

# Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz

**Erhebung von Häufigkeit und Dosis für nuklearmedizinische  
Untersuchungsverfahren - Vorhaben 3608S04003**

**Auftragnehmer:  
Städtisches Klinikum Braunschweig gGmbH**

**M. Borowski**

**Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) durchgeführt.**

Dieser Band enthält einen Ergebnisbericht eines vom Bundesamt für Strahlenschutz im Rahmen der Ressortforschung des BMU (UFOPLAN) in Auftrag gegebenen Untersuchungsvorhabens. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autoren. Das BfS übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung ganz oder teilweise vervielfältigt werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der des BfS übereinstimmen.

**BfS-RESFOR-82/13**

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:  
**urn:nbn:de:0221-2013090311029**

Salzgitter, September 2013



Klinikum  
Braunschweig

Ärztliche Stelle Niedersachsen/Bremen  
nach §17a RöV und §83 StrlSchV der Ärztekammer Niedersachsen

# Abschlussbericht

zum

UFO-Plan Vorhaben 582: S24003

Erhebung von Häufigkeit und Dosis

für

nuklearmedizinische

Untersuchungsverfahren

Braunschweig, den 15.01.2011



Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung  
des Auftragnehmers wieder und muss nicht  
mit der Meinung des Auftraggebers  
(Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und  
Reaktorsicherheit)  
übereinstimmen.



## Kurzzusammenfassung

Die nuklearmedizinische Diagnostik ist, genauso wie andere Bereiche medizinischer Diagnostik, einem ständigen Wandel unterworfen. Dieses hat zur Folge, dass einmal gewonnene Kenntnisse über Untersuchungshäufigkeiten sowie im Zusammenhang mit Untersuchungen applizierte Aktivitäten nicht auf Dauer gültig bleiben. Die aktuelle Situation der Untersuchungshäufigkeit sowie der applizierten Aktivitäten wurde im Rahmen der vorliegenden vom BfS im Jahr 2008 in Auftrag gegebenen Studie untersucht.

Die Studie wurde als Multi-Center-Studie durchgeführt, in die Daten aus 48 nuklearmedizinischen Einrichtungen (23 Praxen / 25 Krankenhäuser) einfließen. Die Basis der Analyse bilden die gelisteten Daten sämtlicher nuklearmedizinischen Untersuchungen der Jahre 2007 und 2008 der teilnehmenden Einrichtungen. Neben aggregierten Daten zu organbezogenen Untersuchungshäufigkeiten und aus den Untersuchungen resultierenden effektiven Dosen wurden im Detail einzelne Untersuchungen mit ihren statistischen Größen untersucht. Darüber hinaus wurde die altersabhängig applizierte Aktivität sowie die mit Untersuchungen einhergehende Bildqualität an exemplarischen Untersuchungen betrachtet. Das letzte Halbjahr des Studienzeitraums fiel mit dem ersten Halbjahr der Mo/Tc-Nuklidknappheit zusammen. Die Auswirkung der Knappheit auf die Diagnostik in den untersuchten nuklearmedizinischen Einrichtungen wurde betrachtet.

In Bezug auf die Untersuchungshäufigkeiten zeigte sich insbesondere, dass sich im Zeitraum zwischen der letzten größeren Erhebung mit entsprechender Fragestellung und dieser Studie die Zusammensetzung an Untersuchungen teilweise deutlich geändert hat. Lungen- und Nieren-Untersuchungen haben an relativer Häufigkeit deutlich abgenommen, Ganzkörper (PET)-Diagnostik sowie Sentinel-Lymphknoten-Diagnostik hat deutlich zugenommen.

Die Spanne von im Zusammenhang mit Untersuchungen applizierter Aktivität ist auch 5 Jahre nach Einführung der Diagnostischen Referenzwerte für die Nuklearmedizin zwischen unterschiedlichen Einrichtungen groß. Das Ziel, die Diagnostischen Referenzwerte als Richtwerte einzuführen, scheint bislang nicht gelungen zu sein. Bei Untersuchungen an Kindern wird im Mittel eine Aktivität appliziert, die gut im Einklang mit den Empfehlungen der EANM ist. Im Einzelfall gibt es gleichwohl z.T. große Abweichungen. Die Unterschiede in der Aktivität, die im Zusammenhang mit Untersuchungen appliziert wird, scheinen nicht durch andere Aufnahmeparameter kompensiert zu werden. Es ist somit nahe liegend, dass Untersuchungen gleicher Fragestellung, die in unterschiedlichen Einrichtungen durchgeführt werden, Aufnahmen mit deutlich unterschiedlicher Bildqualität zur Folge haben.

In Folge der Mo/Tc-Nuklidknappheit hat die Anzahl an Untersuchungen sowie die Gesamtmenge applizierter Aktivität deutlich abgenommen. Ein Wechsel auf Untersuchungen unter Verwendung anderer Nuklide wurde nicht festgestellt. Es scheint darüber hinaus, dass auf die Knappheit nicht mit einer Verringerung der im Zusammenhang mit Untersuchungen applizierten Aktivität reagiert wurde. Vielmehr scheint es, dass Untersuchungen, die einen hohen Aktivitätsbedarf haben, systematisch weniger durchgeführt wurden. Allgemein scheinen die Auswirkungen auf den stationären Bereich größer als auf den ambulanten zu sein.

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Konzeption und Durchführung der Erhebung und Datenanalyse	7
2.1. Konzeption der Studie und des Datensatzes	7
2.1.1. Das Datenfeld „Organsystem“	9
2.1.2. Die Datenfelder „Nuklid“ und „Radiopharmakon“	10
2.1.3. Das Datenfeld „applizierte Aktivität“	10
2.1.4. Die Datenfelder „Untersuchungsart“ und „Fragestellung“	11
2.2. Die Datenerhebung	12
2.2.1. Die Kontaktaufnahme	12
2.2.2. Die Datenerhebung	13
2.2.3. Probleme bei der Datenerhebung	13
2.3. Die Datenaufbereitung	14
2.4. Die Datenanalyse	14
3. Datenbasis	15
4. Resultate	17
5. Zusammenfassung und kritische Reflektion	64
6. Literatur	68
Anlage I. Informationsschreiben zur Studie	69
Anlage II. Informationsschreiben zur Studie	71
Anlage III. Beispiel einer Datenerhebungstabelle	72
Anlage IV. Dosiskonversionsfaktoren	73
Anlage V. Häufigkeit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme bei ausgewählten Personengruppen	74
Anlage VI. Effektive Dosis bei der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme bei ausgewählten Personengruppen	81
Anlage VII. Statistische Daten zu ausgewählten Standarduntersuchungen	87
Anlage VIII. Statistische Daten zu Untersuchungen unter Verwendung von Tc-99m, Tl-201, F-18, I-123 bzw. In-111 in der nuklearmedizinischen Diagnostik	93
Anlage IX. Statistische Daten zu Untersuchungen unter Verwendung von Tc-99m sowie F-18 in der nuklearmedizinischen Diagnostik	97

# 1. Einleitung

Die nuklearmedizinische Diagnostik ist, genauso wie andere Bereiche medizinischer Diagnostik, einem ständigen Wandel unterworfen. Alte Untersuchungstechniken verlieren an Bedeutung, neue Techniken mit erweiterten, verbesserten Möglichkeiten treten an ihre Stelle. Gleichmaßen führt der Fortschritt im Bereich der Radiopharmaka zu sich ändernden Tracern mit geänderten Möglichkeiten und Auswirkungen, zum Beispiel auf die mit Untersuchungen einhergehende Strahlenexposition von Patienten.

Den Änderungen in der Nuklearmedizin überlagert ist der diagnostische Fortschritt, der in anderen Bereichen, insbesondere innerhalb der Röntgendiagnostik, stattfindet, sowie geänderte Anforderungen, die sich durch neue gesundheitspolitische Ausrichtungen, z.B. im Bereich der Brustkrebsfrüherkennung, ergeben. Der Fortschritt in allen Bereichen führt im Wettbewerb der unterschiedlichen diagnostischen Möglichkeiten dazu, dass sich über einen längeren Zeitraum betrachtet die Zusammensetzung an Untersuchungen mit unterschiedlichen Fragestellungen in der Nuklearmedizin ändert. Die geänderte gesundheitspolitische Orientierung führt gleichermaßen zu Änderungen, z.B. zum vermehrten Auftreten der Sentinel-Lymphknoten-Diagnostik.

Seit dem zweiten Halbjahr 2008 steht die Nuklearmedizin einer neuen, bis dahin nicht aufgetretenen Herausforderung gegenüber – der Knappheit an Tc-99m, dem Hauptnuklid der nuklearmedizinischen Diagnostik. Der Mangel an dem für viele diagnostische Verfahren benötigten Nuklid macht es notwendig, dass sich nuklearmedizinische Diagnostiker in ihrem Untersuchungsverhalten neu orientieren.

