante zum Tragen: So kann eine Bleiwand, die eine Exposition durch einen  $^{99m}\text{Tc}$ -Strahler um 50 % verringern kann, die bei der PET entstehende  $\gamma$ -Strahlung nur um 4,4 % schwächen. Während beim  $^{99m}\text{Tc}$  ca. 70 % der Strahlung im Körper des Patienten absorbiert wird, sind es beim  $^{18}\text{F}$ -FDG nur etwa 30 %. Dadurch ist bei gleichen applizierten Aktivitäten die von dem Patienten verursachte Dosisleistung in der Umgebung des Patienten bei der PET im Vergleich zur konventionellen Nuklearmedizin höher. Darüberhinaus ist es nicht ausreichend, die von einem Positronenstrahler ausgehende  $\gamma$ -Strahlung um den gleichen Faktor wie die von  $^{99m}\text{Tc}$  zu schwächen, da aufgrund der hohen Dosisleistungskonstante eine Aktivität eines Positronenstrahlers gleicher Menge und geometrischer Voraussetzungen wie eine  $^{99m}\text{Tc}$ -Aktivität eine etwa um den Faktor 10 höhere Äquivalentdosis erzeugt.

---

Dipl. Phys. J. Eckardt, Prof. Dr. O. Schober, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin Albert-Schweitzer-Straße 33 48149 Münster  
Tel.: + (49)251 83 47376 + (49)251 83 47362

Wie aus den einführenden Beispielen deutlich wird, müssen alle Abschirmungen, die im Zusammenhang mit der PET verwendet werden, mit einer größeren Wandstärke ausgeführt werden als in der konventionellen Nuklearmedizin (Beispiele aus unserer Institution sind in Klammern angegeben). Der Bleigleichwert üblicher PET-Heissboxen zum Aufziehen der Aktivitäten (50 mm) ist größer als der in der konventionellen Nuklearmedizin gebräuchlichen Boxen (6 mm). Gleiches gilt für die Spritzenabschirmungen (Bleigleichwert 17 mm vs. 3,4 mm), die zur besseren Handhabung meist aus Wolfram (gleiche Abschirmwirkung bei geringerer Dicke) gefertigt sind.

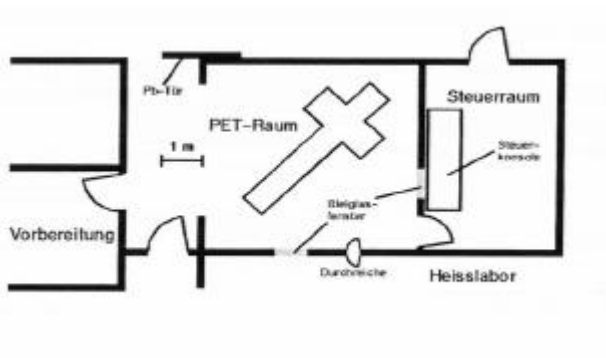


Abbildung 1: Grundriss des PET-Bereiches

Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, sollte der Steuerungsraum für die PET-Kamera möglichst in einem eigenen, gegen die Kamera ausreichend abgeschirmten Raum installiert werden (15, 23), von dem der Patient durch ein Bleiglasfenster beobachtet werden kann. Die vorhandenen Decken und Böden sind auf ihre Abschirmwirkung hin zu überprüfen und gegebenenfalls zu verstärken. Eventuell muss in Absprache mit den lokalen Genehmigungsbehörden ein separater Warteraum für Patienten mit applizierter PET-Aktivität eingeplant werden.

Eine weitere Methode, Strahlenexpositionen zu verringern, liegt in der Automatisierung von Arbeitsschritten. Dieses Konzept bewährt sich am Zyklotron und in der Radiochemie und sollte auch einen möglichst breiten Eingang in die klinische Routine erhalten. Die Verwendung von entsprechenden Infusionsbesteckern vermindert vor allem die effektive Äquivalentdosis an den Händen der Ärzte. Für die Applikation von  $^{15}\text{O}\text{-H}_2\text{O}$  sind Module sinnvoll, die direkt am Patienten platziert sind und teilweise automatisch durch einen Zugang die Aktivität dem Patienten applizieren.

Die Strahlenexposition des Personals hängt besonders von der Art der Untersuchung ab: Bei quantitativen Untersuchungen kann die Personendosis anwachsen, da während der Akquisition mehrere Blutproben entnommen werden müssen, um den zeitlichen Verlauf der Aktivitätskonzentration im Blut zu bestimmen. Durch eine automatische Blutentnahme kann hier die Exposition insbesondere an den Händen deutlich verringert werden, da sich die Aufenthaltszeiten in Patientennähe deutlich verkürzen. Inzwischen sind diese Geräte nicht nur in Forschungseinrichtungen vorhanden, sondern auch kommerziell erhältlich.

Über die Abschirmmaßnahmen hinaus ist durch eine strikte Beachtung der bekannten Verhaltensmaßnahmen in der Nuklearmedizin die Strahlenexposition weiter zu verringern. Dazu gehört, dass sich das Personal so weit entfernt wie möglich („quadratisches Abstandsgesetz“) von den radioaktiven Strahlungsquellen (Spritze mit Radiotracer, entnommene Blutproben) aufhält und die Aufenthaltszeiten auf das Notwendigste beschränkt. Ein unnötiger Aufenthalt in der Nähe des Patienten nach Applikation des PET-Tracers ist zu vermeiden. Spritzen sind, wenn möglich, nur mit einer entsprechenden Abschirmung zu verwenden und zu transportieren. Dabei sind möglichst kurze Wege zu wählen oder Wege mit Durchreichen zu verkürzen. Ebenso sollte sich während der Transmissionsmessungen kein Personal in der Reichweite der Transmissionsquellen befinden.

Wie in der konventionellen Nuklearmedizin ist ein regelmäßiger Wechsel der Arbeitsplätze („Rotation“) der Ärzte und der MTAs in Betracht zu ziehen. Hierdurch wird die Akkumulation hoher Jahresdosen für einzelne Mitarbeiter aufgrund stärkerer Expositionen an einzelnen Arbeitsplätzen vermieden. Werden Mitarbeiter an einem PET-Arbeitsplatz eingearbeitet, sollten diese die Handhabung der dort verwendeten Geräte, die aufgrund der erforderlichen Abschirmdicken schwerer als die in der konventionellen Nuklearmedizin sind, mit nicht radioaktiven Flüssigkeiten üben. Die strahlenmedizinische Überwachung des Personals ist de in der konventionellen Nuklearmedizin gleich.

Bei der Übertragung von Daten zur Strahlenexposition des Personals aus der internationalen Literatur auf deutsche Verhältnisse ist zu berücksichtigen, dass sich die Arbeitsaufteilung zwischen den Beschäftigten in einer Klinik z.B. in den USA oder Großbritannien von deutschen Verhältnissen unterscheidet. So sind die sogenannten „technicians“ oder „technologists“ vergleichbar mit den deutschen MTAs. Allerdings dürfen diese Personen oft Aufgaben wahrnehmen, die in deutschsprachigen Ländern von Ärzten durchgeführt werden müssen. Dies führt zu einem anderen Verhältnis der Strahlenexposition von Arzt zu MTA verglichen mit Arzt zu „technologist“: Die „technologists“ akkumulieren eine höhere effektive Personendosis als die MTAs in Deutschland. Werden gleiche Arbeitsschritte durchgeführt, ist die von den verschiedenen Berufsgruppen während aller Schritte einer Untersuchung summierte Dosis gleich und kann als ein Richtwert dienen.

Die starken Schwankungen der Angaben zur Strahlenexposition (s.u.) habe verschiedene Ursachen: Innerhalb einer Institution sind die gemessenen Personendosen individuell unterschiedlich aufgrund unterschiedlicher Arbeitsgewohnheiten der Mitarbeiter. Die Anzahl der Personen, an denen personendosimetrische Daten in einer Klinik gewonnen werden können, sind gering und haben einen hohen statistischen Fehler.

Über diese individuellen Schwankungen hinaus ergeben sich aufgrund verschiedener Untersuchungsschwerpunkte der Einrichtungen unterschiedliche Expositionen durch verschiedene Arbeitsschritte und Akquisitionzeiten. Auch die baulichen Voraussetzungen, Kamerasensitivitäten und der Automatisierungsgrad unterscheiden sich in den Institutionen.

	Tracer	Technik	Untersuchungsart	
			Qualitativ $\mu\text{Sv}$	Quantitativ $\mu\text{Sv}$
McCormick et. al. (14)	$^{18}\text{F}$ -FDG	PET	14	37
Chiesa et. al. (5)	$^{18}\text{F}$ -FDG	PET	$11,5 \pm 4,4$	
Benatar et. al. (2)	$^{18}\text{F}$ -FD und andere	PET	5,5	
Brown et. al. (4)	$^{15}\text{O}$ -H <sub>2</sub> O	PET	280	610
Clarke et. al. (6)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI/ Tetrofosmin	SPECT/planar	5,5	
Lloyd et. al. (13)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Carbon-aerosol	SPECT/planar	2	
Chiesa et. al. (5)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP	SPECT/planar	0,3	

Tabelle 1: Literaturwerte zu mittleren effektiven Äquivalentdosen pro Untersuchung

In Tabelle 1 sind die unterschiedlichen Werte für die Strahlenexposition pro PET-Untersuchung verschiedener Autoren angegeben. Auffällig sind vor allem die hohen Werte bei der Anwendung von  $^{15}\text{O}$ ; dies besitzt eine mehr als doppelt so hohe mittlere  $\gamma$ -Energie wie  $^{18}\text{F}$ . Dabei wurden jedoch die Aktivitäten manuell injiziert und die Blutproben von Hand genommen. In dieser Situation sind drastische Dosisreduzierungen durch Automatisierungsmaßnahmen zu erreichen. Die Synthese des  $^{15}\text{O}$ -H<sub>2</sub>O wird üblicherweise in PET-Zentren mit automatischen Modulen durchgeführt und teilweise auch automatisch appliziert, ebenso werden Blutproben automatisch entnommen.

Als Richtwerte für die Strahlenexposition des Personals können daher die Daten von McCormick et. al. und Chiesa et. al. angesehen werden. Verglichen mit konventionellen nuklearmedizinischen Untersuchungen mit Werten zwischen 0,3 µSv und 5.5 µSv ist die Strahlenexposition pro Untersuchung bei der PET mit 7 - 40 µSv deutlich höher.

Um die Strahlenexposition an einem PET-Arbeitsplatz mit anderen Arbeitsplätzen zu vergleichen, muß jedoch auch die Anzahl der Untersuchungen mit anderen Arbeitsplätzen verglichen werden. Hierfür lassen sich keine allgemeingültigen Zahlen geben, da diese Größe von Einrichtung zu Einrichtung schwankt. Allgemein kann jedoch gesagt werden, dass die Anzahl der Patienten, die an einem Tag an einer PET-Kamera untersucht werden, wegen der aufwendigeren Untersuchungsprotokolle geringer ist, als die an einer SPECT-Kamera.

Um die Strahlenexposition an einem PET-Arbeitsplatz mit anderen Arbeitsplätzen zu vergleichen, muß jedoch auch die Anzahl der Untersuchungen mit anderen Arbeitsplätzen verglichen werden. Hierfür lassen sich keine allgemeingültigen Zahlen geben, da diese Größe von Einrichtung zu Einrichtung schwankt. Allgemein kann jedoch festgestellt werden, dass die Anzahl der Patienten, die an einem Tag an einer PET-Kamera untersucht werden, wegen der aufwendigeren Untersuchungsprotokolle geringer ist, als die an einer SPECT-Kamera.

Quelle	Pharmakon	Effektive Jahresdosis	
		Arzt	MTA
Berechnung nach (14)	<sup>18</sup> F-FDG	4,9 mSv	5,3 mSv
Berechnung nach (5)	<sup>18</sup> F-FDG		7,5 mSv
Berechnung nach (2)	<sup>18</sup> F-FDG und andere		3,6 mSv
Jahresdosen nach (11), 2 Pat./Tag	<sup>18</sup> F-FDG und andere	2-5 mSv	2-5 mSv
Personendosimeter*	<sup>18</sup> F-FDG	4-7 mSv	4-6 mSv
Personendosimeter	Konventionell	2-4 mSv	2-4 mSv

Tabelle 2: Berechnung von effektiven Jahresdosen anhand der Werte aus der Tabelle 1 aus den Untersuchungszahlen in Münster (ca. 700 pro Jahr) verglichen mit Jahresdosen aus der Literatur und eigener Personendosimetrie.

