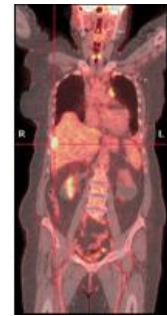
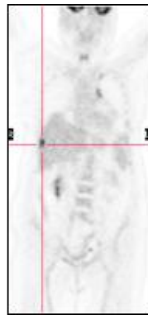




## Abschlussbericht über Strahlenschutzaudits bei PET-CT Einrichtungen

Abteilung Strahlenschutz  
Sektion Forschungsanlagen und Nuklearmedizin  
2. Mai 2012



### Inhalt

<b>1. AUSGANGSLAGE</b> .....	<b>2</b>
<b>2. SPEZIFIKATIONEN DER PET-CT EINRICHTUNGEN</b> .....	<b>3</b>
<b>3. STRAHLENSCHUTZ AM PATIENTEN</b> .....	<b>3</b>
3.1 Uptake Zeit .....	3
3.2 Ruheräume für Patienten.....	4
3.3 Radionuklide für diagnostische Anwendung .....	4
<b>4. SCHUTZ DES PERSONALS</b> .....	<b>6</b>
4.1 Bauliche und organisatorische Massnahmen .....	6
4.2 Strahlendosis des beruflich strahlenexponierten Personals in der Nuklearmedizin.....	7
4.2.1 Ganzkörperdosen .....	7
4.2.2 Extremitätendosen.....	7
4.2.3 Inkorporationsüberwachung.....	8
<b>5. QUALITÄTSICHERUNG AN DER PET UND CT EINRICHTUNG</b> .....	<b>8</b>
5.1 Ausgangslage .....	8
5.1.1 QS PET .....	8
5.1.2 QS CT .....	9
5.2 Prüfpunkte und Beanstandungen .....	9
5.2.1 Abnahmeprüfung PET-Kamera (AP PET) .....	9
5.2.2 Zustandsprüfung PET-Kamera (ZP PET).....	9
5.2.3 Konstanzprüfung PET (KP PET).....	9
5.2.4 Abnahme- Zustands- und Konstanzprüfung CT (APCT / ZPCT / KPCT) .....	10
5.2.5 QS Befundmonitore (AP / ZP / KP BWG).....	10
5.2.6 Dosisprofil.....	11
5.2.7 Genauigkeit der CTDI Anzeige .....	11
<b>6. SCHLUSSFOLGERUNGEN</b> .....	<b>11</b>
<b>7. DOKUMENTATION</b> .....	<b>12</b>

## 1. Ausgangslage

Seit dem Jahr 2000 hat die Anzahl der PET-CT Einrichtungen und damit auch die Anzahl der Untersuchungen in der Schweiz stark zugenommen. Im Jahre 2000 waren lediglich zwei, Ende 2010 bereits 20 PET-CT Einrichtungen in in Spitälern und Röntgeninstituten in Betrieb. Diese Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen, mittelfristig werden voraussichtlich alle grösseren nuklearmedizinischen Institute mindestens ein PET-CT betreiben.

Aufgrund der hochenergetischen Gammastrahlung, welche durch PET-Nuklide emittiert wird, müssen gegenüber dem Personal, den Patienten sowie der Umwelt hinreichende Strahlenschutzmassnahmen eingehalten werden. Um den Stand des Strahlenschutzes und mögliche Optimierungen beurteilen zu können, hat das BAG im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit in allen Betrieben mit PET-CT-Einrichtungen Strahlenschutz-Audits durchgeführt.

### Anzahl PET Untersuchungen

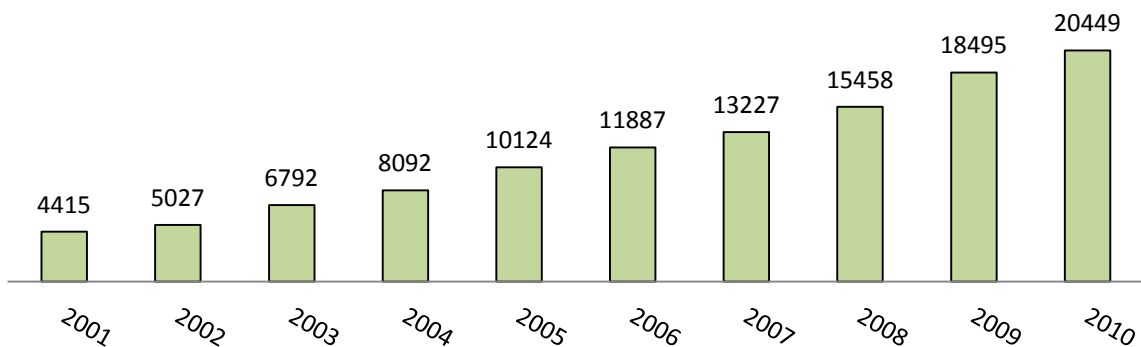


Abbildung 1: Anzahl PET-Untersuchungen in der Schweiz pro Jahr

Der Strahlenschutz wurde in allen in Abbildung 2 aufgeführten Einrichtungen in Instituten und Spitälern überprüft. Es handelt sich dabei um fest installierte PET-CT-Einrichtungen, um eine mobile PET-CT Einrichtung und um eine PET Anlage. Die Karte repräsentiert die Situation in der Schweiz per Ende 2010.



Abbildung 2: Standorte der Einrichtungen

Anlässlich der Audits des BAG wurden die nachfolgenden Strahlenschutzaspekte überprüft. Ziel der Audits war zu prüfen, ob die gesetzlichen Vorgaben und Richtlinien im Strahlenschutz eingehalten werden und ob gegebenenfalls weitere Optimierungen möglich sind.

- Ärztliche Sachkunde (Anwesenheit eines Radiologen und Nuklearmediziners) nach Art.11 und 13 der Strahlenschutzverordnung (StSV)[1];
- Indikation und verwendete Untersuchungsprotokolle (PET, CT);
- Einhaltung der diagnostischen Referenzwerte bei diagnostischen CT (Merkblatt R-06-06)[2];
- Einhaltung der diagnostischen Referenzwerte beim PET-Untersuchungen (Weisung L-08-01)[3];
- Bauliche und Organisatorische Strahlenschutzmassnahmen;
- Überprüfung qualitätssichernden Parameter am CT (Dosisprofil, Genauigkeit der Dosismessung);
- Qualitätskontrolle CT, Umfang und Periodizität der Prüfungen (Weisung R-08-08)[4];
- Qualitätskontrolle PET, Umfang und Periodizität der Prüfungen (Weisung L-09-04)[5];
- Verwendung der PET-CT Einrichtung (PET- Diagnostik, CT-Diagnostik, CT zur Schwächungskorrektur für die PET-Diagnostik).