Die oben aufgeführten Einflussfaktoren führen dazu, dass eine einmal gewonnene Erkenntnis über die Situation und die in der Nuklearmedizin durchgeführten Untersuchungen nicht auf Dauer Bestand hat. Es ist vielmehr notwendig, regelmäßig den aktuellen Stand der nuklearmedizinischen Diagnostik zu erheben, um einen jeweils aktuellen Überblick über die bestehende Situation in diesem Gebiet zu erhalten. Die letzte Erhebung mit dieser Zielstellung wurde für den Zeitraum 1996-2000 von der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin an der LMU München unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. K. Hahn durchgeführt [1,2].

Ein weiterer Punkt bedarf einer regelmäßigen Überprüfung und einer darauf aufbauenden Anpassung. In der Nuklearmedizin gibt es basierend auf einer Forderung der 97/43/EURATOM [3] Diagnostische Referenzwerte (DRW) [4]. Die DRW der Nuklearmedizin sind Richtwerte für die jeweils zu applizierende Aktivität eines Radiopharmakons für häufige Untersuchungen. Anders als im Bereich der Röntgendiagnostik sind die DRW der Nuklearmedizin damit keine oberen Schwellwerte, die im Mittel zu unterschreiten sind, sondern Werte für die zu applizierende Aktivität, die mit einer geringen Abweichung (kleiner 10%) für einen Standardpatienten mit 70 kg Körpergewicht eingehalten werden sollen. Größere Abweichungen sind nur bei Kindern oder extrem korpulenten Personen zulässig.

Die aktuell gültigen DRW der Nuklearmedizin wurden seinerzeit von einem Expertengremium unter Berücksichtigung der Arbeit von Herrn Prof. Hahn festgelegt. DRW sollen nach der Idee der 97/43/EURATOM regelmäßig aktualisiert und damit dem Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden [3].

In 2008 wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) ein Ressortforschungsvorhaben unter der Kennnummer S40003 ausgeschrieben. Innerhalb dieses Vorhabens sollte die aktuell bestehende Situation in der Nuklearmedizin in Deutschland erhoben werden. Weiterhin sollten aktuell applizierte Aktivitäten sowie Untersuchungshäufigkeiten als Basis für eine Revision der DRW erhoben werden. Das Vorhaben wurde federführend von der Städtisches Klinikum Braunschweig gGmbH in Zusammenarbeit mit Herrn Dr. Dieter Saure und Herrn Dr. Wolfgang Pethke von der Ärztlichen Stelle Niedersachsen / Bremen durchgeführt. Neben dem Kern-Projektteam haben zahlreiche weitere

Nuklearmediziner aus Kliniken und Praxen, nicht zuletzt durch die Bereitstellung der für die Erhebung benötigten Daten, wesentlich gestaltend in dem Vorhaben mitgewirkt. Das vorliegende Dokument ist der Abschlussbericht dieses Vorhabens.

Im Folgenden, zweiten Kapitel des Abschlussberichtes wird die Konzeption und Durchführung der Datenerhebung sowie die Datenaufbereitung vorgestellt. Es ist das Ziel, dem Leser des Abschlussberichtes zu ermöglichen, das Vorgehen nachzuvollziehen und eine eigene, unabhängige Bewertung der Daten zu ermöglichen. Im dritten Kapitel wird die Datenbasis dargestellt, im vierten Kapitel werden Resultate der Datenanalyse vorgestellt. Das Kapitel fünf enthält eine Zusammenfassung sowie kritische Bewertung der Limitationen des Vorhabens. In den Anlagen sind insbesondere die Tabellen mit den statistischen Werten zusammengefasst, die im vierten Kapitel als Graphiken visualisiert sind.



## 2. Konzeption und Durchführung der Erhebung und Datenanalyse

### 2.1. Konzeption der Studie und des Datensatzes

Gemäß dem Auftrag des BfS basiert die Studie auf den Daten sämtlicher Untersuchungen der nuklearmedizinischen Einrichtungen aus einem Zeitraum von zwei Jahren.

Der Untersuchungszeitraum ist für alle teilnehmenden nuklearmedizinischen Einrichtungen mit einer Ausnahme auf den Zeitraum der Kalenderjahre 2007 und 2008 synchronisiert. Für eine Praxis, die erst in 2007 gegründet wurde, wurde in Abstimmung mit dem BfS abweichend ein Zeitraum von Mai 2007 bis April 2009 untersucht. Soweit im Folgenden nicht explizit erwähnt, werden die Daten dieser Praxis zeitlich an den sonstigen Erhebungszeitraum angeglichen. Das heißt, die Daten der Praxis aus dem zweiten Quartal 2007 werden zusammen mit den Daten des ersten Quartals 2007 der anderen Einrichtungen analysiert. Bei der Untersuchung der Auswirkungen der Mo/Tc-Nuklidknappheit wurde diese Praxis aufgrund des gegenüber den anderen Einrichtungen verschobenen Untersuchungszeitraums nicht berücksichtigt.

Einschränkend hierzu wurde von einer Klinik ein verringerter Datensatz aus dem Zeitraum Januar 2007 bis Oktober 2008 zur Verfügung gestellt. Die Klinik erbringt in den anderen in der Studie analysierten Monaten etwa 1,3% der ambulanten und etwa 4% der stationären Leistungen des analysierten Kollektivs.

Aus zwei weiteren Kliniken wurden Informationen über Schilddrüsenuntersuchungen für einen verkürzten Zeitraum zur Verfügung gestellt, in einem Fall ab Mai 2007 im anderen Fall ab Dezember 2007. Die erste Klinik erbringt in den sonstigen Monaten etwa 1,2% der ambulanten und 1,2% der stationären Schilddrüsenuntersuchungen. Die zweite Klinik erbringt in den sonstigen Monaten etwa 0,8% der ambulanten und 1,6% der stationären Schilddrüsenuntersuchungen.

In Abstimmung mit dem BfS sowie einigen der teilnehmenden Kliniken bzw. Praxen wurden die in Tabelle 1 aufgelisteten Parameter für die Erhebung ausgewählt.

1. Geschlecht des Patienten
2. Alter des Patienten
3. Krankenversicherungsstatus
4. Aufnahmestatus
5. Institution
6. untersuchtes Organsystem
7. Nuklid
8. Radiopharmakon
9. applizierte Aktivität
10. Untersuchungsdatum
11. Untersuchungsart
12. Fragestellung
13. Gewicht des Patienten
14. Aufnahmeparameter

**Tabelle 1:** Parameter der nuklearmedizinischen Untersuchungen, die im Rahmen der Studie erhoben wurden

Die unter den Nummern 1 bis 10 aufgeführten Parameter waren im Sinne der Studie obligat, die Parameter nach den Nummern 11 bis 14 waren fakultativ. Im Verlauf der Studie hat sich herausgestellt, dass der Parameter „Gewicht“ von so wenigen nuklearmedizinischen Einrichtungen bereitgestellt werden konnte, dass eine sinnvolle Analyse unter Einbeziehung dieses Parameters nicht möglich war.

Im Folgenden sind kurz Informationen zur Motivation zusammengestellt, mit der einige der unterschiedlichen Parameter erhoben wurden:

1. Der Krankenversicherungsstatus nach Nummer 3 der Tabelle 1 wurde aus einer Motivation in die Erhebung aufgenommen, die bislang noch nicht als Zielstellung der Studie genannt wurde. Sie steht im Zusammenhang mit der „Kollektivdosis“ aus Röntgen und nuklearmedizinischer Diagnostik, die jährlich vom BfS für Deutschland veröffentlicht wird. Die Kollektivdosis dient als Richtwert für die Höhe der Strahlenexposition, die aus den diagnostischen Verfahren in Summe resultiert. Die Kollektivdosis wird im Wesentlichen auf der Basis von Abrechnungsziffern für ärztliche Leistungen berechnet. Die Anzahl erbrachter Leistungen im ambulanten, vertragsärztlichen Sektor wird von der Kassenärztlichen Bundesvereinigung dem BfS regelmäßig zur Verfügung gestellt. Sie liegen für die Berechnung der Kollektivdosis vor. Entsprechende Daten aus dem Bereich der privat versicherten Personen sind hingegen nur mit großer Unsicherheit verfügbar.

Die Information nach Nummer 3 ermöglicht es, den relativen Anteil an privat versicherten Personen abzuschätzen, die eine konkrete Untersuchung erhalten.

Die Information über den Aufnahmestatus, ambulant oder stationär, nach Nummer 4 ist ebenso hilfreich, die Unsicherheit bei der Berechnung der Kollektivdosis zu verringern.