\*Fiktive Dosis: Aus dem Zeitraum einiger Monate auf ein Jahr hochgerechnete Daten.

\*\* „technologist“, „technican“

In Tabelle 2 sind die Zahlen aus der Tabelle 1 auf die Verhältnisse in Münster (nur <sup>18</sup>F-FDG) angewendet: Dort wurden im Jahr 1999 insgesamt 655 <sup>18</sup>F-FDG-Untersuchungen, davon 429 Ganzkörperuntersuchungen, 162 Hirnuntersuchungen (etwa ein Zehntel quantitativ) und 64 Herzuntersuchungen (Insulin-Clamp-Technik (10)) durchgeführt, wobei der Blutdruck automatisch gemessen wurde. Zusammen mit Werten aus der Literatur und eigener Personendosimetrie schwanken die effektiven Jahresdosen aus den oben genannten Gründen zwischen 2-7,5 mSv. Die tatsächlich in unserer Institution auftretenden Dosen sind kleiner, da sich üblicherweise mehrere MTAs und Ärzte mit dem PET-Patientenkollektiv umgehen und sich die dabei auftretende Dosen verteilen.

Die Beurteilung der Teilkörperdosen aus der Literatur ist aufgrund der Datenlage schwierig. Aus den gemessenen Dosen von 70 µSv pro Untersuchung (11) lässt sich folgern, dass wie in der konventionellen Nuklearmedizin auch die Teilkörperdosen Werte annehmen, die eine genaue Beobachtung erfordern. Die eigenen Messwerte unterstützen diese These: die monatlichen Teilkörperdosen an den Händen ergeben auf ein Jahr hochgerechnet fiktive Teilkörperdosen im Bereich von 10 bis maximal 20 mSv für die Ärzte und 15 bis maximal 80 mSv für die MTAs und liegen im Bereich der Teilkörperjahresdosen in der konventionellen Diagnostik. Tatsächlich sind die auftretenden Jahresdosen kleiner als die angegebenen fiktiven Dosen, da das Rotationsprinzip die am PET-Arbeitsplatz auftretenden höheren Expositionen auf mehrere Personen verteilt. Neuere Tomographen ermöglichen im sogenannten 3D-Modus Aufnahmen mit weniger als der halben üblichen Aktivität (etwa 150 MBq statt 370 MBq); dieses ergibt sofort eine Dosisreduktion für das gesamte Personal um einen Faktor von etwa 2.

### 3) Strahlenexposition der Patienten

Bei der Berechnung der effektiven Äquivalentdosen für die PET sind alle oben erwähnten Eigenschaften der  $\gamma$ -Strahlung zu berücksichtigen. Da die Äquivalentdosis neben der hohen Dosisleistungskonstante  $\Gamma$  auch noch von den kurzen Halbwertszeiten der PET-Tracer abhängt, ist eine biologische Halbwertszeitbetrachtung oft zu vernachlässigen, da die Tracer vor dem Verlassen des Patienten schon physikalisch zerfallen sind. Im 3D-Modus ergibt sich eine Dosisreduktion um einen Faktor von mindestens 2.

Wie in Abbildung 2 zu erkennen, ist die zusätzliche effektive Äquivalentdosis des Patienten bei einer PET-Untersuchung der bei konventionellen nuklearmedizinischen und planaren radiologischen Untersuchungsmethoden ähnlich. Radiotomographische Aufnahmen hingegen können eine höhere Äquivalentdosis als eine PET-Untersuchung hervorrufen. Insbesondere bei der Koronarangiographie ist die Strahlenexposition um ein mehrfaches höher als bei der PET. Die zusätzliche Strahlenexposition durch PET-Untersuchungen, anderer nuklearmedizinischer sowie radiologischer Untersuchungen liegt in der Größenordnung der durch die natürliche Strahlung hervorgerufenen effektiven Dosis, die in Deutschland regional unterschiedlich bei 1-5 mSv (Mittelwert 2,4 mSv) liegt (21). Bei entsprechender Indikationsstellung wird daher eine vertretbare effektive Äquivalentdosis verursacht.

Die hier präsentierten Zahlen sind nur Richtwerte und können individuell unterschiedlich sein: Aufgrund des unterschiedlichen Alters oder Gewichts der Patienten können die applizierten Dosen und die Biokinetik der Tracer unterschiedlich sein und somit die tatsächlich auftretenden Dosen deutlich von denen in Abbildung 2 angegebenen unterscheiden. Auch die Geräteausstattung der einzelnen Einrichtungen sowie die Untersuchungsprotokolle haben einen großen Einfluss auf diese Werte.

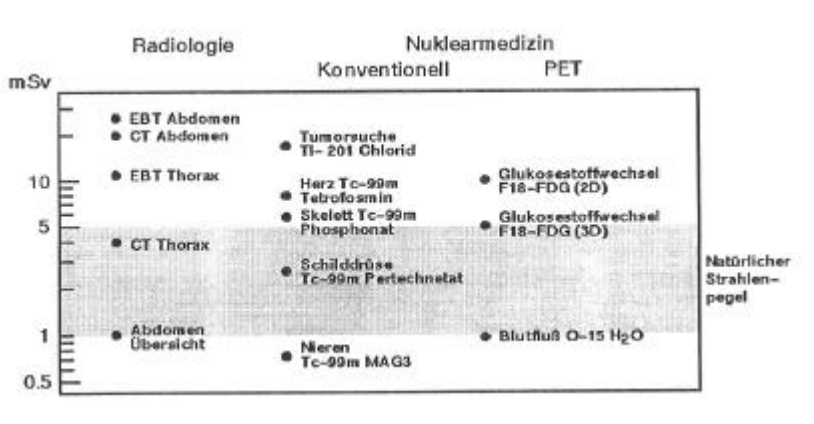


Abbildung 2: Vergleich der zusätzlichen Strahlenexposition (effektive Dosis) bei diagnostischen Verfahren mit dem natürlichen Strahlenpegel nach (1, 3, 12, 16, 17, 20, 21, 22)

### 4) Umwelt

Im Herstellungsprozess kann es zur Raumluftaktivierung durch das Neutronenfeld des Zyklotrons kommen. Durch die Verwendung einer geeigneten Lüftungstechnik (9) oder selbstabgeschirmter Geräte kann dieses Problem minimiert werden. Somit sind die Aktivitätsabgaben mit der Abluft im regulären Betrieb gering. Trotzdem können beim Herstellungsprozess kleinste Leckagen aufgrund der hohen Aktivitätskonzentrationen zu Abgaben hoher, grenzwertverletzender Aktivitäten an die Umwelt führen. Um dieses zu verhindern sind entsprechende Sicherheitsmassnahmen vorzusehen, um den gesetzlichen Vorschriften und damit dem Schutz der Umwelt Genüge zu tun.

Die Behandlung der aktiven Abfälle ist aufgrund der kurzen Halbwertszeiten (10 Halbwertszeiten entsprechen für  $^{18}\text{F}$  etwa 19 Stunden) der PET-Nuklide einfach: die Zeit, die bis zum Abklingen und damit zur Entsorgung der Abfälle als gewöhnlicher medizinischer Abfall gewartet werden muss, ist deutlich geringer als in der konventionellen Nuklearmedizin, eine aufwendige Zwischenlagerung erübrigt sich. Ebenso ist der Umgang mit Kontaminationen unkomplizierter. Dekontaminationsverfahren finden außer bei Hautkontaminationen selten statt, da die Strahlenexposition im Vergleich zum Nutzen der Maßnahme kaum zu rechtfertigen ist.

Eine gewisse Vorsicht ist mit aktiven Abfällen geboten, die im Raum der Kamera für die PET gelagert werden sollen. Aufgrund der hohen Durchdringungsfähigkeit der Strahlung ist eine entsprechende Abschirmung notwendig. Dieser Punkt ist um so wichtiger, da es sich bei den PET-Kameras um offene Kamerasysteme (Kameras ohne Kollimator) handelt.

Die Strahlenexposition von Personen, die mit Patienten kurz nach einer PET-Untersuchung zusammen kommen, liegen bei intensivem Kontakt (8 h in 0,1 m Entfernung) bei 300-400  $\mu\text{Sv}$  wenn aus dem Strahlenfeld hochgerechnet wird (7). Dieser Wert ist akzeptabel, da es sich um eine einmalige Exposition handelt. Den Patienten werden nach einer PET-Untersuchung Verhaltensmaßregeln (18) mit auf den Weg gegeben, so dass diese Werte in der Realität regelmäßig unterschritten werden. Besonders ist bei der Überprüfung der vorhandenen Abschirmungen auf Einstrahlungen von applizierten Patienten auf Messgeräte wie die PET-Kamera selbst, Gammakameras oder Hand-Fuß-Kleider-Monitore zu achten.

## 5) Zusammenfassung

Die Eigenschaften der Positronenvernichtungsstrahlung erfordert im Bereich des Herstellungsprozesses der Radiopharmaka aufwendige Automatisierungs-, Abschirm- und Sicherheitsmaßnahmen. In der klinischen Anwendung der Radiopharmaka sind über bauliche und gerätetechnische Abschirmungen hinaus keine über die konventionelle Nuklearmedizin hinausgehenden Strahlenschutzmaßnahmen notwendig. Allerdings müssen die aus der konventionellen Nuklearmedizin bekannten Verhaltens- und Organisationsmaßnahmen konsequent durchgeführt werden. Die jährliche Strahlenexposition für das Personal, liegt im Bereich von 2-10 mSv für die Personendosen und 10 bis maximal 80 mSv für Teilkörperexpositionen etwas höher als für Personen die nur in der konventionellen Nuklearmedizin arbeiten. Die durch eine PET hervorgerufene zusätzliche effektive Äquivalentdosis der Patienten von 1-10 mSv liegt im Bereich anderer nuklearmedizinischer und radiologischer Untersuchungen und auch in der Größenordnung der durch den natürlichen Strahlenpegel verursachten effektiven Äquivalentdosis. Beim sogenannten 3D-Modus werden Untersuchungen mit etwa der halben Aktivität wie im 2D-Modus durchgeführt, was zu einer Halbierung aller beschriebenen Dosen von Patienten und klinischem Personal führt und einen wesentlichen Beitrag zum ALARA-Prinzip darstellt.

## 6) Literatur

1. Becker CR, Schätzl M, Feist H, Bäuml A, Brüning R, Schöpf UJ, Reiser MF.: Strahlenexposition bei der CT-Untersuchung des Thorax und des Abdomens. Vergleich von Einzelschicht-, Spiral- und Elektronenstrahlcomputertomographie. Radiologe 38 (1998) 726-729
2. Benatar NA, Cronin BF, O' Doherty MJ: Radiation dose rates from patients undergoing PET implications for technologists and waiting areas. Eur J Nucl Med 27 (2000) 583-589.
3. Brihaye C, Depresseux JC, Comar D.: Radiation dosimetry for bolus administration of oxygen-15-water. J Nucl Med 36 (1995) 651-656.
4. Brown TF, Yasillp J.: Radiation Safety Considerations for PET-Centers. J Nucl Med Technol 25 (1997) 98-102
5. Chiesa C, De Sanctis V, Crippa F., Schiavini M, Fraigola CE, Bobni A Pascali C, Decise D, Marchesini R, Bombardieri E.: Radiation Dose to Technicians per Nuclear Medicine Procedure Comparison Between Technetium-99m, Gallium-67 and Iodine-131 Radiotracers and Fluorine-18 Fluorodeoxyglucose. Eur J Nucl Med 24 (1997)1380-1389.
6. Clarke EA, Notghi A, Harding LK : Are MIBI / tetrofosmin Heart Studies a Potential Radiation Hazard to Technologists? Nucl Med Com 18 (1997)574-577.
7. Cronin B, Mardsen PK, O'Doherty JO : Are restrictions to behaviour of patients required following fluorine- 18 fluorodeoxyglucose positron emission tomographic studies? Eur J Nucl Med 26 (1999)121 - 128.
8. DIN 6844 Teil 3 (1989) Nuklearmedizinische Betriebe, Strahlenschutzberechnungen Deutsches Institut für Normung, Beuth Berlin.
9. Ewen K.: Luftradioaktivität am PET-Zyklotron. Strahlenschutzpraxis 4 (1995)53-55
10. Ferrannini E, Santoro D, Bonadonna R, Natali A, Parodi O, Camici PG.: Metabolic and hemodynamic effects of insulin on human hearts. Am J Physiol 264 (1993) E308-15.