## 2. Spezifikationen der PET-CT Einrichtungen

In den letzten Jahren haben sich die Hybridgeräte (PET-CT) gegenüber den PET Geräten klar durchgesetzt. Zum Zeitpunkt der Audits war noch lediglich ein PET Gerät in Betrieb. Wie dies auch bei den CT-Geräten in der Radiologie beobachtet wird, werden auch bei PET-CT's Geräte mit immer höheren Zeilenzahlen eingesetzt. Dies bringt unter anderem den Vorteil kürzerer Untersuchungszeiten, kann jedoch auch Auswirkungen auf die Patientendosen haben.

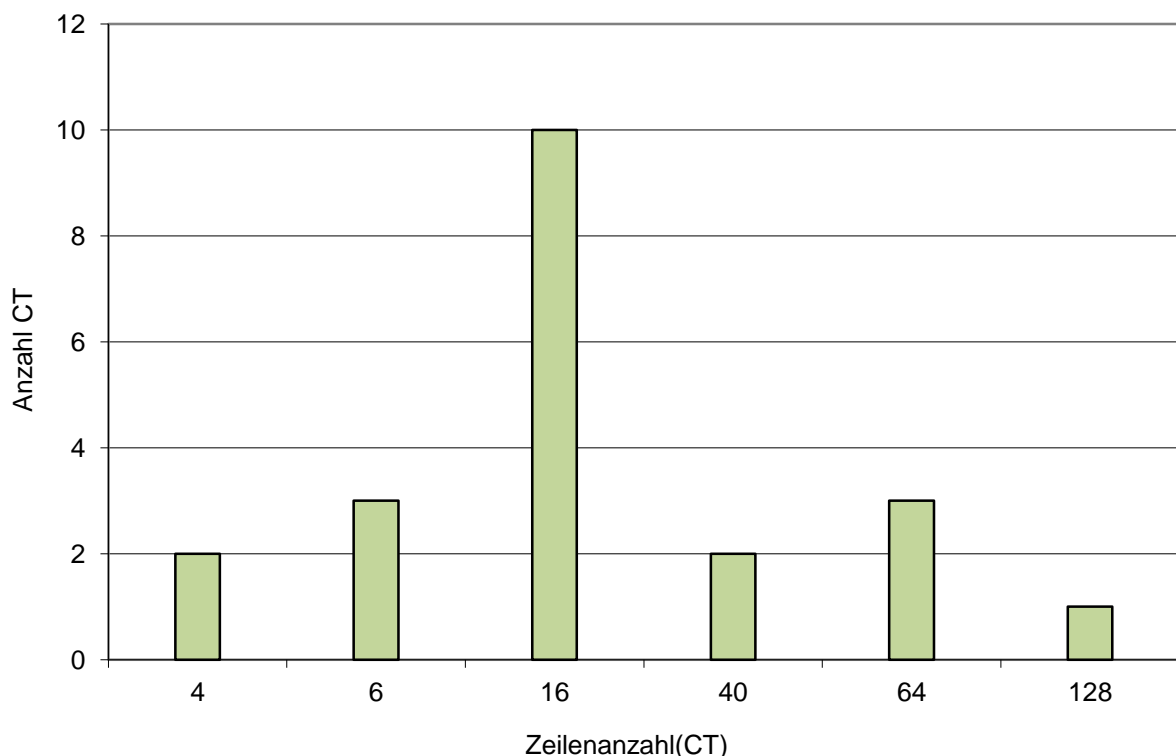


Abbildung 3 : Anzahl Zeilen bei CT-Geräten (Stand 2010)

## 3. Strahlenschutz am Patienten

### 3.1 Uptake Zeit

Im Falle einer FDG-PET-Untersuchung werden je nach Patientengewicht und Gerät (2D oder 3D-Scanner) 150 bis 500 MBq injiziert; anschließend muss der Patient ruhen, damit der Tracer genügend Zeit hat, sich an relevanten Stellen im Körper anzureichern (Uptakephase).

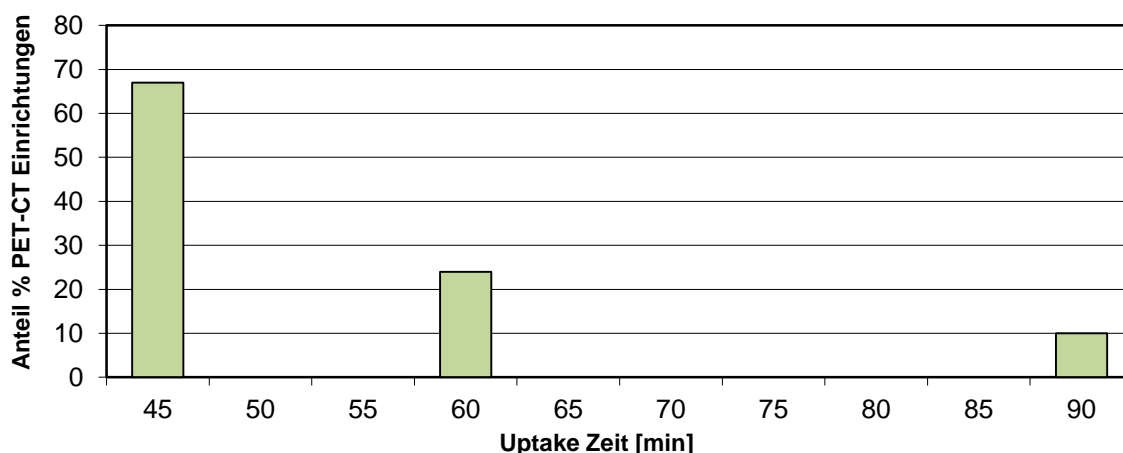


Abbildung 4: Uptake Zeit für F-18 FDG der verschiedenen PET-CT-Einrichtungen

### 3.2 Ruheräume für Patienten

Die Ruheräume der PET-Patienten müssen gegenüber den angrenzenden Räumen ausreichend abgeschirmt werden (Merkblatt L-07-01)[6]. Zwischen einzelnen Ruheräumen muss zum Schutze der Patienten vor zusätzlicher Bestrahlung und des Personal bei kurzzeitigem Aufenthalt eine Ortsdosisleistung von  $25\mu\text{Sv/h}$  eingehalten werden. Ältere Einrichtungen verfügen zum Teil Ruheräume mit mehreren Betten. Bei diesen muss sichergestellt werden, dass die einzelnen Ruheplätze einen Abstand von mindestens 2m voneinander aufweisen, damit der Strahlenschutz gewährleistet werden kann. Ruheräume, welchen auch zur Applikationen genutzt werden, gelten als Arbeitsbereiche und müssen deshalb entsprechend eingerichtet und abgeschirmt werden (VUOS [7], 2. Kapitel).