2. Die Untersuchungsart nach Nummer 11 der Tabelle beinhaltet Informationen über die Art, in der ein Organsystem nach Nummer 6 untersucht wurde. Es ist auf diese Weise möglich, zu unterscheiden, ob z.B. eine Myokard-Untersuchung als Ein- oder Zweitagsprotokoll durchgeführt wurde.
3. Die Fragestellung nach Nummer 12 der Tabelle wurde verwendet, um Untersuchungen eines Organsystems zu unterscheiden, die in Abhängigkeit der Fragestellung mit unterschiedlicher Aktivitätsmenge durchgeführt werden, z.B. Untersuchungen des Skeletts zur Beantwortung der Frage nach einem benignen bzw. malignen Prozess.
4. Der Parameter „Gewicht des Patienten“ nach Nummer 13 der Tabelle sollte es ermöglichen, zu analysieren, inwieweit bei Untersuchungen gewichtsadaptiert die Aktivitätsmenge appliziert wird. Ein derartiges Vorgehen ist in den DRW aktuell nur für Patienten bis zu einem oberen Gewicht von 70 kg, im Wesentlichen für Kinder, vorgesehen. Eine Staffelung bei Personen höheren Gewichts ist nicht explizit vorgesehen.  
Nachdem nur von wenigen nuklearmedizinischen Einrichtungen der Parameter „Gewicht“ zur Verfügung gestellt werden konnte, wurde für die Datenanalyse das Gewicht von Patienten anhand der Tabellen nach [5] abgeschätzt. Das anhand der Tabellenwerte altersabhängig berechnete Gewicht wurde verwendet, um die gewichtsadaptierte Applikation von Aktivität bei Kindern (s. 4.2) zu untersuchen.
5. Unterschiedliche applizierte Aktivitätsmengen resultieren erwartungsgemäß in einer unterschiedlichen Bildqualität, da die Aktivität direkt Einfluss auf die Anzahl an Strahlungsquanten am Bilddetektor hat. Die Aktivität ist jedoch nicht der einzige Einflussfaktor auf die Bildqualität. Ein anderer, offensichtlicher Einflussfaktor ist die Aufnahmezeit.

Innerhalb der Studie wurden ergänzend zu den Parametern, die für jede Untersuchung erhoben wurden, global

#### 5.1. die Vorschubgeschwindigkeit bei Skelett Ganzkörper-Szintigrammen

5.2. die Abbruchbedingung für Schilddrüsen-Szintigramme mit Tc-99m-Per technet

5.3. die Standzeit sowie der Abstand der Winkelpositionen bei SPECT-Untersuchungen

als Parameter nach Nummer 14 der Tabelle 1 erhoben. Es war das Ziel, anhand der Aufnahmeparameter abzuschätzen, ob nuklearmedizinische Einrichtungen, die mit unterschiedlichen Aktivitätsmengen für eine konkrete Untersuchung arbeiten, letztlich Bilddaten befunden, die mit einer ähnlich hohen Anzahl an Strahlungsquanten erzeugt werden. Oder ob unterschiedliche nuklearmedizinische Einrichtungen Bilddaten verwenden, die wahrscheinlich mit einer deutlich unterschiedlichen Anzahl an Strahlungsquanten erzeugt wurden.

### 2.1.1. Das Datenfeld „Organsystem“

Folgende Organsysteme nach Nummer 2 der Tabelle 1 wurden bei der Erhebung unterschieden:

1. Schilddrüse
2. Skelett
3. Herz
4. Lunge
5. Ganzkörper
6. Nieren
7. Gehirn
8. Leber / Galle
9. Lymphatisches System
10. Nebenschilddrüsen
11. Gastrointestinaltrakt
12. Nebennieren
13. Speicheldrüse
14. ZNS
15. sonstige

**Tabelle 2:** Organsysteme, die im Rahmen der Studie berücksichtigt wurden

Das Organsystem „Ganzkörper“ wird gewählt, wenn eine Untersuchung nicht auf ein spezifisches Organsystem abzielt, sondern im Ganz- oder Teilkörper nach entsprechenden Herden sucht, z.B. bei Entzündungsszintigraphien oder PET-Untersuchungen mit onkologischer Fragestellung.

Unter dem Organsystem „Lymphatisches System“ sind sowohl Funktions-Lymphszintigraphien wie auch Sentinel-Lymphknoten-Diagnostik enthalten. Eine Unterscheidung der beiden Untersuchungen ist anhand des Feldes „Fragestellung“ möglich.

### 2.1.2. Die Datenfelder „Nuklid“ und „Radiopharmakon“

In der Datenerhebung wurden sämtliche Nuklide und Radiopharmaka, die von nuklearmedizinischen Einrichtungen verwendet werden, separat betrachtet.

Folgende Nuklide nach Nummer 7 der Tabelle 3 wurden bei der Erhebung unterschieden:

1. Tc-99m	2. Tl-201	3. I-131	4. F-18	5. Cr-51	6. Se-75
7. Ga-67	8. I-123	9. In-111	10. Ga-68	11. Xe-133	12. Lu-177
13. C-11	14. Co-57	15. Re-186	16. Er-169	17. Sm-153	18. Y-90
19. C-14	20. N-13	21. Fe-59	22. I-124	23. Re-188	24. Kr-81m
25. O-15					

**Tabelle 3:** Nuklide, die im Rahmen der Studie berücksichtigt wurden

Es wurden in Summe über 100 unterschiedliche Radiopharmaka in den Einrichtungen verwendet, die an der Studie mitwirken. Bei der Analyse der verwendeten Radiopharmaka wurden vom Wirkstoff her ähnliche Pharmaka, z.B. die Tc-99m-Phosphate HDP, MDP und DPD zusammengefasst.

Bei der Datenaufbereitung und –analyse wurden Radiopharmaka, die mit einer Häufigkeit von weniger als 0,5% zur Untersuchung eines Organsystems verwendet werden und weniger als 0,5% zur effektiven Dosis beitragen als „sonstige“ zusammengefasst.

### 2.1.3. Das Datenfeld „applizierte Aktivität“

Die bei nuklearmedizinischen Untersuchungen applizierte Aktivität ist eine der zentralen Erhebungsgrößen dieser Studie. Alle DRW basieren auf den applizierten Aktivitäten. Zudem wird anhand der applizierten Aktivität die mit den unterschiedlichen Untersuchungen verbundene Strahlenexposition der Patienten berechnet. Es ist daher von besonderer Bedeutung, sicherzustellen, dass die in der Analyse verwendete Aktivität möglichst genau der in einer nuklearmedizinischen Einheit applizierten Aktivität entspricht.

In nuklearmedizinischen Einrichtungen wird die im Zusammenhang mit einer nuklearmedizinischen Untersuchung applizierte Aktivität unterschiedlich dokumentiert. Bei den nuklearmedizinischen Einrichtungen, die bei dieser Studie mitwirken, treten mit ggf. leichten Abwandlungen, die folgenden Vorgehensweisen zur Dokumentation der applizierten Aktivität auf:

- a) Es wird die Aktivität dokumentiert, die präpariert wurde. Die Applikation findet zu einem späteren Zeitpunkt statt, wobei der bis dahin auftretende Zerfall des Nuklids nicht in der Dokumentation berücksichtigt wird.

Bei dieser Art der Dokumentation wurde bei der Datenanalyse der dokumentierte Wert der Aktivitätsmenge um einen Anteil an Aktivität, der nach der Applikation in der Spritze verbleibt, angenommene 6%, sowie einen Anteil, der zwischen Präparation und Applikation zerfällt, korrigiert. Für die Berechnung des Zerfallsanteils wurde die mittlere Zeit zwischen Präparation und Applikation erfragt.

- b) Es wird bei der Dokumentation der Aktivität der Nuklidzerfall bis zu dem Zeitpunkt berücksichtigt, zu dem die Applikation erfolgen soll. Eine Rückmessung der in der Spritze verbleibenden Aktivität findet nicht statt.

Bei dieser Art der Dokumentation wurde bei der Datenanalyse der dokumentierte Wert der Aktivitätsmenge um einen Anteil an Aktivität, der nach der Applikation in der Spritze verbleibt, angenommene 6%, korrigiert.

- c) Es wird die applizierte Aktivität dokumentiert, die sich aus der präparierten Aktivitätsmenge, dem Präparations- und Applikationszeitpunkt sowie der in der Spritze verbliebenen Aktivitätsmenge ergibt.

Bei dieser Art der Dokumentation wurde bei der Datenanalyse die dokumentierte Aktivität ungeändert übernommen.

- d) Es werden Zielwerte der zu applizierenden Aktivität dokumentiert. Die präparierte Aktivität liegt in einem vor Ort definierten Bereich um diesen Zielwert, z.B.  $\pm 5\%$ . Die konkret bei einem Patienten verwendete Aktivität ist nicht bekannt oder nur mit unverhältnismäßig großem Aufwand verfügbar. Letzteres trifft z.B. zu, wenn die Aktivität nur durch direkten Zugriff auf jede einzelne Patientenakte im Archiv zu erhalten ist. Diese Form der Dokumentation besteht für den Grossteil der dort durchgeführten Untersuchungen bei 9 nuklearmedizinischen Einrichtungen innerhalb der Studie.

Bei dieser Art der Dokumentation wurde bei der Datenanalyse von dem Zielwert der Aktivität ausgegangen. Die applizierte Aktivität wurde unter Berücksichtigung des Vorgehens vor Ort ausgehend von diesem Basiswert nach dem Algorithmus nach a) - c) korrigiert.