11. Gonzalez L, Vañó E, Cordeiro, CA, Carreras JL.: Preliminary Safety Evaluation of a Cyclotron Facility for Positron Emission Tomography Imaging. *J Nucl Med* 26 (1999) 894-899.
12. ICRP Publication 53 (including addendum 1): Radiation Doses to Patients from Radiopharmaceuticals. Pergamon Press (1992) Oxford, New York, Seoul, Tokyo.
13. Lloyd JJ, Anderson P, James JM, Shields RA, Prescott MC.: Contamination Levels and Doses to Staff Arising from the Use of Technegas. *Nucl Med Com* 15 (1994) 435-440.
14. McCormick VA, Miklos JA.: Radiation Dose to Positron Emission Tomography Technologists During Quantitative Versus Qualitative Studies. *J Nucl-Med* 34 (1993) 769-72.
15. Ostertag HJ, Krauss O.: Berechnung der Ortsdosen in der Umgebung eines Positronenemissionstomographen. *Radiologie* 35(1995)182-187.
16. Higley B, Smith FW, Smith T, Gemmell HG, Das Gupta P, Gvozdanovic DV, Graham D, Hinge D, Davidson J, Lhairi A.: Technetium-99m-1,2-bis[bis(2-ethoxyethyl)phosphino]ethane: human biodistribution, dosimetry and safety of a new myocardial perfusion imaging agent. *J Nucl Med* 34 (1993)30-38.
17. Huda W, Scalzetti EM, Roskopf M.: Effective doses to patients undergoing thoracic computed tomography examinations. *Med Phys* 27 (2000) 838-844.
18. Schicha H: Strahlenexposition des Personal. In: Schicha H, Schober O.: *Nuklearmedizin. Schattauer* (2000) Stuttgart, München.
19. Schober O, Lottes G.: Positronen-Emissions-Tomographie und Strahlenexposition. *Nucl Med* 33(1994)174-177.
20. Smith T, Long C, Lammertsma AA, Butler KR, Schnorr L, Watson JD, Ramsay S, Clark JC, Jones T.: Dosimetry of intravenously administered oxygen- 15 labelled water in man: a model based on experimental human data from 21 subjects. *Eur J Nucl Med* 21 (1994)1 12&1 134.
21. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg): *Umweltpolitik. Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 1996*. Wirtschaftsverlag Nordrhein Westfalen (1996); siehe auch [www.bfs.de/berichte](http://www.bfs.de/berichte).
22. Ware DE, Huda W, Mergo PJ, Litwiller AL.: Radiation Effective Doses to Patients Undergoing Abdominal CT Examinations. *Radiology* 210 (1999)645650.
23. Wiennard K, Wagner R, Heiss WD: *PET. Grundlagen und Anwendungen der Positronen-Emissions-Tomographie*. Springer (1989) Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris

Manfred Tschurlovits:

## UNSCEAR-Bericht 2000<sup>2</sup>

### SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000

Report to the General Assembly, with Scientific Annexes

Volume I: Sources

Volume II: Effects

Drei Kilogramm geballte Information über den aktuellen Stand über alles, das mit ionisierender Strahlung zu tun hat: 654 + 566 Seiten DIN A-4 aktuellste Information in gewohnt guter Ausstattung. Das Lesen des eigentlichen Reports von 15 Seiten ist machbar und der Bericht wird hier auszugsweise dargestellt. Die Anhänge stellen die restlichen 1500 Seiten dar und sind der aktuelle Wissensstand, aber das Lesen erfordert Zeit.

Die Anhänge (Annexes) behandeln folgende Themen:

- A: Dose assessment methodologies
- B: Exposures from natural radiation sources
- C: Exposures to the public from man-made sources of radiation
- D: Medical radiation exposures
- E: Occupational radiation exposures
- F: DNA repair and mutagenesis
- G: Biological effects of low radiation doses
- H: Combined effects of radiation and other agents
- I: Epidemiological evaluation of radiation induced cancer
- J: Exposures and effects of the Chernobyl accident

Der umseitige deutsche Text stellt leicht eine gekürzte Fassung des Hauptteiles dar.

Seit kurzer Zeit ist unter <http://www.unscear.org> der vollständige Text der Berichte abrufbar

<sup>2</sup>Übersetzung mit Bewilligung des UNSCEAR Sekretariats

Quellen ionisierender Strahlung

**I: Allgemeine Übersicht**

**II: Strahlungsquellen**

**Natürliche Exposition**

Alle lebenden Organismen sind kontinuierlich natürlicher Exposition ausgesetzt. Es wurden alle Komponenten der natürlichen Strahlung neu erfasst und führen zu folgenden Angaben:

	Mittelwert weltweit Effektivdosis pro Jahr [mSv]	Typischer Bereich [mSv]
<b>Äußere Exposition</b>		
Kosmische Strahlung	0,4	0,3 - 1,0 <sup>a)</sup>
Terrestrische Strahlung	0,5	0,3 - 0,6 <sup>b)</sup>
<b>Innere Exposition</b>		
Inhalation ( v.a. Radon)	1,2	0,2 - 10
Ingestion	0,3	0,2 - 0,8 <sup>c)</sup>
<b>Gesamt</b>	2,4	1-10

<sup>a)</sup> Meeresniveau bis Hochlagen

<sup>b)</sup> abhängig von Radionuklidzusammensetzung in Boden und Baumaterialien

<sup>c)</sup> abhängig von Radionuklidzusammensetzung in Nahrung und Trinkwasser

**Zivilisationsbedingte Exposition**

Der größte Beitrag zur weltweiten Exposition ist weiter durch die atmosphärischen Kernbombentests 1945 bis 1980 bedingt, bei denen große Aktivitäten radioaktiver Stoffe freigesetzt, in der Atmosphäre verbreitet und überall auf der Erdoberfläche abgelagert wurden. Neue Information über die Zahl und die Stärke der Tests rührten zu verbesserten Ergebnissen. Der Weltmittelwert der Effektivdosis wird mit 150 µSv im Jahr 1963 abnehmend bis 5 µSv im Jahr 2000 angegeben. Über die Erfassung der lokalen und regionalen Dosis an den Testsites (wie Nevada, Bikini, Semipalatinsk, Maralinga und andere) wird berichtet.

Unterirdische Kernbombentests führen nur bei Freisetzung von Edelgasen zu Expositionen. Tests werden weiter durchgeführt.

Kernanlagen: die Dosen durch frühe *Aktivitätsfreisetzungen 1945 bis 1960* werden rekonstruiert. Der *Betrieb von Kernkraftwerken* führt zu Maximalwerten der Individualdosis von 0,2 µSv pro Jahr.

Beim Abbau von Mineralien wie Gewinnung von Seltenen Erden kann es durch Freisetzung von natürlichen Radionukliden in Wasser und Luft sowie durch Nutzung von Abfallprodukten zur Erhöhung der Dosis der Bevölkerung kommen. Die Dosen können für Einzelpersonen bis zu 100 µSv/a betragen, liegen aber sonst im Bereich von 1 bis 10 µSv/a.

**Medizinische Exposition**

Die medizinische Strahlenbelastung ist der größte Beitrag zu Strahlenbelastung der Bevölkerung und weltweit weiter zunehmend.

Die angewendeten Verfahren sind

- Diagnostische Radiologie
- Strahlentherapie
- Nuklearmedizin
- Interventionelle Radiologie

Besonders in Entwicklungsländern können viele Personen noch nicht den Nutzen aus diesen Anwendungen ziehen, weil viele Anwendungen noch nicht weltweit verfügbar sind. Es liegen große Unterschiede zwischen den verschiedenen Ländern in Bezug auf die Anwendungen der Radiologie vor. UNSCEAR hat aufgrund der Ergebnisse der Fragebogen (von Österreich liegt keine Antwort vor, MT) vier Gruppen der medizinischen Versorgung festlegt:

Grad der medizinischen Versorgung	Einwohner pro Arzt	Radiologische Untersuchungen pro 1000 Einwohner	Jährliche Effektivdosis [mSv]
I	<1000	920	1,2
II	1000-3000	150	0,14
III	3000 - 10000	20	0,02
IV	>10000	<20	<0,02
Mittelwert weltweit	330		0,4

### Berufliche Strahlenexposition

Die einzelnen Tätigkeiten sind durch die folgenden Daten zu charakterisieren:

	Anzahl der überwachten Personen x 10 <sup>3</sup>	Mittlere Effektivdosis [mSv/a]
<b>Künstliche Quellen</b>		
Kernbrennstoffzyklus	800	1,8
Industrielle Anwendung	700	0,5
Verteidigung (Atombombentests, Schiffe)	420	0,2
Medizinische Anwendung	2320	0,3
Ausbildung / Veterinärmedizin	360	0,1
<b>Künstliche Quellen-gesamt</b>	<b>4600</b>	<b>0,6</b>
<b>Erhöhte natürliche Quellen</b>		
Personal Zivilluftfahrt	250	3,0
Kohlenbergbau	3910	0,7
Anderer Bergbau	760	2,7
Mineralienaufbereitung	300	1,0
Radon am Arbeitsplatz	1250	4,8
<b>Erhöhte nat. Quellen-gesamt</b>	<b>6500</b>	<b>1,8</b>

Ein beträchtlicher Teil der beruflichen Exposition ist durch den Kernbrennstoffzyklus, besonders durch den Bergbau verursacht.

Der zeitliche Trend ist nicht einheitlich: während im Kernbrennstoffzyklus einschließlich Bergbau: 1975-89: 4,1 mSv, 1990-94: 1,8 mSv eine Abnahme der jährlichen Dosis vorliegt, zeigen andere Bereiche aus unterschiedlichen Gründen diesen Trend nicht.

### Vergleich der Expositionen

	Effektivdosis pro Jahr Mittelwert weltweit (Bereich) [mSv]	Typischer Bereich und Entwicklung
Natürlicher Hintergrund	2,4 (1-10)	ortsabhängig, in kleineren Bereichen 10-20 mSv
Medizinische Diagnostik	0,4 (0,04 bis 1,0)	Bereich abhängig von medizinischer Versorgung
Atmosphärische Kernbombentests	0,005	MW in nördlicher Hemisphäre, seit 1964 (0,15 mSv) absinkend
Reaktorunfall Tschernobyl	0,002	MW in nördlicher Hemisphäre, seit 1986 (0,04 mSv) absinkend. Höhere Dosis nahe Unfallort
Kernkraftwerke	0,0002	Erhöht durch Expansion des Programms, aber absinkend durch verbesserte Technik

### III. Durch Strahlung verursachte Krebserkrankungen

Die Wirkungen ionisierender Strahlung sind durch die Schädigung in Zellen durch Wechselwirkung von ionisierender Strahlung verursacht. Die Schädigung kann sich als Zelltod oder als Modifizierung manifestieren und die Funktion der Zelle beeinflussen. Die meisten Organe sind durch Verlust von sogar beträchtlichen Anzahl von Zellen nicht in ihrer Funktion beeinflusst. Wenn die Zahl der beeinträchtigten Zellen groß ist, wird eine beobachtbare Schädigung oder Beeinträchtigung des Gewebes und damit der betroffenen Person auftreten. Wenn die Dosis so groß ist, dass eine große Anzahl von Zellen getötet wird, werden die Effekte als „deterministisch“ bezeichnet.

Wenn die Zellen nicht getötet, sondern modifiziert werden, wird der Schaden in der lebensfähigen Zelle üblicherweise repariert. Wenn die Reparatur nicht vollständig ist, wird die Modifizierung in die Tochterzellen transferiert und kann schließlich zu Krebs im exponierten Organ führen. Deterministische (akute) Effekte entstehen nur, wenn die Dosis hoch ist, wie bei Unfällen. Stochastische Effekte (Krebs und vererbte Effekte) können durch Schädigung einer einzelnen Zelle entstehen. Wenn die Dosis ansteigt, können mehr und mehr Zellen geschädigt und damit die Wahrscheinlichkeit von stochastischen Effekten ansteigen. Seit über 45 Jahren sichtet das Komitee die Information über biologische Wirkungen ionisierender Strahlung. In dieser Zeit haben wesentliche Fortschritte stattgefunden und es entstand bedeutend besseres Verständnis als früher. Das derzeitige Wissen wird unten gezeigt.