### 3.3 Radiopharmaka für diagnostische Anwendung

Das meist verwendete Nuklid in der PET ist das radioaktive Isotop F-18. Es wird mit Hilfe eines Zyklotrons hergestellt und kann aufgrund seiner Halbwertszeit von etwa 110 Minuten über etwas weitere Strecken transportiert werden. Es kommt aus diesem Grund bei über 90 % aller PET-Untersuchungen zum Einsatz. Rund 95% der Untersuchungen werden mit dem Radiopharmakon FDG (radioaktiv markierter Zucker) durchgeführt.

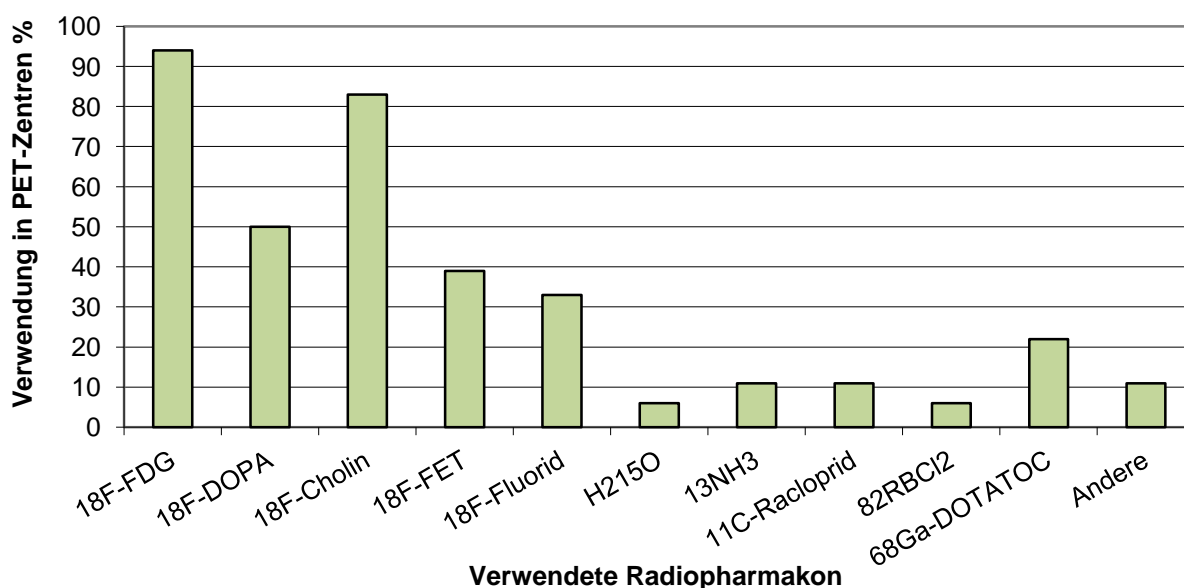


Abbildung 5: Verwendete Radiopharmaka bei PET-CT Zentren

### 3.4 Diagnostische Referenzwerte (DRW) in der Schweiz

In den auditierten Betrieben wurde erfasst, welche Aktivitäten der jeweiligen radiopharmazeutischen Produkte appliziert werden, und ob die Applikationsaktivität in Abhängigkeit mit dem Patientengewicht bestimmt wird. Abb.6 zeigt die in Abhängigkeit des Gewichtes der Patienten verabreichten Aktivitäten an F-18 FDG in den verschiedenen Instituten. Der wesentlichste Unterschied zwischen den Instituten besteht darin, dass einige ein höheres Patientengewicht offensichtlich mit einer verlängerten Messzeit und nicht mit der Erhöhung der Aktivität kompensieren. Ein Unterschied zwischen den verschiedenen Herstellern und auch dem Alter der Anlagen ist nicht erkennbar.

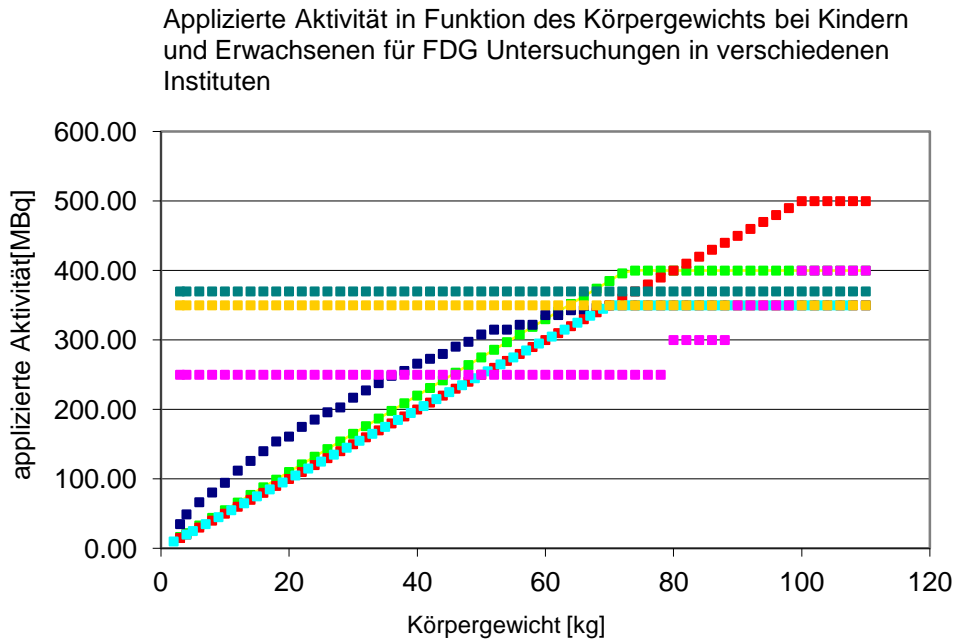


Abbildung 6: Applizierte Aktivität in Abhängigkeit des Gewichtes verschiedener nuklearmedizinischer Institute