Bei einer Dokumentation der mit einer Untersuchung im Zusammenhang stehenden Aktivität nach a), b) und d) weicht die bei einem konkreten Patienten applizierte Aktivität konzeptionell von der dokumentierten Aktivität ab. Die gemäß obigen Angaben korrigierte „applizierte Aktivität“ liegt erwartungsgemäß dabei im Bereich von  $\pm 5\%$  um die real applizierte Aktivität. Der Mittelwert der korrigierten Aktivität weicht bei mehr als 10 Untersuchungen einer in der Analyse betrachteten Gruppe erwartungsgemäß um weniger als 1,6% von der real applizierten Aktivität ab.

#### 2.1.4. Die Datenfelder „Untersuchungsart“ und „Fragestellung“

Bei der Untersuchung einiger Organsysteme ist die applizierte Aktivität von der Untersuchungsart bzw. der Fragestellung der Untersuchung abhängig.

Folgende Untersuchungsarten nach Nummer 11 Tabelle 1 wurden bei der Erhebung unterschieden:

Untersuchungsart	bei Organsystem
Ventilation / Perfusion	Lunge
Statische / sequenzielle Szintigraphie	Niere
Eintagesprotokoll / Zweitagesprotokoll	Herz

**Tabelle 4:** Untersuchungsarten, die im Rahmen der Studie berücksichtigt wurden

Folgende Fragestellungen nach Nummer 12 Tabelle 1 wurden bei der Erhebung unterschieden:

1. benigner Prozess
2. maligner Prozess
3. Blutung
4. Passage
5. Entzündung
6. Perfusion (Gehirn)
7. Rezeptoren (Gehirn)
8. Ventrikulographie
9. Ejektionsfraktion
10. sonstige

**Tabelle 5:** Fragestellungen, die im Rahmen der Studie berücksichtigt wurden

## **2.2. Die Datenerhebung**

Bei der Datenerhebung lassen sich zwei Phasen unterscheiden, zunächst die Phase der Kontaktaufnahme mit einer nuklearmedizinischen Einrichtung und danach die Phase der eigentlichen Datenerhebung.

### **2.2.1. Die Kontaktaufnahme**

An der Studie nehmen Praxen, Krankenhäuser und Universitätskliniken teil. Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Um im Sinn der Studie möglichst über ganz Deutschland verteilte nuklearmedizinische Einrichtungen zu erhalten, die darüber hinaus auch das Gesamtspektrum an Größen abdecken, wurde auf zahlreiche Weisen auf die Studie aufmerksam gemacht und um Mitarbeit geworben. Hierbei wurde das Projektteam insbesondere von der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin (DGN) unter dem Vorsitz von Herrn Prof. Dr. A. Bockisch, der Ärztlichen Stelle Bayern sowie dem Berufsverband der Nuklearmediziner (Bayern) mit der Unterstützung von Herrn Dr. B. Lang sowie der Firma iSOFT Health GmbH unterstützt. Im Wesentlichen wurden Nuklearmediziner auf folgenden Wegen über die Studie informiert:

- a) Zahlreiche Teilnehmer wurden direkt von Personen des Projektteams oder auch von anderen Teilnehmern der Studie angesprochen.
- b) Die DGN informierte über eine Rundmail im Verteiler der DGN im August 2008 über das Vorhaben.
- c) Vom Projektteam aus wurde aufgrund einer festgestellten, regionalen Ungleichverteilung an Teilnehmern an der Studie mit der Ärztlichen Stelle sowie dem Berufsverband der Nuklearmediziner in Bayern im Herbst 2009 mit der Bitte Kontakt aufgenommen, die Bayrischen nuklearmedizinischen Einrichtungen noch einmal gesondert über die Studie zu informieren und um Mitarbeit zu bitten.  
Die Berufsverband der Nuklearmediziner (Bayern) informierte über den Verteiler der Ärztlichen Stelle Bayern im Dezember 2009 über das Vorhaben.
- d) Das Informationssystem der Firma iSOFT Health GmbH stellte sich als besonders geeignet für eine mit geringem Aufwand verbundene Erhebung der für die Studie benötigten Daten heraus. Vom Projektteam aus wurde daher mit der Firma mit der Bitte Kontakt aufgenommen, Kunden ihres Produktes noch einmal gesondert über die Studie zu informieren und auf den

geringen damit verbundenen Aufwand hinzuweisen.

Die Firma iSOFT Health GmbH informierte Kunden ihres Informationssystems im Oktober 2009.

- e) Bei der DGN-Jahrestagung 2009 wurde im Rahmen einer Posterpräsentation auf die angelaufene Studie und das Interesse an der Teilnahme möglichst vieler nuklearmedizinischer Einrichtungen gleich welcher Größe hingewiesen.

Die nuklearmedizinischen Einrichtungen wurden jeweils schriftlich über die Ziele der Studie sowie die benötigten Parameter informiert. Informationsschreiben sind exemplarisch als Anlage I und Anlage II beigelegt. Möglichkeiten zur konkreten Erhebung der Daten wurden individuell mit jeder nuklearmedizinischen Einrichtung erarbeitet.

### **2.2.2. Die Datenerhebung**

In Abhängigkeit der konkreten Situation vor Ort wurden die Daten für die Studie auf unterschiedliche Arten erhoben:

- a) In einigen nuklearmedizinischen Einrichtungen erfolgte im Zeitraum 2007 bis 2008 die Dokumentation der relevanten Daten vollständig oder nahezu vollständig Papier basiert. In diesen Einrichtungen wurden die Daten anhand standardisierter Erhebungsbögen in elektronisches Format übertragen. Eine Vorlage des Erhebungsbogens ist als Anlage III beigelegt.
- b) In einigen nuklearmedizinischen Einrichtungen wurden etliche Parameter, im Wesentlichen die für Abrechnungszwecke benötigten Daten, elektronisch vorgehalten. Weitere Informationen, z.B. zu den applizierten Aktivitäten, lagen in Form von Nuklidbüchern oder als Information in Patientenakten vor. In diesen Einrichtungen wurde in Zusammenarbeit mit den vor Ort betreuenden IT-Technikern versucht, die elektronisch vorliegenden Daten in sinnvoll auswertbarem Format für die Studie bereitzustellen. Die Daten wurden danach um diejenigen ergänzt, die Papier basiert vorliegen.
- c) In einigen nuklearmedizinischen Einrichtungen erfolgt die Dokumentation vollständig elektronisch. In diesen Einrichtungen wurden in Zusammenarbeit mit den vor Ort betreuenden IT-Technikern die Daten in sinnvoll auswertbarem Format für die Studie bereitgestellt.

### **2.2.3. Probleme bei der Datenerhebung**

Auch wenn die Ziele und Resultate der Studie als von großer Relevanz von zahlreichen Nuklearmedizinern angesehen wurden und damit auch von großem Interesse waren, bestanden doch vielfach konkrete Probleme, die eine Teilnahme an der Studie erschwerten bzw. ganz unmöglich machten:

- a) Das Datensatzfeld zu dem Krankenversicherungsstatus ermöglicht zusammen mit den sonstigen zur Verfügung gestellten Informationen im Prinzip die Abschätzung der Einnahmen einer nuklearmedizinischen Einrichtung. Etliche Nuklearmediziner waren nicht bereit, diese Information anderen bereit zu stellen.
- b) Das Projektteam hat sich bemüht sämtliche teilnehmenden nuklearmedizinischen Einrichtungen im Rahmen der vorhandenen Möglichkeiten bestmöglich zu unterstützen. Gleichwohl wurde der praktische Aufwand zur Erhebung von Papier basierten Daten von einigen Einrichtungen als zu hoch angesehen oder es war von Seiten der IT-Technik nicht möglich bzw. nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich, die benötigten Daten aus dem Dokumentationssystem bereitzustellen.

Das Problem nach b) sollte bei möglichen, späteren Erhebungen gleicher Art kleiner ausfallen als bei der aktuellen Studie, da erwartungsgemäß die zur Dokumentation eingesetzten Systeme zunehmend leistungsfähiger werden. Bereits in dieser Studie zeigten sich Systeme zweier Anbieter als gut für eine Erhebung geeignet.

Das Problem nach a) wird bestehen bleiben. Es bleibt zu bedenken, ob die Verbindung der beiden, sicherlich relevanten Fragestellungen sinnvoll ist. Einerseits werden so wesentliche Informationen zur Verringerung der Unsicherheit der Kollektivdosis gewonnen. Andererseits verringert sich die Bereitschaft zur Teilnahme an der Studie, was zu einem geringeren Studenumfang und damit zu einer schlechteren statistischen Basis führt.

### **2.3. Die Datenaufbereitung**

Die Daten der nuklearmedizinischen Einrichtungen wurden in gänzlich unterschiedlichen Formaten zur Verfügung gestellt. Während bei einigen Einrichtungen die Daten in einem für eine Analyse fast perfekten Format vorlagen, war an anderer Stelle noch ein hohes Maß an Aufbereitung notwendig, um die explizit oder implizit vorhandenen Informationen in ein einheitliches Format zu überführen.

Die dokumentierten Aktivitäten wurden gemäß der in Abschnitt 2.1.3 beschriebenen Weise korrigiert. Offensichtliche Dokumentationsfehler wurden korrigiert.