#### Radiobiologische Effekte bei niedrigen Dosen

Es wurden viele experimentelle Studien über Wirkungen in Zellsystemen von Pflanzen und Tieren durchgesehen. Das Ansprechen auf die Strahlung und modifizierende Faktoren stellen bei vielen von ihnen eine Basis für das Wissen über die Wirkungen im Menschen dar und können besser ausgewertet als Studien im Menschen selbst. Weiters trägt das Gebiet der molekularen Strahlenbiologie zum Verständnis des Ansprechvermögens bei. Schädigung der Desoxyribonukleinsäure (DNA) im Zellkern ist das wichtigste Ereignis, durch welches Strahlung Schädigungen in Organen und Körpergewebe verursacht, wobei Doppelstrangbrüche als die wahrscheinlichste Ursache für kritische Schädigung angesehen werden. Einzelne Strahlungstracks haben das Potential, Doppelstrangbrüche zu verursachen und bei nicht vollständiger Reparatur sogar bei niedrigsten Dosen Langzeitwirkungen zu verursachen. Eine Schädigung anderer Zellkomponenten (epigenetische Schäden) kann die Zellfunktion beeinflussen und die Entwicklung des malignen Zustands fördern.

Verschiedene Gene für DNA - Reparatur und Zellzyklusregulierung sind im zellularen Ansprechen involviert. Mutationen dieser Gene wird in verschiedenen disorders manifestiert, die sich wiederum auf die Strahlenempfindlichkeit und Neigung zu Entwicklung von Krebs der Personen auswirken. Zum Beispiel kann eine Modifizierung eines von vielen sogenannten checkpoint-Genen dazu führen, dass nicht genügend Zeit für Reparatur zur Verfügung steht, weil die Zellen ihre Fähigkeit der Verzögerung der Zellenprogression verlieren. Zellen haben eine Anzahl von biochemischen Wegen, die imstande sind, eine Erkennung von spezifischer Formen von Schädigungen vorzunehmen (Annex F, DNA- repair and mutagenesis). Ein Gen spielt eine wichtige Rolle: der Tumorsuppressor TP53, welcher in mehr als der Hälfte der Tumore verloren geht oder mutiert. Das von dem Gen produzierte p53 Protein kontrolliert sowohl die Hemmung des Zellzyklus und eine Möglichkeit des programmierten Zelltodes, der erforderlich ist, wenn sich geschädigte Zellen nicht zu einer malignen Phase weiterentwickeln sollen (Apoptose). Solche Prozesse sind auch impliziert in Stressreaktionen oder Adaptierungsprozessen, welche als Begrenzung der Schädigung funktionieren. Trotz der Induktion und Funktion solcher Schutzprozesse ist es klar, dass schlechtreparierte Strahlenschäden ein Potential für Progression zu Krebsinduktion und vererbaren Schäden darstellen.

Pronto-Onkogene (Gene, die unrichtig aktiviert werden und dann an der Tumorgenese teilnehmen) und Tumorsuppressor-Gene kontrollieren eine komplexe Ordnung von biochemischen Prozessen wie Zellsignalisierung, Wechselwirkungen zwischen Zellen, Entwicklung, Mitogenese, Apoptose und genomische Stabilität und Differenzierung. Mutationen dieser Gene kann diese Kontrollen aufs Spiel setzen und zur der mehrstufigen Krebsentwicklung beitragen.

Die Aktivierung von Pronto-onkogene durch Chromosomentranslokation ist oft verbunden mit frühen Phasen von Leukämie und Lymphomen (meist bösartige Vergrößerung von Lymphknoten), obwohl Verlust von Genen ebenfalls stattfindet.

Die mehrstufige Natur der Tumorgenese ,wird in Annex G gezeigt. Viel Wissen über den Prozess ist noch zu erarbeiten. Obwohl das Konzept aufeinander aufbauend ist, und wechselwirkende Genmutationen sich als treibende Kraft für Tumorgenese zunehmend etablieren, fehlt manches zum Verständnis des komplexen Wechselspiels zwischen diesen Ereignissen und den Konsequenzen des Verhaltens der Zellen und Gewebemöostase. Ebenso existieren Unsicherheiten über den Beitrag von nichtmutationalen (epigenetischen) Zellereignissen wie „gene silencing“ und Wechsel in der Zellkommunikation zur malignen Entwicklung.

Direkte Evidenz über die Natur von mit Strahlung zu assoziierenden auslösenden Ereignissen in menschlichen Tumoren ist dürftig und ein schneller Fortschritt nicht zu erwarten. Andererseits ist guter Fortschritt bei der Auflösung früher Phasen von strahlungsinduzierten Tumoren in Mäusen zu ersehen. Diese molekulare Beobachtungen unterstützen die in UNSCEAR 93 geäußerte Ansicht, dass strahlungsinduzierte Tumorgenese sich über genspezifische Verluste entwickelt. Es soll aber ein Beitrag von frühen epigenetischen Ereignissen nicht vernachlässigt werden.

Viele Informationen zeigen die entscheidende Bedeutung der DNA-Reparatur und andere Antwortfunktionen auf eine Schädigung bei der Tumorgenese. DNA- Antwortfunktionen beeinflussen das Auftreten von den auslösenden Ereignissen im mehrstufigen Prozess der Tumorgenese und reduzieren die Wahrscheinlichkeit dass ein benigner Tumor spontan die sekundären Mutationen aufbaut, die für die volle Entwicklung der malignen Entwicklung notwendig ist. Mutationen der Gene, die eine DNA- Antwortfunktionen auf eine Schädigung verursachen spielen eine bedeutende Rolle in der spontanen Entwicklung der genomischen Instabilität.

Die Reparatur von manchmal komplexen Doppelstrangbrüchen ist größtenteils zu Fehlern neigend und ist bestimmend für Effekte in bezug auf Dosis, Dosisleistung und Strahlenqualität. Die Signifikanz der Tumorgenese von Hormese und DNA-Reparatur ist mit weiterhin mit Unsicherheiten behaftet. Die mechanistische Basis von solchen Reaktionen hat noch charakterisiert zu werden, obwohl Assoziationen mit der Induktion von biochemischen Stress wahrscheinlich sind. Neuere wissenschaftliche Fortschritte betonen die Unterschiede in der Komplexität und Reparierbarkeit zwischen spontanen und strahlungsinduzierten Läsionen.

Die wissenschaftlichen Ergebnisse über adaptive response (Hormese) für Strahlung in Zellen und Organismen sind im UNSCEAR 94 Bericht zusammengefasst, und ein typisches Auftreten einer Hormesewirkung ist hier beschrieben. Das Phänomen wurde als das Ergebnis einer ursprünglichen (Grund-) Dosis, die einen Reparaturmechanismus aktiviert, der wiederum das Ansprechen auf eine darauffolgende (größere, challenge) Dosis reduziert. Es ist jedoch der Bereich der Grunddosen begrenzt, die Zeit für die Präsentation der challenge-Dosis kritisch und die challenge-Dosis muss ein vernünftiges Ausmaß aufweisen. Das Ansprechvermögen variiert stark zwischen den verschiedenen Spendern von Leukozyten. Trotzdem wurde die Hormese in vielen Systemen beobachtet, einschließlich menschlichen Lymphozyten, einer Vielzahl von Mauszellen sowohl durch chemische Verbindungen als auch durch ionisierende Strahlung. Es ergibt sich jedoch keine generelle Reduktion der Tumorinduktion nach Exposition mit niedriger Dosis.

Die Basisvoraussetzung einer Strahlungsreaktion ist, dass jede Wechselwirkung mit der DNA zu einer Schädigung führt, wenn keine Reparatur erfolgt oder wenn eine unkorrekte Reparatur einen auslösenden Moment in Verlauf der Tumorgenese darstellt. Die Mutation von Genen resultiert üblicherweise in einer Modulation ihres Ausdrucks mit Verlust von Genprodukten (Proteinen) oder Änderung in deren Eigenschaften oder Mengen. Es kann dann die biochemische Ausgeglichenheit aufgelöst werden und dadurch die Kontrolle der Zellsignalisierung, der Proliferation oder der Differenzierungsabläufe auftreten. Es wird daher mutierten Zellen, anstelle überprüft oder getötet zu werden, möglich sein, weiterzuwachsen. Solche epigenetische Ereignisse oder Schäden können in diesen Änderungen involviert sein. In manchen Fällen kann das Genom destabilisiert sein, wodurch weitere Mutationen entstehen können, die wiederum das Fortschreiten der Tumorgenese unterstützen können.

Die Beurteilung, ob eine Schwellendosis existiert, unterhalb welcher eine biologische Wirkung nicht auftritt, kann durch mechanistische Überlegungen geleitet werden. Es ist notwendig, zu wissen, ob bei sehr niedrigen Dosen die Reparatureffekte mehr effizient und vielleicht durch Hormese erhöht sind und eine Schädigung der Zellkomponenten verhindern. Eine solche Schwelle kann nur dann auftreten, wenn die Reparaturprozesse im Dosisbereich vollständig effektiv sind oder ein einzelner Event keinen Effekt verursachen kann. Die Nichtverfügbarkeit von konsistenten Hinweisen für wesentliche Abweichungen von der Linearität des tumorgenetischen Ansprechens bei niedrigen Dosen in Bezug auf zelluläre Endpunkte (Chromosomenaberrationen, Genmutationen, Zelltransformationen), die Aktivität von gut-definierten fehleranfälligen DNA-Reparaturmöglichkeiten und die Tatsache über die Natur von spontanen DNS-Schädigungen in Säugetierzellen deuten gegen adaptive oder andere Prozesse, die zu einer Dosischwelle für Strahlenwirkungen führen können. Zelluläre Prozesse wie Apoptose (wenn sich geschädigte Zellen nicht zu einer malignen Phase weiterentwickeln) und Zelldifferenzierung, die gegen spätere Phasen der Tumorgenese schützen, können effizient sein, aber auch umgangen werden. Es besteht kein Grund zu glauben, dass diese Abwehr an spontanen und strahleninduzierten Tumoren anders agiert oder spezifische Dosisabhängigkeiten aufweist.

Es kann daher zusammengefasst werden, dass, soweit bekannt, Strahlung auch bei niedrigen Dosen als verändernder Initiator von Tumorgenese wirken kann und dass es unwahrscheinlich ist, dass antitumorigene Abwehrmechanismen eine Abhängigkeit von niedrigen Dosen aufweisen. Im allgemeinen erscheint daher tumorigenes Ansprechen nicht als komplexe Funktion der Dosis. Die einfachste Beziehung ist eine lineare, welche auch konsistent mit den meisten verfügbaren mechanistischen und quantitativen Daten ist. Es können aber Unterschiede im Ansprechvermögen für verschiedene Tumorarten auftreten ebenso wie statistische Variationen unvermeidlich sind. Eine Abweichung von der linearen Beziehung für Leukämie als linear-quadratisch ist anzumerken. Hautkrebs und manche durch Alphastrahlung verursachte Krebsarten können virtuelle Schwellenwerte aufweisen. Bedingt durch die mehrstufige Natur des tumorigenen Prozesses werden linear oder linear-quadratische Beziehungen nur für die Ableitung des Strahlenrisikos verwendet. Das aktuelle Ansprechvermögen kann mehrfache und konkurrenzierende Prozesse beinhalten, die nicht separat unterschieden werden können.

### **Kombinierte Effekte**

Kombinierte Effekte nach Exposition durch Strahlung und andere physikalische, chemische und biologische Einflüsse sind charakteristisch für das Leben (Annex H). Obwohl synergistische und antagonistische kombinierte Effekte bei hohen Dosen üblich sind, liegt keine Evidenz dafür vor, dass eine große Abweichung von der Additivität bei beruflicher oder Umweltextposition vorliegt. Dies hält für mechanistische Betrachtungen, Tierversuche und epidemiologisch basierten Erfassungen.

Da Exposition durch Zigarettenrauchen und Radon allgemein verbreitet ist, ist die Kombination von Bedeutung. Rauchen ist eine komplexe Mischung von chemischen und physikalischen Agens und es ergibt sich noch kein klares Bild über Wechselwirkungsmechanismen. Epidemiologische Daten zeigen eine deutliche Wechselwirkung bei mittleren und hohen Exposition mit eher mehr als additiven Effekten für Lungenkrebs. Zum Beispiel liegt ein erhöhtes Strahlenrisiko (mehr als additiv, aber weniger als multiplikativ) für Raucher in radonexponierten Bergleuten vor.