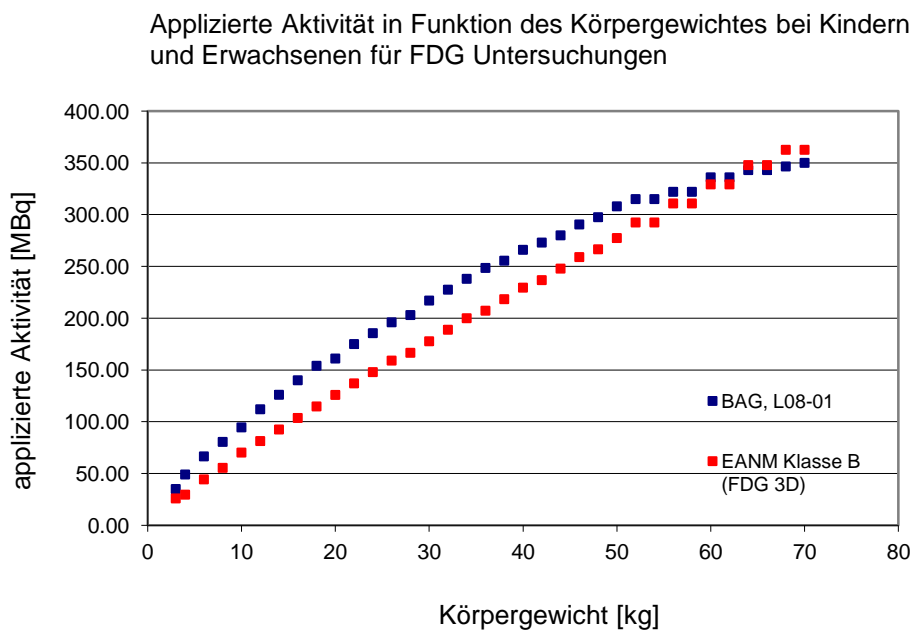


Abbildung 7: Vergleich der diagnostischen Referenzwerte der Schweiz (2006) mit den Empfehlungen der EANM (2010)

Aus Sicht des BAG besteht zwecks Optimierung der applizierten Aktivitäten für PET-Untersuchungen noch Handlungsbedarf. Die DRW-Empfehlungen müssen auch für Patienten über 70kg spezifiziert werden. Eine Erhebung der Daten und die Festlegung aktualisierter DRW wird voraussichtlich im 2012 erfolgen.

#### 4. Schutz des Personals

##### 4.1 Bauliche und organisatorische Massnahmen

Mit den baulichen und organisatorischen Massnahmen für PET-CT Einrichtungen soll sichergestellt werden, dass das Personal und die Umwelt vor ionisierender Strahlung geschützt wird. Die Begrenzungen aller Räume, in welchen sich Patienten während längerer Zeit aufhalten (Scannerraum, Applikationsraum, Ruheraum), müssen so ausgelegt sein, dass die emittierte Strahlung in angrenzenden Räumen unterhalb der geltenden Ortsdosisrichtwerten liegt (VUOS, Anhang 2)[7]. Zur Berechnung der Abschirmungen von PET-Einrichtungen hat das BAG das Merkblatt L-07-01[6] herausgegeben. Bei der Anwendung der empfohlenen Berechnungsgrundlagen kann die Einhaltung der zulässigen Ortsdosisrichtwerte und somit der Personenschutz gewährleistet werden.

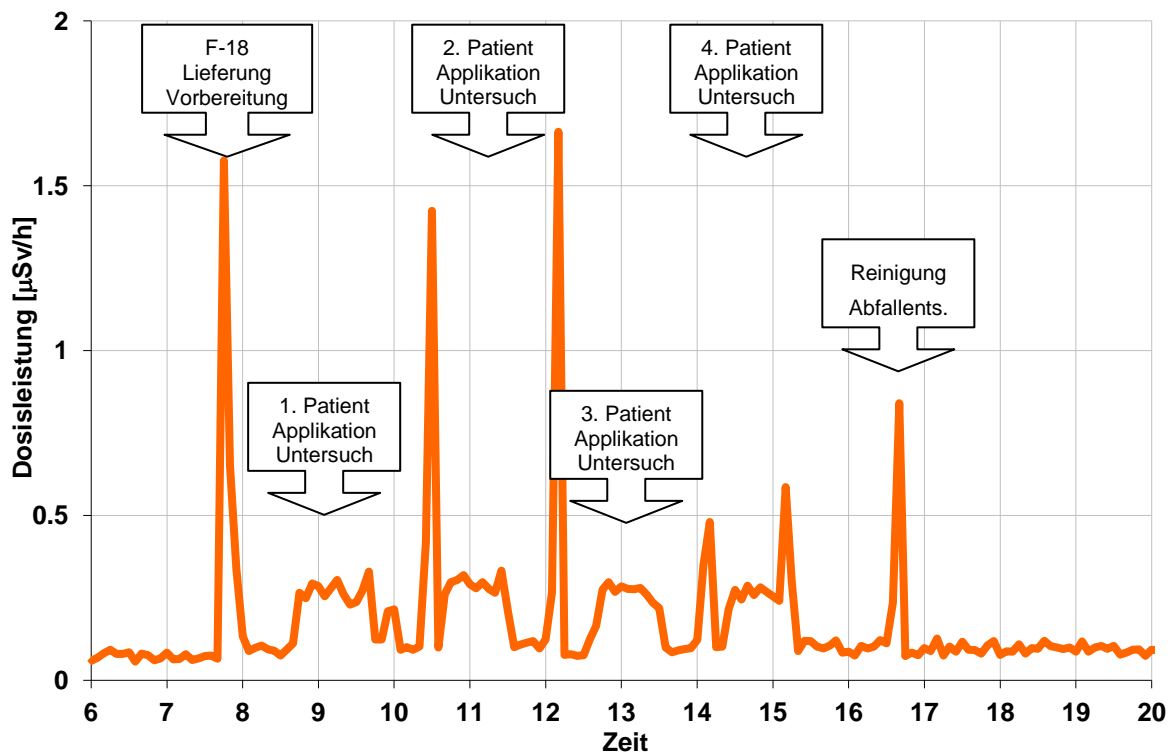


Abbildung 8: Messresultate der Ortsdosisleistung bei einer PET-CT Einrichtung im Aufenthaltsbereich des Personals.