Aus der Aktivität wurde die aus einer Untersuchung resultierende Strahlenexposition berechnet. Die Umrechnungsfaktoren wurden im Wesentlichen den ICRP-Publikationen 53, 80 und 106 entnommen [6-8]. Für Radiopharmaka, die in den Publikationen nicht genannt werden, wurden, soweit verfügbar, vom BfS vorgeschlagene Umrechnungsfaktoren verwendet. Die genutzten Umrechnungsfaktoren sind als Anlage IV beigefügt. Bei wenigen Radiopharmaka waren keine Umrechnungsfaktoren verfügbar. Für diese Radiopharmaka wird bei den Resultaten keine effektive Dosis angegeben. Es ist empfehlenswert, dass entsprechende Faktoren in Zukunft ermittelt werden, um eine Abschätzung der Strahlenexposition zu ermöglichen, die mit einer Untersuchung einhergeht.

### **2.4. Die Datenanalyse**

Die Daten wurden mit dem Programm MS EXCEL unter Nutzung selbst entwickelter Makrosysteme aufbereitet und analysiert.

Als statistische Größen wurden der Median, Mittelwert sowie die 10%- und 90%-Perzentilen [9] der untersuchten Kollektive berechnet. Für die Berechnung der statistischen Größen wurden die Daten in folgenden Punkten bereinigt:

1. Es wurden ausschließlich Daten von Personen ab dem vollendeten 16. Lebensjahr berücksichtigt.

Der Grund für diese Korrektur ist, dass Aktivitäten bei Untersuchungen an Kindern gewichtsadaptiert angepasst werden sollen. Bei einer Berücksichtigung der Untersuchungen von Kindern werden die statistischen Größen, welche letztlich als Vorarbeiten für eine Neufestlegung der DRW dienen sollen, systematisch fehlerhaft beeinflusst.

2. Es wurden jeweils die 5% Untersuchungen mit den niedrigsten sowie den höchsten applizierten Aktivitäten nicht berücksichtigt.

Der Grund für diese Korrektur ist zweierlei. Zum einen ist es nicht auszuschließen, dass auch nach den durchgeführten Korrekturen der Daten Fehleingaben verbleiben, welche sich vor allem bei Kollektiven mit kleiner Untersuchungszahl relevant auf die statistischen Größen auswirken. Zum anderen soll durch die Korrektur vermieden werden, dass Untersuchungen, die aus patientenindividuellen Gründen mit Aktivitäten durchgeführt werden, die deutlich vom Normalen abweichen, sich auf die statistischen Größen auswirken. Da bei zahlreichen statistischen Größen nicht zwischen den Radiopharmaka unterschieden wird, welche für eine



Untersuchung verwendet werden, sind solche Abweichungen insbesondere zu erwarten, wenn in Einzelfällen eine Untersuchung mit einem anderen Pharmakon durchgeführt wird.

Die Berechnung der statistischen Größen geht in jedem Fall von den Mittelwerten  $Mean_i$  ( $i=1...N$ ) der  $N$  nuklearmedizinischen Einrichtungen eines betrachteten Kollektivs aus. Diese Mittelwerte dienen als Eingangsgrößen für die Berechnung des Medians sowie der 10%- und 90%-Perzentile. Bei einer ungeraden Anzahl an Einrichtungen in einem betrachteten Kollektiv entspricht der Median  $M$  dem mittleren Wert,  $Mean_{(N+1)/2}$  der sortierten Verteilung. Bei einer geraden Anzahl  $N$  an Einrichtungen wurde der Median  $M$  gemäß  $M=(Mean_{N/2}+Mean_{N/2+1})/2$  berechnet. Die 10%- und 90%-Perzentilen wurden ebenso als Mittelwert der beiden benachbarten Elemente berechnet, wenn der Wert nicht zufällig mit einer Position der sortierten Verteilung zusammenfiel.

Als „Mittelwert“ der Verteilungen wurden jeweils zwei Größen berechnet,  $Mean_E$  und  $Mean_U$ .  $Mean_E$

wurde als Mittelwert der  $Mean_i$  gemäß  $Mean_E = \sum_{i=1}^N Mean_i / N$  berechnet. In diesen Mittelwert geht

nicht ein, dass unterschiedliche Einrichtungen die betrachtete Untersuchung in unterschiedlicher Häufigkeit durchführen. Um dieses zu berücksichtigen, wurde parallel die Größe  $Mean_U$  gemäß

$Mean_U = \sum_{i=1}^N (Mean_i * Anzahl_i) / \sum_{i=1}^N Anzahl_i$  unter Berücksichtigung der  $Anzahl_i$  an Untersuchungen

berechnet, die in den Einrichtungen durchgeführt werden. Durch die Gewichtung mit der Untersuchungsanzahl tragen Einrichtungen, die als Zentren eine Untersuchung wesentlich häufiger als andere durchführen, stärker zum Mittelwert bei.

Die Datenbasis für die analysierten Fragestellungen ist sehr unterschiedlichen umfangreich. Daraus resultiert daraus, dass Standarduntersuchungen mit Standardradiopharmaka, z.B.

Schilddrüsenszintigramme mit Tc-99m Perchnetat, von den meisten teilnehmenden nuklearmedizinischen Einrichtungen in hoher Anzahl durchgeführt werden, während außergewöhnliche Untersuchungen mit „exotischen“ Radiopharmaka, z.B.

Lungenventilationsuntersuchungen mit Kr-81m, nur in geringem Umfang sowie an wenigen Stellen durchgeführt werden. Die Anzahl nuklearmedizinischer Einrichtungen, aus denen die statistischen Größen berechnet wurden, sind bei den Resultaten zur Orientierung mit angegeben. Für Untersuchungen, die an weniger als fünf nuklearmedizinischen Einrichtungen durchgeführt werden, werden keine 10%- und 90%-Perzentilen berechnet.

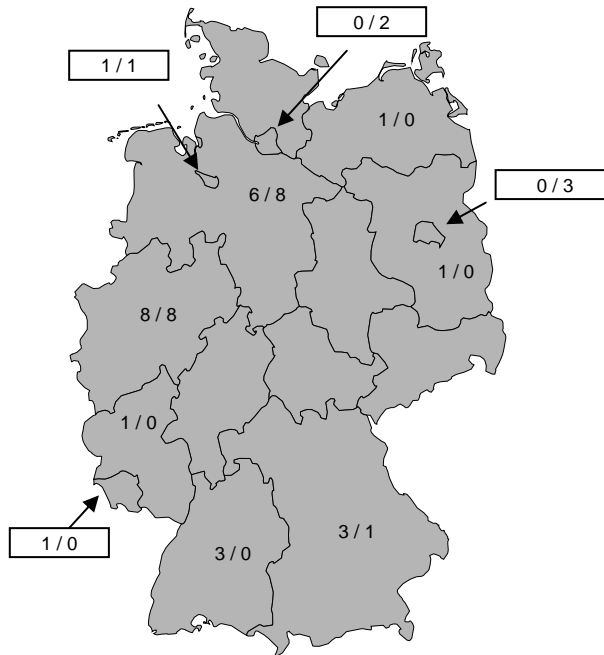
Von einigen Einrichtungen werden einzelne Untersuchungen nur in sehr geringem Umfang, definiert als weniger als 8 Untersuchungen in 2 Jahren, durchgeführt. Auf die Anzahl nuklearmedizinischer Einrichtungen, bei denen derart geringe Untersuchungszahlen für eine Untersuchung vorliegen, wird bei den Resultaten zur Orientierung hingewiesen.

### 3. Datenbasis

Für die Studie haben 25 Krankenhäuser bzw. Kliniken<sup>1</sup> und 23 Praxen ihre Untersuchungsdaten bereitgestellt. Die Verteilung der nuklearmedizinischen Einrichtungen in Deutschland ist in Abbildung 1 dargestellt. Vor dem Schrägstrich ist jeweils die Anzahl an teilnehmenden Kliniken im Bundesland angegeben, nach dem Schrägstrich die Anzahl an teilnehmenden Praxen. In einigen Fällen sind die Praxen an Krankenhäuser angegliedert und führen in den Krankenhäusern die Diagnostik der stationären Patienten durch. Diese werden in der vorliegenden Studie als Praxen behandelt. Es wirken nuklearmedizinische Einrichtungen mit weniger als 300 Untersuchungen im Jahr bis hin zu solchen mit mehr als 13.000 Untersuchungen im Jahr mit.