### **Krebsepidemiologie**

Strahlungsinduzierter Krebs im Menschen wird in Personengruppen studiert, welche mit Dosen exponiert wurden, die zu Krebsfällen über der normalen Hintergrundinzidenz führen. Risikoschätzungen können aus Bevölkerungen abgeleitet werden, in denen die Dosen der Einzelpersonen vernünftig abgeschätzt werden können. Zu diesen Gruppe zählen:

- die Überlebenden der Atombombenabwürfe
- medizinisch exponierte Personen
- beruflich exponierte Personen
- Personen exponiert durch Radionuklide in der Umwelt
- Personen exponiert durch erhöhten natürlichen Hintergrund

Seit UNSCEAR 1994 wurde neue Daten verfügbar (Annex 1). Es ist nun bekannt, dass Strahlung in nahezu jedem Organ im Körper Krebs verursachen kann, wenn auch manche Organe mehr dazu neigen als andere. In den letzten Jahren hat sich ein besseres Verständnis der physiologischen modifizierenden Faktoren, wie Geschlecht und Alter entwickelt. Obwohl die Unterschiede im absoluten Risiko für Tumorinduktion beider Geschlecht nicht groß sind, ist für die meisten soliden Tumore das absolute Risiko für Frauen höher als bei Männern. Personen, die in jungen Jahren exponiert werden, haben höheres absolutes und relatives Risiko, aber auch das ist organabhängig.

Weitere Studien der exponierten Personengruppen zeigen, dass die zusätzliche Krebsinzidenz auch nach langer Zeit weiterhin auftritt. Es sind daher große Unsicherheiten mit der Projektion des Lebenszeitriskos verbunden. Die Daten der japanischen Atombomben-überlebenden sind konsistent mit linearen oder linearquadratischen Dosis-Wirkungsbeziehungen über einen weiten Bereich von Dosen, aber die Quantifizierung des Risikos ist nicht sehr sicher wegen Limitierung der statistischen Genauigkeit, möglichen Verzerrungen oder anderen methodischen Problemen und der Möglichkeit von zufälligen Ergebnissen durch mehrfache statistische Tests. Längere Beobachtungszeiten von Kohorten über einen weiten Dosisbereich werden mehr Informationen erbringen, aber die Epidemiologie allein wird nicht imstande sein, die Frage ob eine Schwelle bei niedrigen Dosen existiert, zu klären. Es soll angemerkt werden, dass aus der Tatsache, dass man ein erhöhtes Risiko bei sehr kleinen Dosen nicht nachweisen kann, nicht der Schluss abgeleitet werden kann, dass das Risiko nicht vorhanden ist.

Die Studien an den japanischen Atombombenüberlebenden sind deswegen von besonderer Bedeutung, weil die Personengruppe eine große Population beider Geschlechter, eine breite Dosisverteilung und alle Altersgruppen beinhaltet. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind die primäre Basis für die Schätzungen von strahlungsinduzierten Krebs. Unter den 86557 Personen in der „Life-span-study“ Personengruppe der Überlebenden traten zwischen 1950 und 1990 7578 Fälle von soliden Tumoren auf. Von diesen konnten 334 einer Strahlungsexposition zugeordnet werden. Im gleichen Zeitintervall konnten 87 von 249 Leukämietodesfällen einer Exposition zugeordnet werden. Bei der letzten Evaluierung 1991 waren etwa 48000 Personen (56 %) noch am Leben und es ist zu erwarten, dass im Jahr 2000 44% noch am Leben sind.

Die Daten der „Life-span-study“ über Krebsinzidenz und Mortalität sind im wesentlichen ähnlich und demonstrieren statistisch signifikante Fälle als eine Gruppe, ebenso für Krebs in den Organen: Magen, Dickdarm, Leber, Lunge, Brust, Eierstöcke und Harnblase. Die Daten zeigen auch ein zusätzliches Strahlenrisiko für Schilddrüsenkrebs und nichtmelanomen Hautkrebs. Hingegen waren statistisch signifikante Erhöhungen der Inzidenz und Mortalität nicht erkennbar für die Organe: Mastdarm, Gallenblase, Pankreas, Kehlkopf Gebärmutterhals, Gebärmutter. Prostata, Niere und Nierenbecken. Ein Zusammenhang mit Exposition ist erkennbar für die meisten Arten von Leukämie, aber nicht für lymphatische Leukämie oder multiple Myelome.

Die Zahl der soliden Tumore, die in Zusammenhang mit Strahlung gebracht werden, ist nicht ausreichend, um eine detailliert Analyse des Dosisansprechvermögens für bestimmte Organe oder Arten von Krebs zu gestatten. Für alle soliden Tumore kombiniert ist der Anstieg der Dosis- Wirkungskurve bis 3 Sv linear, aber die Dosis-Wirkungskurve für Leukämie ist am besten durch eine linear- quadratische Funktion beschrieben. Statistisch signifikantes Risiko für Krebs in der „Life-span-study“ können bei Organdosen über etwa 100 mSv ersehen werden.

Studien an Personengruppen, die medizinischer, beruflicher oder Umgebungsstrahlung ausgesetzt waren, ergeben Daten, die nicht aus den Daten der Atombombenüberlebenden abgeleitet werden können, wie langdauernder Exposition mit kleinen Dosen, Dosis der Lunge durch Alphastrahlung durch Radon, fraktionierte Dosis und Variabilität innerhalb einer Gruppe. Für Krebsarten wie Brust, Schilddrüse, Knochen, Leber und Leukämie sind manche Untersuchungen, die nicht mit der „Life-span-study“ zusammenhängen, sehr nützlich. Risikoabschätzungen aus diesen Untersuchungen stimmen gut mit denen aus der LSS zusammen.

Größere Studien an beruflich exponierten Personen tragen auch wertvolle Daten über niedrige Dosen bei. Eine kombinierte Analyse von Daten von einer großen Anzahl von Beschäftigten in Kernanlagen zeigen, dass das Leukämierisiko mit der Dosis ansteigt. Die statistische Genauigkeit solcher Studien ist aber weiterhin gering verglichen mit den Ergebnissen der Daten der Atombombenüberlebenden. Es ist daher schwierig, eine definitive Aussage über den Effekt von Dosisleistung für das Krebsrisiko abzuleiten. Es bleibt aber die Aussage von UNSCEAR 93, wo eine Reduktionsfaktor von 3 für den Schluss von hohen Dosen auf geringe Dosen, basierend auf epidemiologischen und experimentellen Evidenz, abgeschätzt wird, weiter vernünftig und gültig.

Informationen über die Effekte von inneren Dosen durch Strahlung mit hohem und niedrigem LET wurden seit dem letzten Bericht 1994 verfügbar. Das erhöhte Risiko von Schilddrüsenkrebs in Teilen von Weissrussland, Russland und der Ukraine, die durch den Unfall von Tschernobyl kontaminiert wurden, zeigt eine Beziehung mit einer Exposition durch Radiojod während der Kindheit. Risikoschätzungen sind aber kompliziert, weil Dosisseätzungen ungenau und die Quantifizierung des Auftretens der Erkrankung schwierig sind. Andere Studien in der früheren Sowjetunion haben Informationen über innere Dosen erbracht. z.B. das erhöhte Lungenkrebsrisiko von Arbeiter in Mayak. Leukämie war erhöht in der Bevölkerung am Techa-Fluß. Die Quantifizierung des Risikos wird jedoch wegen verschiedenen Quellen der Exposition (extern und intern) und der Möglichkeit der Migration beeinflusst. Die Ergebnisse von verschiedenen Fall-Kontrollstudien über Lungenkrebs und Radon wurden in den letzten Jahren publiziert. Die zusammengefasst konsistent mit den Daten von radonexponierten Bergleuten sind, obwohl die statistischen Unsicherheiten in diesen Ergebnissen weiterhin groß sind.

Besondere Aufmerksamkeit wurde in Anhang 1 den Risikoüberlegungen für verschiedene Organe geschenkt. Die in den letzten Jahren gewonnene Information war bei der Beurteilung von manchen Risiken hilfreich. Es bleiben jedoch für manche Organe Probleme bei der Charakterisierung des Risikos durch die niedrige statistische Genauigkeit, die mit der geringen Anzahl von zusätzlichen Krebstüben verbunden ist. Dies kann die Möglichkeit der Schätzungen von Risikotrends in Relation zu Faktoren wie Alter bei Exposition, Zeit seit Exposition und Geschlecht limitieren. Eine Ausnahme ist Brustkrebs, wo ein Vergleich von Daten der Atombombenüberlebenden und von Frauen mit medizinischer Exposition eine Austauschbarkeit des Risikos zwischen den Populationen zeigt. Es gibt aber auch Krebsarten, für die geringe Evidenz vorliegt, dass sie mit Strahlung in Zusammenhang gebracht werden können, wie non-Hodkin's Lyphom, Hodkin'sche Krankheit und multiple Myelome. Während die Auswertung für Lyphome durch die geringe Anzahl von Fällen in den verschiedenen Studien eingeschränkt ist, muss hier abgegrenzt werden zu der Auswertung von Leukämie (einschließlich chronische lymphozytischer Leukämie) welche, obwohl selten in vielen Populationen eindeutig mit Strahlung in Zusammenhang gebracht werden kann.

Schätzungen des Lebensrisikos sind empfindlich auf Variationen der Hintergrundtumorraten. Die Variabilität kann zu Differenzen führen, welche mit den Differenzen, die sich durch die angewendeten Methoden ergeben, vergleichbar sind. Diese Variabilität in solchen Projektionen unterstreicht die Schwierigkeiten, die sich bei der Auswahl eines Einzelwertes für das Lebensrisiko für strahlungsinduzierten Krebs ergibt. Weiters sind die Unsicherheiten für die Risikoschätzungen für einzelne Organe größer als für alle Krebsarten zusammen. Basierend auf den verfügbaren epidemiologischen Daten, hat das Komitee Risikoschätzungen für strahlungsinduzierten Krebs durchgeführt. Für eine Bevölkerung aller Altersgruppen und beider Geschlechter, die eine Dosis von 1 Sv (niedriger LET) erhalten wird vorgeschlagen, für das Lebenszeitrisiko für Mortalität durch solide Tumore einen Wert von 9% für Männer und 13% für Frauen anzunehmen. Die Unsicherheiten können den Faktor zwei, höher und niedriger, betragen. Die Schätzung kann für niedrige Dosen um 50 % (Unsicherheit Faktor 2 höher oder niedriger) verringert werden. Die Inzidenz für solide Tumore kann grob mit doppelt so groß wie für Mortalität angenommen werden.

Erhältlich sind die in Wien hergestellten Berichte:

**SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION UNSCEAR 2000**

Report to the General Assembly, with scientific annexes

Volume I: Sources, Sales no. E.00.IX.3, ISBN 92-1-142238-8, US\$75

Volume II: Effects, Sales no. E.00.IX.4, ISBN 92-1-142239-6, US\$75

um je 75 US\$ bei:

United Nations Publications, Sales Office, Palais des Nations, CH-1211 Geneva, Switzerland

FAX (0041 22) 917-0027 oder

United Nations Publications, Sales Office, United Nations Plaza, New York, NY 10017

U.S.A., FAX (001-212) 963-3489

Seit kurzer Zeit ist unter <http://www.unscear.org> der vollständige Text der Berichte abrufbar.

**Bericht von der International Conference on the Radiological Protection of Patients in  
Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and  
Radiotherapy.**

*International Atomic Energy Agency (IAEA), co-sponsored by the European Commission, Pan American Health Organization (PAHO), and the World Health Organization (WHO), and hosted by the Government of Spain*

G.Pärtan

Die Konferenz fand vom 26.-30.3. 2001 in Torremolinos (Malaga, Spanien) statt und hatte etwa 800 Teilnehmer. Wie auch aus der Zusammensetzung der veranstaltenden Organisationen zu schließen ist, war der Teilnehmerkreis weltumspannend, mit einem Schwerpunkt bei den Spanisch sprechenden Regionen, (Südamerika und insbesondere Spanien selbst) und Afrika sowie natürlich auch starker Beteiligung aus den USA und Europa. Die Organisationsstruktur des Kongresses war für medizinische Maßstäbe etwas ungewöhnlich. Einerseits waren alle Teilnehmer zumindest nominell von ihren Herkunftsstaaten entsandt und nicht in individueller Mission unterwegs, andererseits wurden die (teils in Spanisch verfassten) wissenschaftlichen Beiträge zu dieser Konferenz nicht selber von den Autoren vorgetragen, sondern von Rapporturen (in mehr oder weniger geglückter Weise) kurz zusammengefasst und miteinander verglichen. Während die wissenschaftlichen Abstracts als dicker Band während des Kongresses verteilt wurden (IAEA CSP 7/P, ISSN 1563-0153), werden die Übersichtsreferate als eigene Publikation in einigen Monaten erhältlich sein.

Thematisch wichtig war der Diskurs zwischen der Erfahrungswelt den sogenannten Entwicklungsländer und der saturierteren Regionen unserer Welt.