Das BAG prüft die Einhaltung der Ortsdosisrichtwerte bei der Inbetriebnahme von PET-Einrichtungen mittels einer F-18 Strahlenquelle und entsprechenden Dosisleistungs-Messungen oder mittels Aufzeichnung des Dosisleistungsverlaufs während eines Arbeitstages (Abb.8). Falls Überschreitungen festgestellt werden, müssen die betroffenen Bereiche nachträglich abgeschirmt werden. Andere bauliche und organisatorische Massnahmen (z.Bsp. Lüftung, Kontaminationsmessung, Waschgelegenheiten zur Dekontamination der Hände usw.) schützen das Personal vor Kontamination und Inkorporation. Die Überprüfung dieser Anforderungen hat gezeigt, dass bis auf wenige Ausnahmen die gesetzlichen Vorgaben eingehalten werden.

## 4.2 Strahlendosis des beruflich strahlenexponierten Personals in der Nuklearmedizin

### 4.2.1 Ganzkörperdosen

Die Ganzkörperdosen des nuklearmedizinischen Personals sind in der Regel etwas höher als in der diagnostischen Radiologie. Bei der Vorbereitung der radiopharmazeutischen Produkte, bei der Applikation und der Betreuung der Patienten ist das Personal unweigerlich einer erhöhten Dosisleistung ausgesetzt. Die individuellen Jahresdosen liegen aber in der Regel deutlich unterhalb des geltenden Grenzwertes von 20mSv. Dies zeigt, dass sich das Personal der Strahlenschutzproblematik weitgehend bewusst ist, sich entsprechend verhält und die baulichen Abschirmungen ausreichend dimensioniert sind. Durch individuelle organisatorische Optimierungen sind aber durchaus weitere Dosisreduktionen möglich. In Abbildung 9 ist ab dem Jahr 2000 ein zusätzlicher Anstieg der Kollektivdosis zu erkennen, dieser korreliert mit der Entwicklung der PET-Installationen.

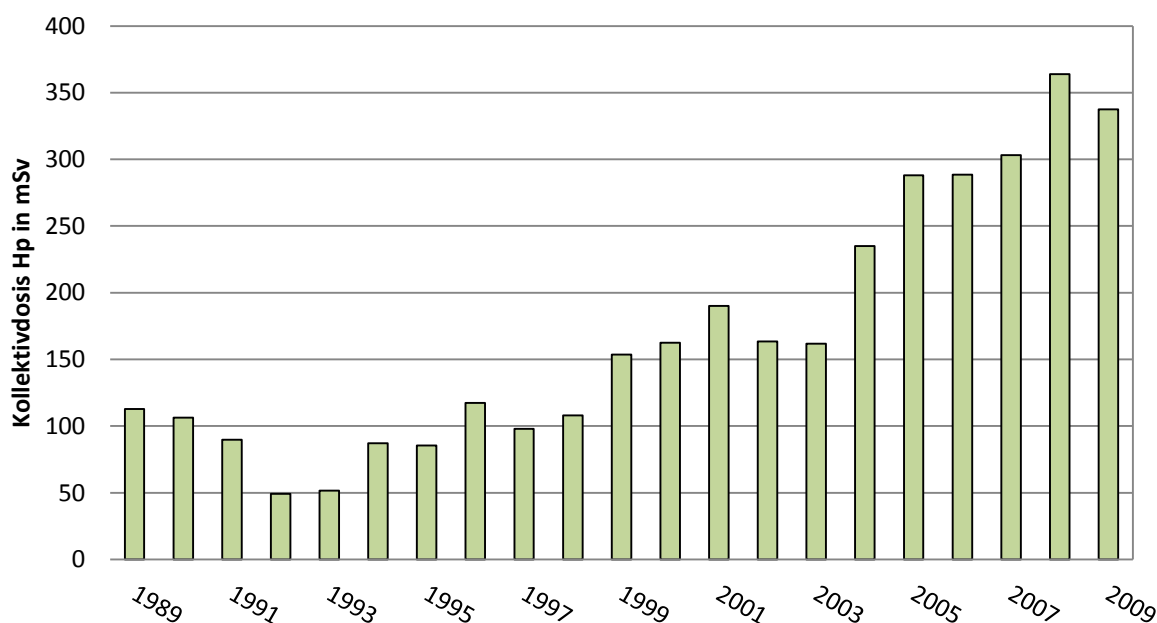


Abbildung 9: Entwicklung der jährlichen Ganzkörper-Kollektivdosis des nuklearmedizinischen Personals

### 4.2.2 Extremitätendosen

Bei der Vorbereitung und Applikation des F-18- Radiopharmakons werden an den Händen nicht zu vernachlässigende Dosen akkumuliert. Durch die emittierte hochenergetische Gammastrahlung der PET-Nuklide treten im Abstand von 10cm Dosisleistungen von bis zu 800mSv/h auf, so dass nach Manipulationen von wenigen Sekunden auch mit der Verwendung von Abschirmungen erhebliche Extremitätendosen resultieren können. Die Erhöhung der PET-Untersuchungen ist sicher mit ein Grund für den Anstieg der Extremitätendosen (Abb.10). Die Extremitätendosen, welche durch die Ringdosimeter erfasst werden, können zudem deutlich unterschätzt werden, da damit nicht die maximale Dosis erfasst wird. Untersuchungen mit mehreren Fingerdosimetern haben ergeben, dass die effektiv akkumulierte maximale Extremitätendosis um den Faktor 5-10 höher sein kann, als dies vom Ringdosimeter registriert wird. Dadurch drängen sich hier Optimierungsmassnahmen auf. Durch den konsequenten Einsatz von Abschirmmaterialien (Spritzen- und Vialabschirmungen aus Wolfram) und distanzverlängernden Hilfsmitteln (Greifer und Pinzetten) oder durch den Einsatz von Halb- oder Vollautomaten zum Aufziehen und Applizieren der Spritzen können die Extremitätendosen verringert werden. Das BAG führt in Betrieben mit hohen Extremitätendosen Untersuchungen durch und erarbeitet in Zusammenarbeit mit dem betroffenen Personal entsprechende Optimierungsmassnahmen. Die Problematik erhöhter Extremitätendosen in der Nuklearmedizin wurde auch im europäischen Projekt ORAMED untersucht, daraus wurden entsprechende Empfehlungen herausgegeben [8].