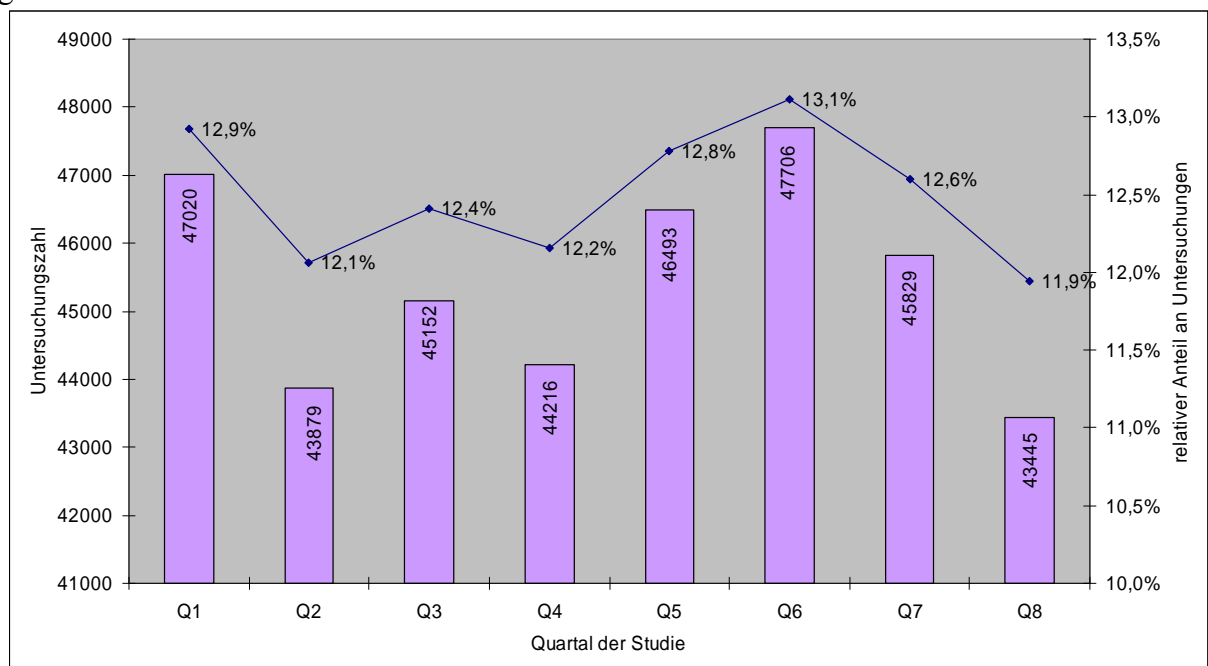
---

<sup>1</sup> Im Folgenden wird in der stationären Versorgung nicht zwischen Krankenhäusern, Kliniken und Universitätskliniken unterschieden. Alle Gruppen werden unter dem Begriff „Krankenhaus“ zusammengefasst.



**Abbildung 1:** Verteilung der nuklearmedizinischen Einrichtungen, die an der Studie teilnehmen, in Deutschland. Für jedes Bundesland ist zunächst die Anzahl an teilnehmenden Krankenhäuser angegeben, nach dem Schrägstrich folgt die Anzahl an teilnehmenden Praxen.

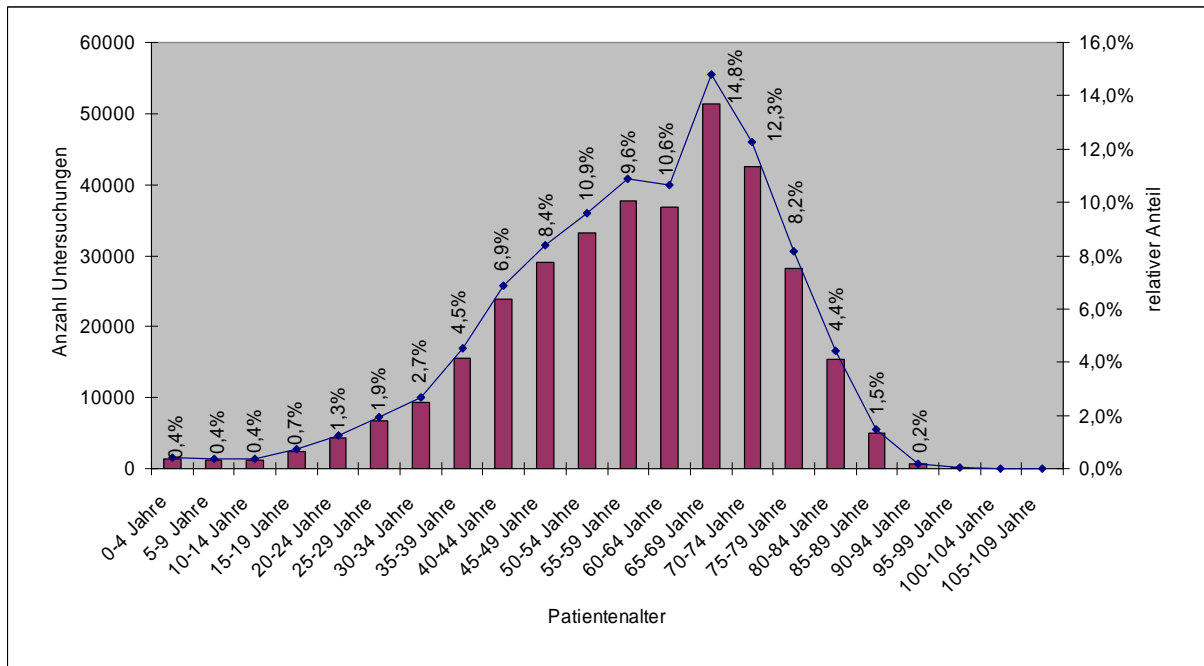
Die Studie umfasst 363740 Untersuchungen, von denen 180267 in 2007 und 183473 in 2008 durchgeführt wurden. Die Verteilung der Untersuchungen im Studienzeitraum ist in Abbildung 2 dargestellt.



**Abbildung 2:** Verteilung der Untersuchungen der Studie auf unterschiedliche Quartale

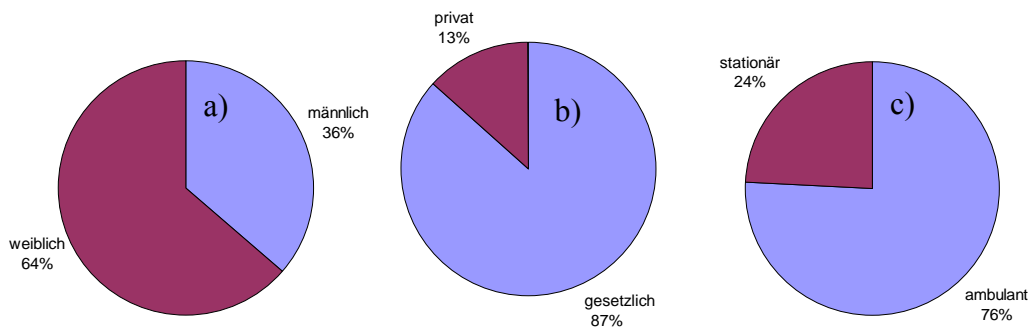
In der Abbildung ist die relative Gleichverteilung der Untersuchungen über den Zeitraum zu erkennen. Gleichwohl ist eine leichte Abnahme an Untersuchungen zum Ende des Untersuchungszeitraums hin zu erkennen. Diese ist auf den Beginn der Mo/Tc-Nuklidknappheit im zweiten Halbjahr 2008 zurückzuführen und wird in Abschnitt 4.3 genauer diskutiert.

Die Altersverteilung der untersuchten Patienten ist in Abbildung 3 in 5jahres-Zeiträumen gruppiert dargestellt. Dabei sind gemäß dem Studiendesign in der Verteilung Patienten, die mehrere Untersuchungen im Studienzeitraum erhalten, der Anzahl an Untersuchungen entsprechend enthalten.



**Abbildung 3:** Altersverteilung der untersuchten Patienten

In Abbildung 4 ist das Geschlechterverhältnis bei den untersuchten Personen (a), die Aufteilung bezüglich des Versicherungsstatus (b) sowie bezüglich des Aufnahmezustand (c) der untersuchten Personen dargestellt.