Insgesamt werden jährlich weltweit ca. 2 Mrd. Röntgenuntersuchungen, 32 Mio. Nuklearmedizinische Untersuchungen sowie 5,5 Mio. Strahlentherapien durchgeführt.

In Ländern mit sog. health care 1 - level (z.B. Westeuropa) werden ca. 800 Röntgenuntersuchungen pro 1000 Einwohner durchgeführt, während der weltweite Durchschnitt lediglich bei 200-300 Untersuchungen liegt. Während in unseren Breiten hohe Strahlendosen mitunter tatsächlich zu einem demographisch bedeutenden Phänomen werden (hier übersteigt die medizinisch applizierte Bevölkerungsdosis bereits die natürliche Hintergrundstrahlung), leiden die Entwicklungsländer primär an einem äußerst mangelnden Zugang des Großteils ihrer Bevölkerung zu medizinischen Leistungen, eben auch, was die diagnostische oder therapeutische Anwendung ionisierender Strahlung betrifft. Diejenigen geradezu als privilegiert zu bezeichnenden Patientinnen, welche diesen Zugang doch erhalten, sind dann allerdings in noch stärkerem Ausmaß inadäquaten Strahlendosen ausgesetzt. Einerseits durch ungenaue Bestrahlungsplanung, durch die oft fehlende Möglichkeit, überhaupt einigermaßen fachgerecht Strahlendosen messen zu können, und auch aufgrund des Einsatzes gebrauchter, ohne irgendeine Qualitätskontrolle importierter und eingesetzter Röntgengeräte. Diesbezüglich haben die bisherigen Ansätze der internationalen Organisationen regulatorischer (IAEA Basic Safety Standards) oder planerischer (Entwicklung einfacher, robuster Röntgengeräte durch die WHO) Natur noch wenig Früchte getragen, trotz der auch auf dieser Konferenz diesbezüglich geförderten Bewußtseinsbildung. Viele Probleme wären aber auch relativ einfach zu lösen, z.B. bessere Schulung (hier ist die bessere Verteilung von Lehrmaterial wichtiger als seine Qualität!), Investition in akzeptable Dunkelkammereinrichtungen, Verwendung höherer kV.

Fachlich waren folgende thematische Schwerpunkte gegeben:

- **Dosiserfassung ausgerichtet auf Ermittlung der Bevölkerungsdosis.** Hier waren zahlreiche Multicenterstudien zur aus verschiedensten Ländern der Welt vertreten, von Rumänien bis Nigeria, von Kanada bis in die Schweiz; letzteres Land hat übrigens eine seit den 50er Jahren bewährte Tradition der Ermittlung der Bevölkerungsdosis, welche durch eine Erfassung der Häufigkeit sämtlicher Röntgenuntersuchungen und Kopplung dieser Daten mit dosimetrisch aufbereiteten Standarduntersuchungsprotokollen erreicht wird.
- **Dosiserfassung und Qualitätssicherungsaspekte bei verschiedenen radiologischen Techniken/ Subspezialitäten,** wie Durchleuchtung, digitale Radiographie, interventionelle Radiologie (inklusive nicht durch Radiologen durchgeführte Eingriffe, z.B. Kardangiographie/ PTCA), Mammographie, pädiatrische Radiologie sowie Computertomographie. Letztere trägt in immer größerem Ausmaß zur Kollektivdosis bei, wobei die damit applizierte Dosis nicht immer optimiert ist. Louis K. Wagner, Radiologe aus der Houston Medical School in Texas, richtete z.B. die Aufmerksamkeit darauf, daß eine Thorax-CT in der Mamma zu einer Organdosis von 40-80 mGy führt, während bei der viel diskutierten Mammographie dieser Wert bei lediglich 2-4 mGy liegt; somit beträgt die Exposition der weiblichen Brust pro Thorax-CT den DosisGegenwert von 20 Mammographien! Weiterhin ein Problem ist die oft mangelnde Definition der notwendigen Bildqualität, welche ja für eine Dosisoptimierung bzw. ein „Dosismanagement“ unbedingt notwendig ist. Dies gilt um so mehr für die digitalen Verfahren, wie es die CT, die digitale Bildverstärkerradiographie (insbesondere in der interventionellen Radiologie verwendet) und andere moderne Röntgenverfahren darstellen. Z.B. existieren laut Wagner kaum systematische Untersuchungen darüber, welche kV bei der CT optimalerweise gewählt werden sollten.
- **Strahlenschutz in der Nuklearmedizin.** Neben verschiedenen Dosiserfassungsprojekten (u.a. für die Schilddrüsen Therapie mit J 131) wurden auch Referenzwerte diskutiert, welche zunehmend auch in der Nuklearmedizin Beachtung finden und als verabreichte Aktivität definiert sind.
- **Referenzdosiswerte** in den verschiedenen Bereichen der diagnostischen Strahlenanwendung. Hier fand sich wieder eine Fülle von Dosiserfassungsprojekten, deren Ergebnisse meist lokal bis national verwertet (was auch der Sinn von Referenzdosiswerten ist, welche durchaus auf lokale, wenngleich gut fundierte Praktiken abgestimmt sein sollen), aber eigentlich international verglichen werden sollten. Festgestellt wurde wie schon so oft bei vergleichbaren Meetings, dass Referenzdosiswerte keinen Rückschluss auf die Güte der radiologisch-strahlenschützerischen Praxis für den einzelnen Patienten zulassen, sondern nur für die Praxis an einem Kollektiv von Patientinnen gültig sind, und dass Dosisminimierung ohne Rücksicht auf die *erforderliche* Bildqualität nicht zielführend wäre.
- Darüberhinaus müssen Referenzdosiswerte und Qualitätssicherung in einem einheitlichen System zusammenspielen, wobei Qualitätssicherung nicht ohne entsprechende (vor allem personelle!) Ressourcen denkbar ist. Deshalb erscheint auch die finanzielle Abgeltung von Qualitätssicherungsmaßnahmen durch die jeweiligen Gesundheitssysteme unerlässlich, die Qualitätssicherung darf nicht durch den wirtschaftlichen Wettbewerbsdruck beeinträchtigt werden.
- **Strahlenschutz des Ungeborenen, bei Kindern.** Abgesehen von einer beträchtlichen Anzahl von Arbeiten, welche sich mit der genaueren Erfassung der Uterusdosis in der diagnostischen und therapeutischen Strahlenanwendung beschäftigten, wurde am Ende der Konferenz bemerkt, dass weiterhin die Frage offen geblieben war, ob für Strahlenexpositionen *in utero* oder an Kindern das Konzept der Effektivdosis in der derzeit angewendeten Weise (ohne Altersdifferenzierung) wirklich als gültig anzusehen ist.
- **Strahlentherapie:** Zunehmende Bedeutung bekommt die Nachsorge von Strahlentherapiepatienten hinsichtlich therapieinduzierter Zweitkarzinome. Weiters von Interesse bzw. relativ neu ist das Konzept der individuellen Strahlensensitivität, von welcher man annimmt, dass sie etwa 0,1 - 1 % aller Menschen betrifft. Dies ist besonders bei den in der Strahlentherapie angewendeten Dosen wichtig und erfordert engmaschige (wöchentliche) klinische Kontrollen, obwohl die derzeit verfügbaren Labortests entweder nicht aussagekräftig genug oder aber kaum finanziell leistbar sind (biologische Dosimetrie - Nachweis strahleninduzierter Chromosomenveränderungen). Neue, immer ausgefeiltere Konzepte der Bestrahlungsplanung benötigen ein immer höheres Maß an Qualitätssicherung und auch Patienten-Immobilisierung, wobei die Entwicklungsländer wieder einmal stark im Hintertreffen sind. Allerdings wurde auch festgestellt, dass in reicheren Ländern zumindest keine Feiung gegen menschliche Irrtümer bei der Strahlenanwendung gegeben ist! Aus aktuellem Anlass wurde in einem der Übersichtsreferate

über die Hintergründe des Strahlenunfalls in Panama berichtet, wo mehrere Patienten nach Applikation irrtümlich bzw. fahrlässig überhöhter Dosen gestorben sind.

- **Standardisierung von medizintechnischer Ausrüstung und ihr Einfluss auf den Strahlenschutz.** Der Ruf nach Standardisierung insbesondere von Qualitätssicherungs- und Dosismessprozeduren war unüberhörbar. Ein Teilaspekt davon ist die Erfassung der individuellen Patientinnendosen. B. Balaban, eine Patientenanwältin aus den USA, machte sich stark für etwas, was man im deutschen Sprachraum als „Strahlenpass“ bezeichnet, allerdings nach Möglichkeit auf elektronischem Weg (Chipkarte). Dieser Vorschlag wurde auch in einer der darauffolgenden Pressekonferenzen von den Veranstaltern des Kongresses aufgegriffen, allerdings mit Hinweis darauf, daß ein derartiger elektronischer Strahlenpass aus sozioökonomischen Gründen nur einem Bruchteil der Weltbevölkerung zugute kommen würde. Dieser Vorschlag wurde auch von einzelnen Radiologen heftig bekämpft, u.a. mit dem Argument, daß dies zu einer Überlastung der Auffassungsgabe der Patienten führen würde, abgesehen von der arbeitsmäßigen Zusatzbelastung, welche sich für die Radiologie ergeben würde. Insgesamt wurde der Wunsch laut nach einer möglichst automatischen, systematischen Dosiserfassung in der diagnostischen Radiologie.
- **Patienteninformation.** In einer Podiumsdiskussion kam neben der erwähnten Patientenanwältin auch eine junge Strahlentherapiepatientin zu Wort, welche ihre Ängste und Erwartungen dem Publikum nahe brachte. Insgesamt wurde der ständig bestehende Wunsch nach noch besserer Informationskultur seitens der Strahlenanwender spürbar.
- **Strahlenanwendung in der Forschung.** Es wurde deutlich gemacht, daß die Strahlendosen von wissenschaftlichen Probanden keinesfalls die für Patienten festgelegten Referenzwerte übersteigen sollten. Offen bleibt die Frage der Erfassung der weltweit in der Forschung angewendeten Strahlendosen.
- **Fragen der Implementierung und Durchsetzbarkeit gesetzlicher Strahlenschutzregelungen.** Neben Schilderungen der jeweiligen gesetzlichen Situation in verschiedensten Ländern der Welt wurde festgestellt, daß einige Fragekomplexe offen geblieben waren: z.B. die genauere Diskussion von nicht indizierten Röntgenuntersuchungen, von der Wirksamkeit verschiedener Zuweisungsrichtlinien, der „outcome-Messungen“ von Ausbildungsprogrammen auf dem Gebiet des Strahlenschutzes. Teil dieses Themas war die Frage nach der Abschätzung des Risiko-Nutzen-Verhältnisses der Strahlenanwendung. (Anmerkung des Berichterstatters: Hier wurden auch bei einzelnen diesbezüglichen Übersichtsreferaten hauptsächlich Gemeinplätze von der Schwierigkeit der Beantwortung dieser Frage geäußert, anstatt Konzepte für eine wissenschaftliche auf durchaus vorhandenen Daten aufbauende Abschätzung vorzulegen). Eine Lanze wurde gebrochen für eine bessere Kommunikation zwischen Gesetzgebern und medizinischen Praktikern.

Die Konferenz wurde mit einer Übersicht über die in Zukunft diskutierenswerten Themen (bereits bei den jeweiligen Sachthemen angesprochen) abgeschlossen und Zufriedenheit darüber geäußert, dass es erstmals gelungen war, eine derart hohe Anzahl aus RepräsentantInnen der medizinischen Praxis (deren Zahl allerdings noch immer beschränkt war, Anm. d. Berichterstatters), der Medizinphysik, der nationalen und weltweiten legislativen Gremien (insbesondere der IAEA und WHO) zusammenzubringen. Neben den verschiedenen Übersichtsreferaten waren insgesamt 197 Arbeiten aus 67 Ländern angenommen worden, darunter folgende österreichische Beiträge:

- Kirisitis, Ch.: Radiation risk to patients from intracoronary brachytherapy.
- Paertan, G.: The Danube hospital project for automated transcription of x-ray dose data from radiography, fluoroscopy and computed tomography (CT) into the electronic patient record.
- Tschurlovits, M.: A proposal to prove compliance of ESD (Entrance Surface Dose) with EU-guidelines.

Die nächste vergleichbare, allerdings von der IRPA (International Radiation Protection Association) veranstaltete Konferenz wird vom 23.-28. Mai 2004 in Madrid abgehalten werden.