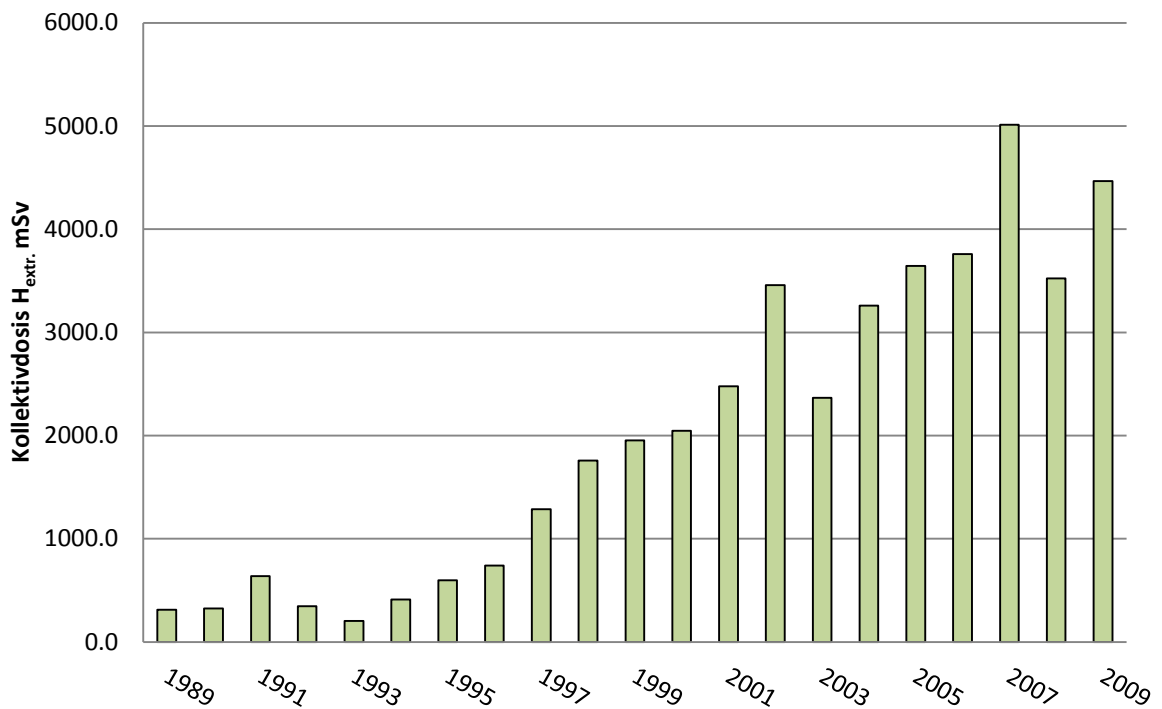


Abbildung 10: Entwicklung der jährlichen Extremitäten-Kollektivdosis in nuklearmedizinischen Betrieben.

#### 4.2.3 Inkorporationsüberwachung

Gemäss Dosimetrieverordnung (DOV)[9] und der Weisung L-06-01[10] muss sich das Personal, welches regelmässig mit PET-Nukliden arbeitet, einer Inkorporations-Triagemessung unterziehen. Für F-18 bedeutet dies gemäss Anhang 10 DOV eine Messung der Ortsdosisleistung am Magen alle 4 Stunden. Die Messschwelle beträgt  $0.1\mu\text{Sv/h}$ . Eine korrekte Bestimmung dieser tiefen Messschwelle erfordert ein geeignetes geeichtes Dosisleistungsmessgerät und einen tiefen Background, welcher innerhalb der nuklearmedizinischen Abteilung schwer einzuhalten ist. Das BAG hat bei den Audits festgestellt, dass die Triagemessungen zur Inkorporationsüberwachung von F-18 gemäss den Vorgaben Anhang 10 DoV nur in den wenigsten Fällen korrekt umgesetzt werden können. Das BAG hat zu diesem Thema eine Studie in Auftrag gegeben welche klären soll, mit welchen Messgeräten und unter welchen Bedingungen eine Inkorporations-Triagemessung beim Umgang mit PET-Nukliden möglich und sinnvoll ist. Mit den Resultaten dieser Abklärungen wird das Merkblatt L-09-03 revidiert und voraussichtlich im 2012 herausgegeben.

### 5. Qualitätsicherung an der PET und CT Einrichtung

Damit eine optimale Bildqualität in der PET-CT Diagnostik gewährleistet werden kann, müssen die komplexen Anlagen laufend gewartet und auf ihren Zustand geprüft werden. In der Regel wird dies durch einen Wartungsvertrag mit der Hersteller- und Installationsfirma sichergestellt. Zusätzlich zur Wartung durch eine Fachfirma werden durch das spitalinterne Personal teils täglich Konstanzprüfungen durchgeführt mit welchen sichergestellt werden kann, dass signifikante Abweichungen sofort erkannt und entsprechende Massnahmen veranlasst werden können.

#### 5.1 Ausgangslage

##### 5.1.1 QS PET

Gemäss der Verordnung über den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen (VUOS) [7], Art. 30 und Anhang 4, sind nuklearmedizinische Untersuchungsgeräte (Gamma- und PET/PET-CT-Kameras) vor der Übergabe zum Betrieb einer vom Lieferanten durchzuführenden Abnahmeprüfung zu unterziehen.



Weiter wird mindestens jährlich eine Wartung mit Zustandsprüfung durch Fachpersonal und die regelmässige Durchführung von Konstanzprüfungen durch den Betreiber verlangt. Diese Prüfungen sind nach internationalen Standards wie NEMA/IEC oder nach äquivalenten Methoden durchzuführen (IEC 61675-1/-2/-3:1998 (E) [11], NEMA NU1-2001/NU2-2001[12]). Mit der Weisung QS Gamma-, PET-, PET-CT Kameras (L-09-04) [5] wurden die durchzuführenden Prüfpunkte unter Berücksichtigung internationaler Normen in enger Zusammenarbeit mit den Installationsfirmen im Detail festgelegt und per 1.2.2008 in Kraft gesetzt.