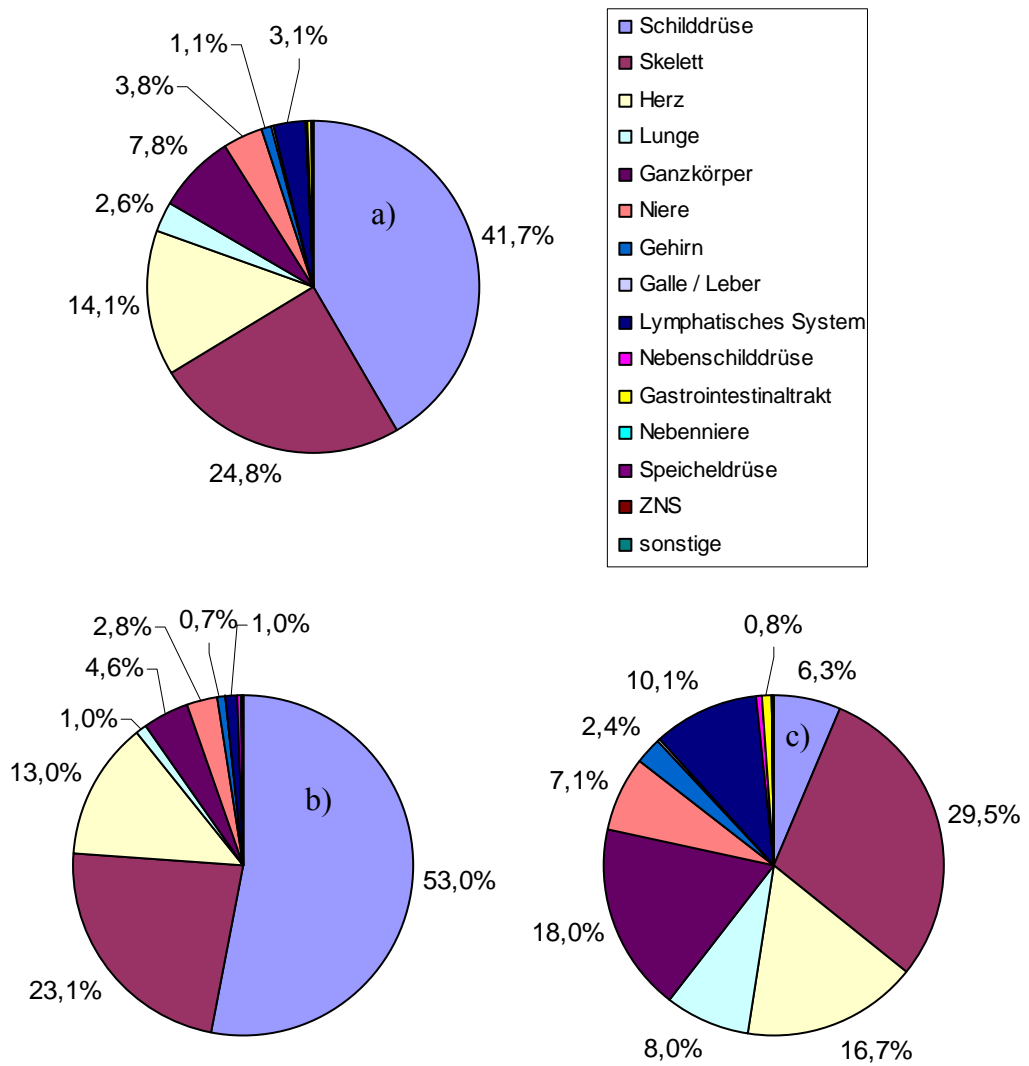
**Abbildung 4:** Geschlechterverhältnis (a) der untersuchten Personen, sowie deren Aufteilung nach ihrem Versicherungsstatus (b) und Aufnahmezustand (c)

Die Altersverteilung entspricht in etwa der in der Schweiz für nuklearmedizinische Untersuchungen beobachteten [10] sowie der für Deutschland im dem Zeitraum 1996-2000 gefundenen Verteilung [1,2], wobei sie gegenüber dieser Daten leicht zu älteren Patienten hin verschoben ist. Das Geschlechterverhältnis sowie die Verteilung des Versicherungsstatus entsprechen in etwa den Daten aus [1,2]. Im hier vorliegenden Kollektiv ist ein im Vergleich zu den Daten aus [1,2] (stat: amb = 30 : 70) höherer Anteil ambulanter Patienten enthalten.

## 4. Resultate

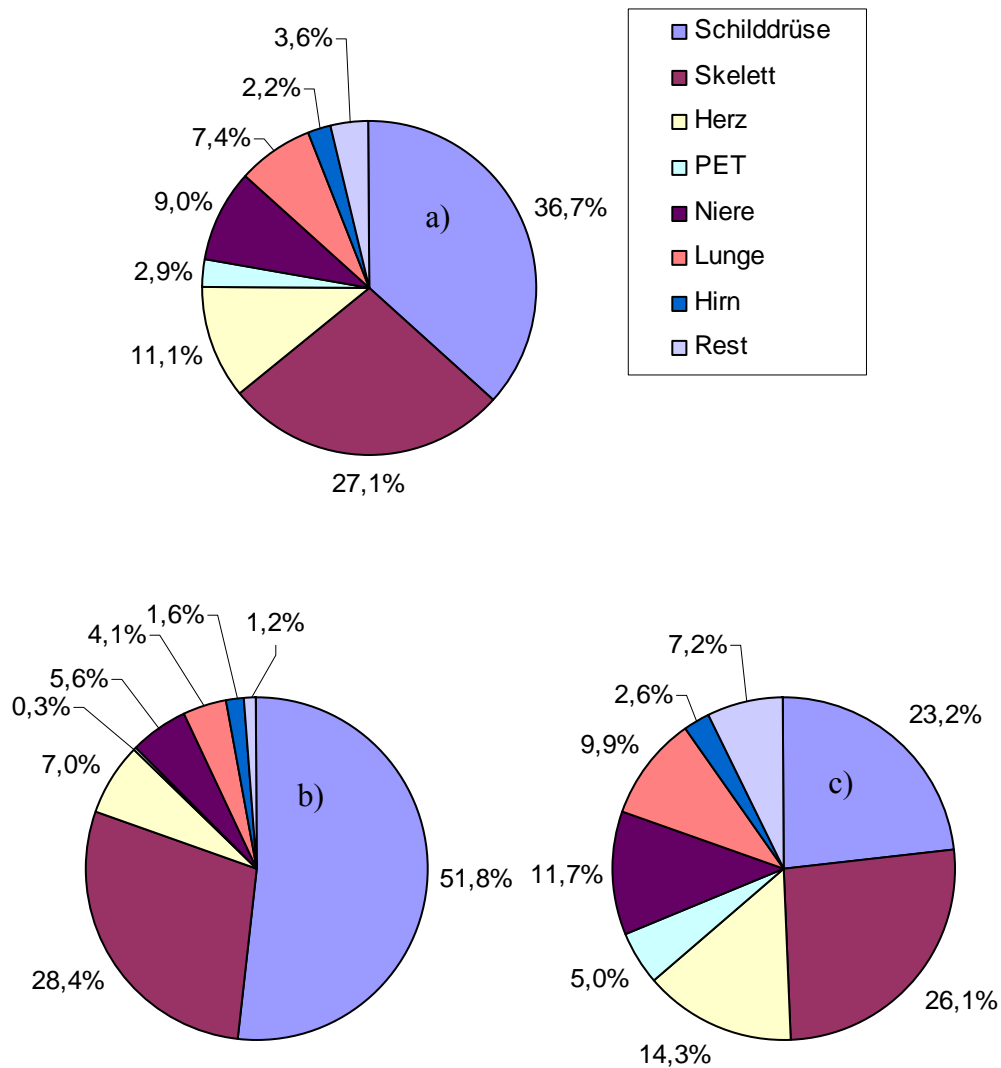
### 4.1. Häufigkeit und Strahlenexposition ausgewählter Patientengruppen

Die Verteilung der Häufigkeit mit der in der nuklearmedizinischen Diagnostik die unterschiedlichen Organsysteme nach Tabelle 2 untersucht werden, ist in Abbildung 5 (a) dargestellt. In Abbildung 5 (b) ist die Verteilung für Untersuchungen an ambulanten Patienten und in Abbildung 5 (c) diejenige der Untersuchungen an stationären Patienten dargestellt. Die zugehörigen Untersuchungszahlen sind in Anlage V aufgelistet.



**Abbildung 5:** relative Häufigkeit der Untersuchung der Organsysteme nach Tabelle 2. In Abbildungsteil (a) ist die Gesamtverteilung dargestellt, in (b) diejenige der ambulanten und in (c) diejenige der stationären Patienten. Bei Organsystemen, die mit einer relativen Häufigkeit von weniger als 0,5% untersucht werden, ist die relative Häufigkeit nicht im Diagramm angegeben.

Zum Vergleich ist in Abbildung 6 die relative Häufigkeit, mit der Untersuchungen an den drei Patientengruppen aus Abbildung 5 durchgeführt werden, für den Zeitraum 1996 – 2000 dargestellt. Die Daten entstammen [1].



**Abbildung 6:** relative Häufigkeit der Untersuchung der Organsysteme nach [1]. In Abbildungsteil (a) ist die Gesamtverteilung dargestellt, in (b) diejenige der ambulanten und in (c) diejenige der stationären Patienten.

Es ist zu erkennen, dass bei Betrachtung aller Untersuchungen (Abbildung 5a bzw. Abbildung 6a) im Vergleich zu der über den Zeitraum 1996-2000 erhobenen Studie die Zusammensetzung an Untersuchungen deutlich geändert hat. Schilddrüsenuntersuchungen und Myokard-Untersuchungen werden mit erhöhter relativer Häufigkeit durchgeführt. Hingegen nimmt insbesondere die relative Häufigkeit von Lungenuntersuchungen sowie Nierenuntersuchungen stark ab. In relevantem Umfang hinzugekommen sind Ganzkörperuntersuchungen sowie die Sentinel-Lymphknoten-Diagnostik (SLN). In den Ganzkörperuntersuchungen sind insbesondere auch die PET-Untersuchungen mit onkologischer Fragestellung enthalten.