In der November-Ausgabe des ECR (European Congress of Radiology)-Newsletters erschien ein Edit orial von Prof. Dr. Hans Ringertz, Karolinska-Klinik Stockholm, welches wir Ihnen nicht vorenthalten wollen und dessen deutsche Übersetzung mit freundlicher Genehmigung der Herausgeber hier angeboten wird.

## Die Radiologen und der Strahlenschutz

Hans Ringertz, Karolinska-Klinik Stockholm

Im abgelaufenen Jahr haben Strahlenschutzthemen in der diagnostischen Radiologie weltweit große Aufmerksamkeit auf sich gezogen. In der Tagespresse wurden in unüblicher Weise wissenschaftliche Publikationen gehäuft zitiert. Hauptthema dieser Artikel waren die schädlichen Effekte ionisierender Strahlen in der diagnostischen und interventionellen Radiologie.

Mehrere Artikel in der Februarnummer des American Journal of Roentgenology (AJR) hatten sich mit der aus CT-Untersuchungen resultierenden Strahlendosis befasst, insbesondere in der pädiatrischen Radiologie. Schlagzeilen über jährlich 500 in den USA durch CT-Untersuchungen verursachte letale Krebstülle bei Kindern schürten einer Menge an Diskussionen. Einigermäßen blamabel war die Tatsache, dass in einem hohen Prozentsatz der Fälle an pädiatrischen Patienten CT-Expositionswerte für Erwachsene verwendet wurden.

Mit den vorliegenden Expositionswerten und einem pro CT-Untersuchung an einem einjährigen Kind geschätzten Mortalitätsrisiko von 0,18 % für eine Abdomen- und 0,07% für eine Schädel-CT, verursachen die 600 000 pädiatrischen CT-Untersuchungen in den USA pro Jahr in etwa 500 letale Krebserkrankungen. Die Society for Pediatric Radiology war daraufhin gezwungen, Presseaussendungen zu verfassen und Empfehlungen an alle ihre Mitglieder auszusenden, wie die zahlreichen verängstigten Eltern davon zu informieren wären, daß das Risiko einer indizierten CT-Untersuchung weitaus geringer ist als das Risiko welches aus einer Unterlassung einer solchen Untersuchung resultieren würde.

Nicht nur die stochastischen, sondern auch die deterministischen (aus Zelltod resultierenden) Effekte sind ins Blickfeld der Medien gerückt. In der Juli-Ausgabe des AJR demonstrierten zwei Artikel mit eindrucksvollen Farbillustrationen 38 bzw. 73 Fälle von durchleuchtungsbedingten schweren Hautschädigungen nach interventionellen Eingriffen. Das gesamte Spektrum von ausgedehnten roten Erythemarealen bis zu großen, tiefen und mehr oder weniger permanenten Ulzerationen wurde veranschaulicht. Die Tatsache, daß die Mehrzahl der Fälle durch Kardiologen verursacht war, konnte nicht verhindern, daß diesbezüglich Radiologen von Schuldzuweisungen getroffen wurden.

Die Durchleuchtungszeiten interventioneller Eingriffe, welche mehrere Versuche benötigen können sehr lang werden - einige Stunden in manchen Fällen. Die hier maßgeblichen Eingriffe waren Angioplastie, Gefäßstents, TIPS, etc., und obwohl der Prozentsatz an Fällen mit Folgeschäden niedrig ist, können das daraus resultierende menschliche Leid und die gerichtlichen Konsequenzen beträchtliche sein. Einfache Schutzmaßnahmen wie intermittierende Durchleuchtung, Last Image Hold, Umlagerung des Patienten zum Wechsel der exponierten Hautfläche etc. sollten dagegen immer angewendet werden.

Diese Fragen sind in der Radiologie nicht unbekannt, sie zählen zu den ältesten überhaupt. jedoch hat die Gesellschaft um uns sich geändert, wir leben in einer vernetzten Internetgesellschaft mit bestens informierten Patienten und Angehörigen.

Radiologen müssen ständig gewärtig sein, sich Fragen zum Strahlenschutz zu stellen, über Nutzen-Risiko-Verhältnisse zu informieren und das ALARA (As Low As Reasonably Achievable)-Prinzip anzuwenden, um jede einzelne radiologische Untersuchung zu optimieren.

Zahlreiche internationale Organisationen sind mit der Evaluierung, Vermittlung und Regelung des Strahlenschutzes in der diagnostischen Radiologie befasst. Sie halten regelmäßige Zusammenkünfte ab und publizieren ihre Ergebnisse. Problematisch ist jedoch, daß sehr wenige Radiologen dafür Interesse zeigen und noch weniger Radiologen aktiv beteiligt sind, was langfristig als gefährlich einzuschätzen ist. Folgenden Punkte erlauben uns trotzdem, auf wenigstens kleine Fortschritte zu hoffen:

Die Strahlenabteilung der WHO in Genf verfügt über einen verantwortlichen Radiologen, welcher auf dem Gebiet des Strahlenschutzes insbesondere in Entwicklungsländern sehr aktiv ist.

Über einige Jahre hinweg hat das mit medizinischer Strahlenanwendung befasste Komitee der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) eine nennenswerte Anzahl diagnostischer Radiologen involviert. Eine Serie wissenschaftlich korrekter, aber einfacher Dokumente über viele Aspekte der diagnostischen Radiologie wurde publiziert.

Die Internationale Atomenergieagentur (IAEA) in Wien (welche beträchtliche Ressourcen aus der Kontrolle von Atomkraftwerken und aus Dosismessungen in der Strahlentherapie besitzt) hat eine Konferenz über den Strahlenschutz in der diagnostische Radiologie Anfang der Jahres veranstaltet (in Malaga, Spanien, siehe Bericht G.Pärtan, Anm. d. Übersetzers), welche von 800 Teilnehmern aus 88 Ländern besucht war. Zahlreiche Radiologen haben daran entweder individuell oder aber als Repräsentanten der EAR, RSNA, ACR, ISR etc. teilgenommen.

Beste ALARA-Wünsche an Sie alle.

Übersetzung: Dr. G.Pärtan, Wien

## Generalversammlung des Verbandes für medizinischen Strahlenschutz in Österreich.

Hörsaal 4 des Hörsaalzentrums des AKH Wien, Samstag 12.5.2001, 11.30 Uhr.

Der Beginn der Generalversammlung wurde um 11,30 Uhr um 1 Stunde verschoben, tatsächlicher Beginn der Generalversammlung 13,02 Uhr.

### 1) Eröffnung

Präsident Prof. Kletter eröffnet die Generalversammlung und begrüßt die Teilnehmer.

Das Protokoll der Generalversammlung in Baden-Baden (Deutschland) aus dem vergangenen Jahr 2000 wird einstimmig genehmigt.

### 2) Bericht des Präsidenten

Der Holeczke-Preis wurde heuer in Ermangelung geeigneter Kandidaten nicht vergeben, die Vergabe ist, entsprechend den Statuten dieses Preises, für das Jahr 2003 vorgesehen. Die Kosten des Verbandes zur Erstellung der Verbandszeitschrift sind sehr hoch, es sollen Überlegungen angestellt werden, unsere Verbandsmitteilungen evtl. anderen Periodika anzugliedern.

### 3) Weitere Berichte

#### **Bericht des geschäftsführenden Vizepräsidenten. Prof. Dr. Kainberger**

Als Informationsfenster unseres Verbandes steht die Web-Seite im Internet unter [www.strahlenschutz.at](http://www.strahlenschutz.at) zur Verfügung<sup>1</sup>. Der Verband verfügt damit über die größte deutschsprachige Internetplattform zu Themen des medizinischen Strahlenschutzes. Gemeinsam mit dem Web-Team des Billrothhauses der Gesellschaft der Ärzte wurde ein neues Design mit einer Aktualisierung der Link-Liste vorgenommen.

Unsere Verbandszeitschrift stellt ein wichtiges Informationsorgan dar, ihr Zustandekommen ist in erster Linie dem unermüdlichen Einsatz des Schriftleiters Prof. Tschurlovits zu verdanken. Neben den Verbandmitgliedern gibt es eine große erweiterte potentielle Zielgruppe aller Strahlenschutzanwender wie z. B. Orthopäden, Chirurgen u.a. Die Zusendung unserer Verbandszeitschrift an diese Zielgruppe soll überlegt werden. Kernpunkt der Verbandstätigkeit ist die Arbeit an der Qualitätssicherung in der Radiologie und Nuklearmedizin in Verbindung mit den Strahlenschutzangelegenheiten. Diesbezüglich schlägt VPräs. Kainberger die Etablierung einer Funktionszuordnung der vier Vizepräsidenten vor, wobei einer die Geschäftsführung, einer die Leitung der Kurse, einer die fachpolitischen Agenden und einer die wissenschaftlichen Belange leiten sollte.

#### **Bericht des Kursleiters Prof. Dr. Tschurlovits**

Ein Kernpunkt der Verbandsarbeit sind die sogenannten „Strahlenschutzkurse“, diese sind weiterhin gut besucht und laufen wie geplant.

Die Verbandszeitschrift für die 1. Ausgabe dieses Jahres ist so gut wie fertig und soll demnächst gedruckt werden. Der Preis für eine allfällige höhere Auflage ist relativ gering und die Erweiterung auf eine größere Zielgruppe sollte kein Problem darstellen.

Der Inhalt des 2. Heftes der Verbandszeitschrift dieses Jahres sollen die Beiträge der abgehaltenen heutigen Tagung sein.

---

<sup>1</sup>Mittlerweile wurde die neue Adresse [www.strahlenschutz.org](http://www.strahlenschutz.org) aktiviert

### **Bericht des Sekretärs Dr. Pärtan**

Für die Gestaltung der Homepage ist ein Finanzpolster vorhanden, ein erster Entwurf ist bereits abrufbar. Präs. Kletter merkt an, dass insbesondere auch vom deutschen Schwesternverband starkes und sehr positives Feedback gekommen ist und die Gestaltung der Homepage großen Anklang gefunden hat.

### **Bericht des Kassiers Prim. Dr. Mader**

Das Verbandssekretariat wurde umgestaltet und der Medizinischen Akademie zugeteilt. Die Kosten hierfür (dzt. pro Jahr ca. 43.000,-) sind wesentlich günstiger als früher. Im vergangenen Finanzjahr 2000 waren insbesondere die Ausgaben für den Kongress in Baden-Baden sehr hoch, weiters bestanden wesentliche einmalige Ausgaben für die Erstellung der Homepage. Darüber hinaus ist zu bemerken, dass es immer schwieriger wird, Unterstützung von Firmen für den Verband zu erhalten. Für das heurige Jahr ist mit weniger Ausgaben zu rechnen. Insgesamt waren im Vorjahr die Einnahmen leicht höher als die Ausgaben, es ist auch für heuer eine positive Bilanz zu erwarten.

Prof. Kletter merkt an, dass die Situierung des Sekretariats in der Medizinischen Akademie ein großer Erfolg ist, die Betreuung als ausgezeichnet und funktionell anzusehen ist und auch die Kosten relativ gering sind.

Prof. Kainberger verweist darauf, dass mit dem neuen Sekretariat jetzt auch eine gute Infrastruktur präsent ist, sodass säumige Mit glieder für heuer Zahlungserinnerungen zu erwarten haben.

### Entlastung des Kassiers:

Die Rechnungsprüfer sind bei der Generalversammlung nicht anwesend, es liegt jedoch eine schriftliche Erklärung der Rechnungsprüfer über die korrekte Führung der Bücher vor. Prof. Kletter stellt den Antrag auf Entlastung des Kassiers, dieser Antrag wird einstimmig angenommen.

## **4) Neuwahl des Präsidiums**

Prof. Kletter übergibt den Vorsitz der Generalversammlung dem Tagungspräsidenten Doz. Kramer. Doz. Kramer schlägt Prof. Kletter zur Wahl des neuen Präsidenten vor, der Vorschlag wird einstimmig bei einer Stimmenthaltung angenommen.

Prof. Kletter bedankt sich für das Vertrauen und schlägt folgende Vorstandsmitglieder zur Wahl vor: Vizepräsidenten Prof. Kainberger, Prof. Tschurlovits und Dr. Weber; Kassier Prim. Mader, Sekretär Dr. Pärtan und Schriftführer Prim. Eibenberger.

Der Vorschlag wird einstimmig angenommen.

Prof. Helbich und Dr. Stadler werden als Beiräte in den Vorstand kooptiert, auch dieser Vorschlag wird einstimmig angenommen.