#### 5.1.2 QS CT

Die Strahlenschutzverordnung vom 22.6.94 legt in Art. 74 fest, dass an medizinischen Röntgenanlagen regelmässig ein Qualitätssicherungsprogramm durchgeführt werden muss. Für Spezialröntgenanlagen (u.a. CT) ist in Art. 22 der Röntgenverordnung der Erlass von Weisungen durch das Bundesamt für Gesundheit vorgesehen. Die Weisung R-08-08[4] regelt den Umfang der QS an CT's sowie die dazu verwendeten Bildwiedergabegeräte (Befund-Monitore).

### 5.2 Prüfpunkte und Beanstandungen

Das BAG hat überprüft, ob die QS-Massnahmen innerhalb der geforderten Periodizitäten und des vorgegebenen Umfangs durchgeführt und protokolliert wurde. Zudem wurden zwei Prüfparameter aus der CT-Zustandsprüfung (Genauigkeit der CTDI/DLP Anzeige und Dosisprofil) nachgemessen.

#### 5.2.1 Abnahmeprüfung PET-Kamera (AP PET)

Bei PET-CT Einrichtungen, welche vor der Inkraftsetzung der Weisung L-09-04 in Betrieb gesetzt wurden, wird lediglich ein Nachweis verlangt, dass eine Abnahmeprüfung gemäss NEMA durchgeführt wurde. Zudem müssen die geforderten Referenzwerte für die Zustands- und Konstanzprüfungen vorliegen. Bei Anlagen, welche später installiert wurden, müssen alle Prüfpunkte der Weisung einhalten und protokolliert sein. Die meisten Beanstandungen resultierten aufgrund fehlender oder unvollständig protokollierter Prüfungen.

#### 5.2.2 Zustandsprüfung PET-Kamera (ZP PET)

Da die Zustandsprüfung in halbjährlicher Periodizität durchgeführt wird, gelten die Anforderungen betreffend Umfang und Protokollierung für alle Einrichtungen. Im Protokoll der drei Zustandsprüfpunkte muss der Prüfwert, der Referenzwert sowie die maximal zulässige Abweichung festgehalten werden. Beanstandet werden musste vor allem die unvollständige Protokollierung der Prüfungen, so werden oft keine Referenz- und Toleranzwerte angegeben.

#### 5.2.3 Konstanzprüfung PET (KP PET)

Die Konstanzprüfung besteht aus den arbeitstäglich durchzuführenden Prüfungen (KP1-4) und der halbjährlichen Überprüfung der Systemkalibrierung mit einem geeigneten Testphantom (KP5). Die täglichen QS-Tests werden in der Regel vor der ersten Untersuchung durch den Betreiber durchgeführt. Nach der Installation einer Prüfeinrichtung wird eine Prüfroutine gestartet und selbständig durchgeführt. Die Resultate werden am Schluss der Überprüfung angezeigt und protokolliert. Die Anforderungen (Referenzwerte und zulässige Abweichungen) richten sich nach Angaben des Herstellers und müssen anlässlich einer Abnahme- oder Zustandsprüfung festgelegt werden. Oft werden die Resultate lediglich mit rot/gelb/grün beurteilt, dies entspricht jedoch nicht den Forderungen der Weisung L-09-04 [5].

Die halbjährliche Überprüfung der Systemkalibrierung hat zum Ziel, dass die Bildqualität durch den Betreiber firmenunabhängig überprüft wird. Wenn dies anlässlich der Zustandsprüfung durch die Installationsfirma erfolgt, kann diese unabhängige Beurteilung nicht gewährleistet werden. Dem Betreiber müssen zur Durchführung von KP5 ein geeignetes Phantom, eine Anweisung zum Vorgehen, Referenzwerte und die maximal zulässigen Abweichungen (P-6 aus der Abnahmeprüfung) zur Verfügung stehen.

Abbildung 11 gibt einen Überblick über die Erfüllung der qualitätssichernden Massnahmen, welche für die PET-Kamera vorgeschrieben sind.

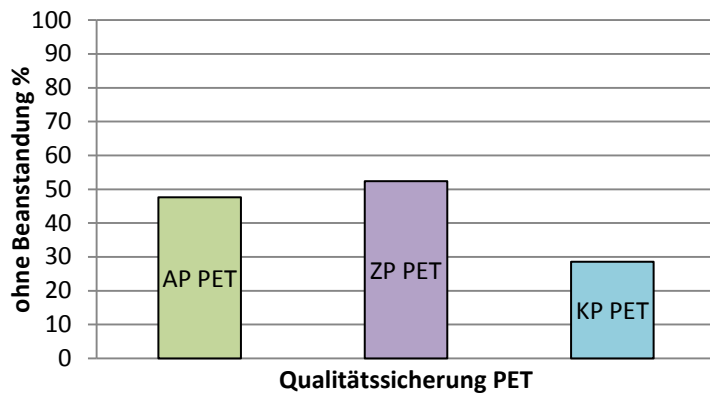


Abbildung 11: Überprüfung der QS-Massnahmen an PET- Einrichtungen

#### 5.2.4 Abnahme- Zustands- und Konstanzprüfung CT (APCT / ZPCT / KPCT)

Die QS am CT richtet sich nach der Weisung R-08-08[4], welche auch für Geräte in der Radiologie und Radioonkologie gilt. Der Prüfumfang ist seit mehreren Jahren festgelegt und wird in der Regel nach den Anforderungen durchgeführt und protokolliert (Abbildung 12).

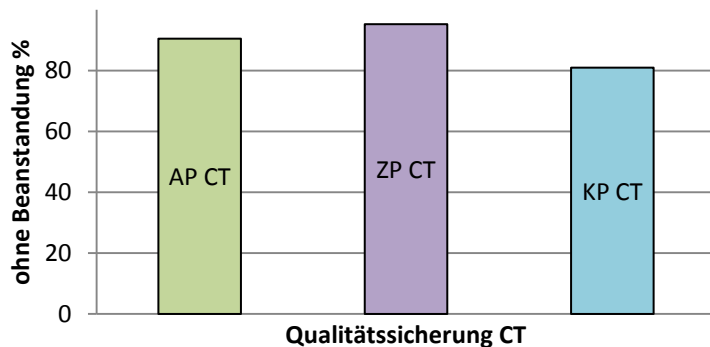


Abbildung 12: Überprüfung der QS-Massnahmen an CT- Einrichtungen

#### 5.2.5 QS Befundmonitore (AP / ZP / KP BWG)

Die QS an den Befundmonitoren richtet sich ebenfalls nach der Weisung R-08-08[4]. Nach einer Abnahmeprüfung (Gemäss DIN 6868–57)[13] vor der Inbetriebnahme muss jährlich eine Zustandsprüfung und wöchentlich eine Konstanzprüfung (SMPTE-Testbild) durchgeführt werden. Dass die Qualität der Befundmonitore überprüft werden muss, ist in der Nuklearmedizin nicht immer bekannt. Oft musste die Durchführung oder die Protokollierung dieser QS nachgefordert werden. Abbildung 13 zeigt den Anteil der Einrichtungen, welche nicht beanstandet werden mussten.

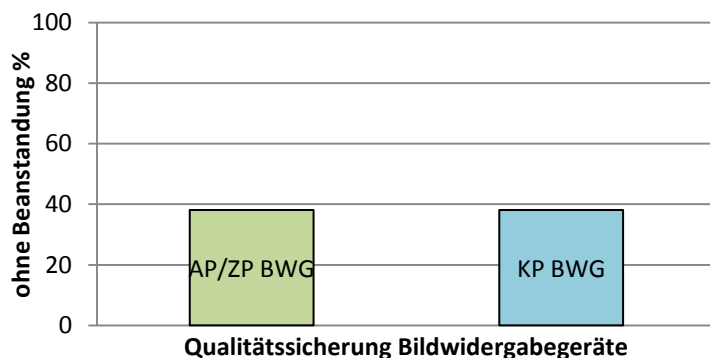


Abbildung 13: Überprüfung der QS-Massnahmen an Befundmonitoren

## 5.2.6 Dosisprofil



Abbildung 14: Filmstreifen mit unterschiedlichen Dosisprofilen

Bei der Überprüfung des Dosisprofils werden unterschiedlich breite Strahlenfelder im Isozentrum auf einem Filmstreifen dargestellt (Abbildung 14) und mit den durch den Hersteller festgelegten zulässigen Abweichungen beurteilt. Beanstandungen zu diesem Prüfpunkt gab es lediglich aufgrund fehlender Protokolle und Referenzwerte.

## 5.2.7 Genauigkeit der CTDI<sub>w</sub> Anzeige

Bei der Überprüfung des CTDI<sub>w</sub> mit einem Schädelphantom für typische Untersuchungstechniken wird der gemessene mit dem angezeigten Wert verglichen. Die Bestimmung des CTDI<sub>w</sub> mit einem Schädelphantom erfordert die Einstellung und Aufnahme eines einzelnen sequentiellen Schnittes von 10mm durch das Phantom. Die Einstellung der nötigen Expositionsparameter im klinischen Modus erwies sich oft als problematisch, da diese in keinem vorgegebenen Untersuchungsprotokoll verfügbar ist. Die maximal zulässige Abweichung beträgt 20%.

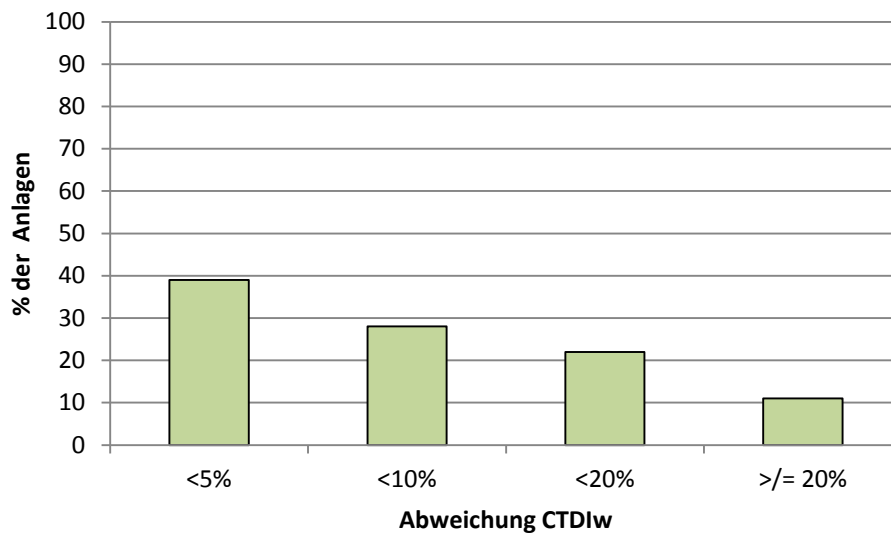


Abbildung 15: Resultate der Überprüfung der CTDI<sub>w</sub> Anzeige

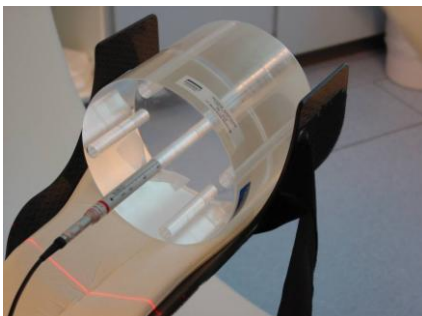


Abbildung 16: Schädelphantom zur Messung des CTDI<sub>w</sub>

## 6. Schlussfolgerungen

Die PET-CT Diagnostik ist für Patienten und Personal eine dosisintensive Anwendung ionisierender Strahlung und stellt damit entsprechend hohe Anforderungen an den Strahlenschutz. Durch die stei-

gende Anzahl von PET-Zentren und Untersuchungen und auch durch die künftig absehbare Verwendung zusätzlicher Radiopharmaka wird das BAG diese Anwendung weiterhin als Schwerpunkt behandeln und die Entwicklung der Dosen für Patienten und Personal beobachten.

## **7. Dokumentation**

- [1] Strahlenschutzverordnung (StSV)
- [2] Merkblatt R-06-06
- [3] Weisung L-08-01
- [4] Weisung R-08-08
- [5] Weisung L-09-04
- [6] Merkblatt L-07-01
- [7] Verordnung über den Umgang mit offenen radioaktiven Strahlenquellen (VUOS)
- [8] ORAMED: Extremity dosimetry in nuclear medicine, Guidelines for reducing dose to the hands during standard nuclear medicine procedures (<http://www.oramed-fp7.eu/>)
- [9] Dosimetrieverordnung (DOV)
- [10] Weisung L-06-01
- [11] IEC 61675-1/-2/-3:1998
- [12] NEMA NU1-2001/NU2-2001
- [13] DIN 6868–57