## **5) Kurs über Qualitätsmanagement**

Frau Dr. Metz-Schimmerl berichtet über die Erfahrungen mit dem Qualitätsmanagement bzw. ISO-Zertifizierung in der Radiologie und verweist darauf, dass dieses Qualitätsmanagement eng mit dem Strahlenschutz verbunden ist.

Prof. Kainberger regt an, dass neben unserem bisherigen Kursangebot auch ein Kurs in Qualitätsmanagement für Strahlenschutzbeauftragte entwickelt werden soll.

Prof. Kletter wird die engeren Details mit den Betroffenen noch abstimmen.

## **6) Jahrestagung 2002**

In Vertretung von Primarius Haselbach aus Klagenfurt referiert als sein Vertreter OA Dr. Iliasch. Der Tagungsort wird sicher Velden sein, der Termin ist noch nicht fixiert und es liegen mehrere Möglichkeiten im Juni bzw. auch Herbst 2002 vor<sup>2</sup>.

Prof. Kletter verweist darauf, dass ein erstes Treffen mit den Verantwortlichen des deutschen Schwesternverbandes in Wiesbaden stattfindet. Die erwähnten Termine werden mit dem Schwesternverband erörtert, des weiteren sollen dort auch Vorschläge für die Programmschwerpunkte erarbeitet werden.

Prof. Kainberger bittet um Anregungen für Tagungsthemen, es wird übereinstimmend festgehalten, auch freie Vorträge anzunehmen.

#### **7) Strahlenschutz bei elektromagnetischen Feldern**

Prof. Breitenseher ist persönlich leider verhindert, Prof. Kletter verliest einen von ihm verfassten Brief vor. Es sollen insbesondere auch die Agenden des Strahlenschutzes bei elektromagnetischen Wellen, wie sie in der MRT verwendet werden, in die Agenden unseres Verbandes integriert werden. Insbesondere sind die Fragen der Verträglichkeit von Metallimplantaten mit MR-Untersuchungen sowie allfällige schädliche Wirkungen einer Dauerbelastung von elektromagnetischen Wellen zu untersuchen. Doz. Kramer schlägt vor, Prof. Breitenseher zur nächsten Tagung diesbezüglich einzuladen oder einen Beitrag in unserer Verbandszeitschrift zu veröffentlichen.

Prof. Kainberger verweist auf die Notwendigkeit, diese Aspekte auch ins öffentliche Bewusstsein zu tragen. Hier ist der deutsche Verband offensichtlich schon weiter fortgeschritten, insgesamt sollte dieses Thema gut geeignet für die gemeinsame Tagung in Velden sein.

Dr. Weber verweist darauf, dass es sehr wichtig ist, dieses Thema durch unseren Verband zu besetzen.

Prof. Helbich weist darauf hin, dass auch die Wissenschaftsredaktion von Tageszeitungen, wie z. B. des Standard, durchaus als Forum für diese Information geeignet ist und er dafür durchaus die Verbindung herstellen kann.

#### **8) Neuentwicklungen auf dem Gebiet der Mammographie**

Prof. Helbich bedankt sich für die Kooptation in den Vorstand des Verbandes. Prof. Helbich ist seit Jänner 2000 mit der Leitung der Mammographie im AKH Wien betraut. Prof. Helbich weist daraufhin, dass dzt. insbesondere auch die Mammographie als Screening im Gespräch ist, jedoch durchaus auch Verunsicherungen hinsichtlich einer allfälligen Strahlenbelastung in der Öffentlichkeit besteht. Immer wichtiger wird eine regelmäßige Überprüfung der Mammographieanlagen, ein derartiges ausgestelltes Prüfzeugnis stellt durchaus auch einen sehr positiven Werbeeffect dar, wenn es in Ordinationsräumen veröffentlicht wird. Die diskutierten digitalen mammographischen Verfahren bieten dzt. noch keine sichere Dosisreduktion.

#### **9) Ehrenmitgliedschaft**

Prof. Kletter schlägt Prof. Dr. Lechner als Ehrenmitglied vor.

Prof. Kainberger berichtet über die sehr fruchtbare Zusammenarbeit, mit der Klinik für Radiodiagnostik von Prof. Lechner und die wichtige Unterstützung von Prof. Lechner im Bereich der Organisation der letzten Tagungen unseres Verbandes. Der Antrag, Herrn Prof. Lechner die Ehrenmitgliedschaft zu verleihen, wird einstimmig angenommen.

#### **ad 10) Allfälliges**

Keine Wortmeldungen.

Ende der Generalversammlung 14,10 Uhr.

Der Schriftführer: Prim. Doz. Dr. Eibenberger

---

<sup>2</sup> Mittlerweile wurde der Termin 7./8. Juni fixiert

Anwesenheitsliste:

Prof. DDr. Kletter, Prof. Dr. Kainberger sen., Prof. Dr. Kainberger jun., Doz. Dr. Baldt,  
Doz. Dipl.Ing. Dr. Kramer, Doz. Dr. Eibenberger, Prof. Dr. Helbich, Dr. Illiasch, Dr. Pärtan,  
Prim. Dr. Mader, Prim. Dr. Küster, Dr. Karnel, Dr. Metz-Schimmerl, Prof. Dr. Kurtan,  
Prim. Dr. Dienstl, Prof. Dr. Stadler, Prof. Dr. Tschurlovits, Dr. Eber, Dr. Danner.

## Strahlenschutzkurse 2002 gemäß § 28 SSVÖ



*DIE NEUFASSUNG DER STRAHLENSCHUTZGESETZGEBUNG IST IN ARBEIT. ES SIND DAHER DIE ANGABEN ALS VORLÄUFIG ZU BETRACHTEN.*

20./ 21. September und 27./ 28. September

### **Grundausbildung**

zum Strahlenschutzbeauftragten für den Umgang mit radioaktiven Stoffen oder den Betrieb von Strahleneinrichtungen zu medizinischen Zwecken.

Ein Kurs über zwei Wochenende, Freitag Mittag bis Samstag Nachmittag, Übungen Samstag Nachmittag, Einteilung von Teilnehmerzahl abhängig,

**Kursort: Atominstitut der Österreichischen Universitäten, Stadionallee 2, 1020 Wien**

**Haupttermin für Abschlusstest: 4.10., Allgemeines Krankenhaus Wien**

4./5. Oktober

### **Spezielle Ausbildung für diagnostische Anwendung von Röntgenstrahlen**

Freitag Mittag bis Samstag Nachmittag, Übungen in Kleingruppen in mehreren Durchgängen. Im ersten Durchgang primär auswärtige Teilnehmer

**Kursort: Allgemeines Krankenhaus Wien, Währinger Gürtel 18-20, 1090 Wien**

18./19. Oktober

### **Spezielle Ausbildung für diagnostische und therapeutische Anwendung offener radioaktiver Stoffe**

Freitag Mittag bis Samstag Nachmittag, Übungen in Kleingruppen in mehreren Durchgängen. Im ersten Durchgang primär auswärtige Teilnehmer

**Kursort: Allgemeines Krankenhaus Wien, Währinger Gürtel 18-20, 1090 Wien**

Termin noch nicht festgelegt (November). Voranmeldung frühzeitig erbeten:

### **Spezielle Ausbildung für therapeutische Anwendung ionisierender Strahlung, ausgenommen von offenen radioaktiven Stoffen**

Freitag Mittag bis Samstag Nachmittag, Übungen in Kleingruppen, bei Bedarf in mehreren Durchgängen

**Kursort: Allgemeines Krankenhaus Wien, Währinger Gürtel 18-20, 1090 Wien**

Kursreferat: [vmsoe.kursreferat@billrothhaus.at](mailto:vmsoe.kursreferat@billrothhaus.at)

An das  
Kursreferat des Verbandes  
für Medizinischen Strahlenschutz

Postfach 2  
1220 Wien

**FAX:** (01) 285 89 39

Wien am .....

## Anmeldung für Strahlenschutzkurse 2002

**Grundausbildung** zum Strahlenschutzbeauftragten (GR)  
20./21. September und 27./28. September      **EURO 385.....**

**Spezielle Ausbildung** hinsichtlich der diagnostischen  
Anwendung von **Röntgenstrahlen (RÖDIA)**  
4./5. Oktober      **EURO 320.....**

**Spezielle Ausbildung** hinsichtlich der diagnostischen oder  
therapeutischen Anwendung **offener radioaktiver Stoffe (NUKMED)**  
18./19. Oktober      **EURO 350.....**

**Spezielle Ausbildung** hinsichtlich der **therapeutischen**  
**Anwendung ionisierender Strahlen (TH)**  
voraussichtlich Dezember      **EURO 420.....**

---

**Summe**      **EURO .....**

---

Name ..... Vorname ..... Titel .....  
geboren am ..... in .....  
Adresse .....  
Korrespondenz erwünscht per      Post ..... FAX. Nr .....  
erreichbar unter: Telefon ..... e-Mail ..... Fax: .....

Zahlung der Kursgebühr erfolgt von Teilnehmer / Arbeitgeber  
durch Zahlschein / Überweisung (Nichtzutreffendes streichen)

**Teilnehmer – Unterschrift:** .....

## Verbandsadressen

Homepage: <http://www.strahlenschutz.org>

### Sekretariat

Wiener Medizinische Akademie  
Alserstraße 4, Altes AKH, 1. Hof  
1090 Wien  
Telefon Wien 405 13 83-21  
FAX Wien 405 13 83-23  
e-mail: [medacad@via.at](mailto:medacad@via.at)

### Kursreferat

H.M. Magdalena TSCHURLOVITS,  
Kursreferat des Verbandes für Medizinischen Strahlenschutz  
Postfach 2, A-1220 Wien  
Telefon und Anrufbeantworter 283 97 83 FAX 285 89 39  
e-mail: [vmsoe.kursreferat@billrothhaus.at](mailto:vmsoe.kursreferat@billrothhaus.at) oder [vmsoe.kursreferat@utanet.at](mailto:vmsoe.kursreferat@utanet.at)

### Fachliche Auskünfte

#### *Röntgendiagnostik*

**Univ.Prof. Dr. Franz KAINBERGER,**  
Univ.Klinik für Radiodiagnostik  
Allgemeines Krankenhaus  
Währinger Gürtel 18-20, 1090 Wien  
Telefon 40400 5803, FAX 40400 7631

#### **Dr. Reinhard WEBER,**

FA für Radiologie  
Hofwiesengasse 44, 1130 Wien  
Telefon 804 62 25, FAX 804 62 25-11

#### *Nuklearmedizin*

**Univ.Prof. DDR. Kurt KLETTER,**  
Univ.Klinik für Nuklearmedizin  
Allgemeines Krankenhaus  
Währinger Gürtel 18-20, 1090 Wien  
Telefon 40400 6102, FAX 40400 7631

#### *Technische und rechtliche Fragen*

**Univ.Prof. Dr. Manfred TSCHURLOVITS,**  
Atominstitut der Österr. Universitäten  
Stadionallee 2, 1020 Wien  
Telefon 588 01 14-182, Fax 588 01 14-199 oder FAX 285 89 39  
e-mail: [manfred.tschurlovits@billrothhaus.at](mailto:manfred.tschurlovits@billrothhaus.at)

## Tagungen

### **14. Gemeinsame deutsch-österreichische Strahlenschutztagung 2002**

Verband für medizinischen Strahlenschutz in  
Österreich (VMSÖ)  
Vereinigung Deutscher Strahlenschutzärzte  
(VDSÄ)

Datum: Fr. 7. - Sa. 8. Juni 2002

Ort: Casineum Velden

Veranstalter: Prim. Dr. Helge Haselbach

Auskunft: Fr. H. Lubitsch

Röntgendiagnostisches Zentralinstitut,  
LKH Klagenfurt, St. Veiter Strasse 47,  
A-9020 Klagenfurt

Tel.: +43/1463/538 24 703

Fax: +43/463/538 23 185

E-mail: [h.haselbach@lkh-klu.at](mailto:h.haselbach@lkh-klu.at)

## **Vorschau auf Heft 1/2002**

### **Berichte von der Tagung des VMSÖ in Österreich am Samstag 12.5.2001 im AKH Wien:**

R. Waneck: Qualitätsmanagement im österreichischen Gesundheitswesen

M. Tschurlovits: Konsequenzen der EU-Richtlinien für die berufliche Exposition und die Exposition der Bevölkerung

### **Literaturberichte**

### **Belehrungen für beruflich exponierte Personen**

#### **Verbandsnachrichten:**

Strahlenschutzkurse

Kursanmeldung

Verbandsadressen

Tagungsankündigungen