Bei ausschließlicher Betrachtung der an ambulanten oder stationären Patienten durchgeführten Untersuchungen ist zu erkennen, dass sich die Zusammensetzung an Untersuchungen im Vergleich zu [1] deutlich geändert hat. Im ambulanten Bereich ist eine deutliche Konzentration auf drei Hauptorgane Schilddrüse, Skelett und Myokard zu erkennen. Die sonstigen Untersuchungen tragen nur untergeordnet zur Gesamtzahl bei. Auch der Ganzkörperbereich nimmt aktuell mit 5% einen deutlich größeren Anteil ein als noch 2000. Dieses ist auf die weitere Verfügbarkeit von PET-Scannern im ambulanten Bereich zurückzuführen.

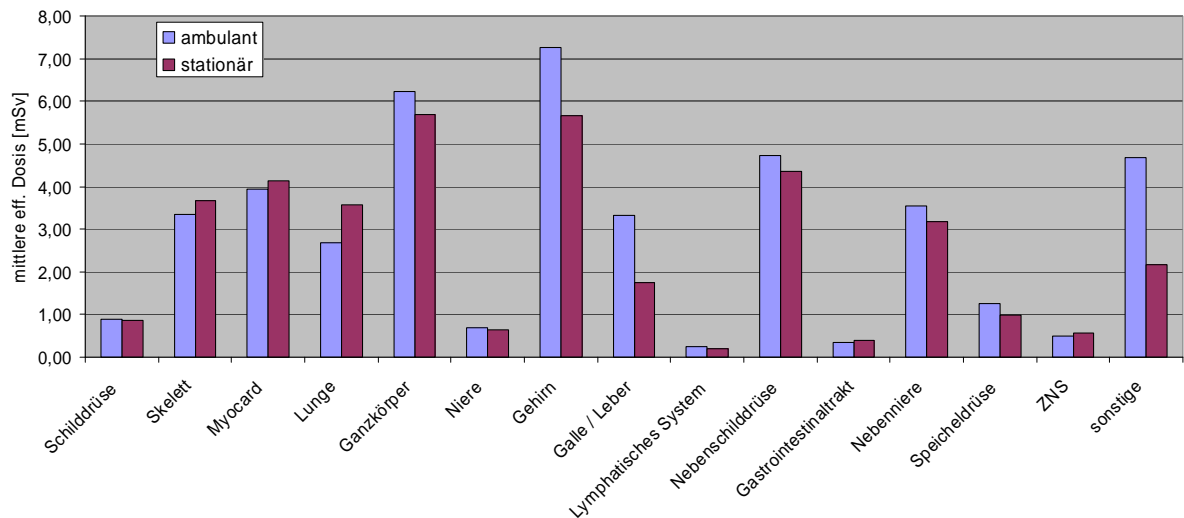
Deutlich rückläufig sind Untersuchungen der Nieren sowie der Lunge. Die relative Untersuchungshäufigkeit nimmt um etwa einen Faktor 2 bei den Nierenuntersuchungen sowie einen

Faktor 3,5 bei den Lungenuntersuchungen ab. Aktuell ist im ambulanten Sektor etwa jede zweite nuklearmedizinische Untersuchung ein Schilddrüsenszintigramm. Ein weiteres Viertel machen die Skelettuntersuchungen aus, etwa 13% Herzuntersuchungen. Sämtliche anderen Organsysteme tragen weniger als 11% zur gesamten Untersuchungszahl bei.

Im stationären Bereich ist genauso wie im ambulanten Bereich der deutliche Rückgang an Lungen- und Nierenuntersuchungen sowie auf der anderen Seite der Anstieg an Ganzkörperuntersuchungen und SLN- Diagnostik zu beobachten. Ansonsten fällt insbesondere der große Unterschied im Anteil an Schilddrüsenuntersuchungen im stationären Bereich auf. In der Vergleichsstudie tragen Schilddrüsenuntersuchungen zu mehr als 23% zu den im stationären Bereich erbrachten Untersuchungen bei, in der aktuellen Studie sind es gerade einmal 6,3%. Dieser Unterschied ist wahrscheinlich nicht als real anzunehmen. Die in der aktuellen Studie festgestellte, vergleichsweise geringe Anzahl an Schilddrüsenszintigraphien im stationären Bereich entspricht dem aktuell allgemein zu beobachtenden Bild. Aus welchem Grund sich in der Vergleichsstudie eine derart große Häufigkeit an Schilddrüsenuntersuchungen im stationären Bereich ergeben hat, ist nicht nachzuvollziehen. Es ist eher anzunehmen, dass in Bezug auf die Schilddrüsenuntersuchungen ein grundlegender Unterschied in der Zusammensetzung der Stichprobe vorliegt oder dass in [1] sämtliche von Krankenhäusern durchgeführten Untersuchungen dem stationären Bereich zugerechnet wurden. In diesem Fall würden sämtliche Untersuchungen von Schilddrüsenambulanzen in Krankenhäusern dem stationären Bereich zugerechnet, wenngleich sie an ambulanten Patienten durchgeführt werden.

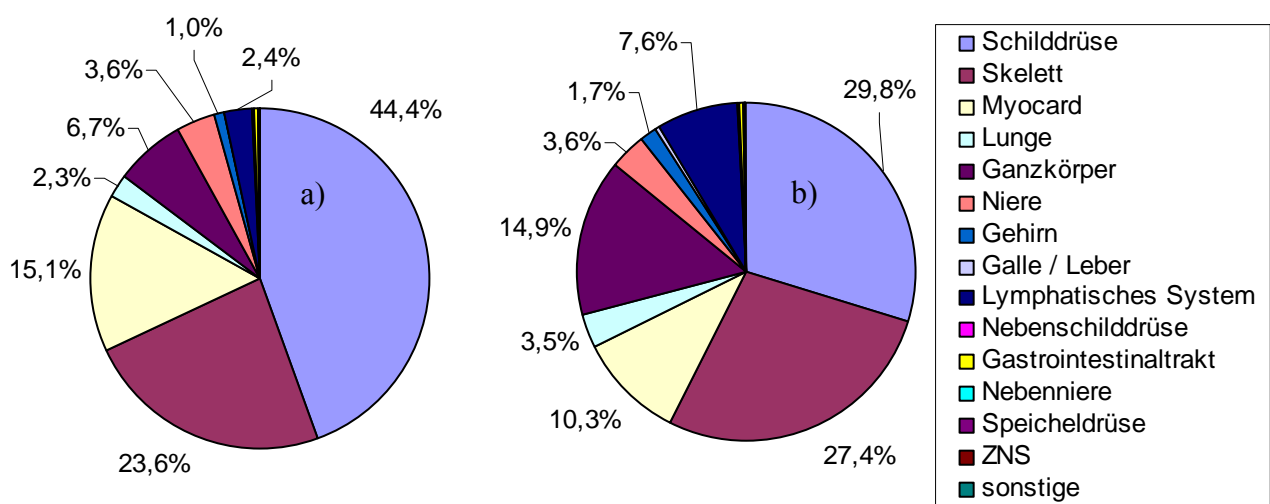
In Abbildung 7 ist die mittlere effektive Dosis bei Untersuchungen der Organsysteme nach Tabelle 2 für Patienten der ambulanten sowie der stationären Versorgung dargestellt. In dieser Abbildung sowie in den anderen Aufarbeitung dieses Kapitels wurde hierzu die „eff. Dosis<sub>U</sub>“ verwendet, s. Abschnitt 2.4, d.h. die auf alle Untersuchungen des Gesamtkollektivs bezogene effektive Dosis. Die zugehörigen Daten sind in Anlage VI aufgelistet. Ein Vergleich mit den im Rahmen der Vergleichsstudie ermittelten effektiven Dosen ist durch zahlreiche Dinge erschwert. So gibt es in der aktuellen Studie eine deutlich differenziertere Betrachtung an Organsystemen. Zudem liegt der aktuellen Dosisberechnung durch neuere ICRP-Publikationen für etliche Radiopharmaka eine andere Basis zugrunde. Kleine Unterschiede, die bei vielen Organen beobachtet werden, lassen sich dadurch nicht aussagekräftig bewerten. Was gleichwohl auffällt, ist der Rückgang der effektiven Dosis bei Herzuntersuchungen auf etwa zwei Drittel des vorherigen Wertes. Dieses ist zum Teil auf den Rückgang an Dosis intensiven Herzuntersuchungen unter Verwendung von Tl-201 zurückzuführen. Relevant ist gleichwohl auch hier eine Neubewertung der Strahlenrisiken und eine damit einhergehende Senkung der Dosiskonversionsfaktoren.

Es fällt auf, dass sich bei etlichen Organuntersuchungen die mittlere effektive Dosis zwischen ambulanten und stationären Patienten unterscheidet. Dieses ist im Wesentlichen inhaltlich darauf zurückzuführen, dass unterschiedliche Untersuchungen oder unterschiedliche Zusammensetzungen von Untersuchungen an ambulanten und stationären Patienten durchgeführt werden. Neben dem ist insbesondere bei den Organsystemen mit einer niedrigen Gesamtzahl an Untersuchungen im Kollektiv ein durch die Stichprobenzusammensetzung bedingter Effekt nicht auszuschließen.



**Abbildung 7:** mittlere effektive Dosis bei Untersuchungen der Organsysteme nach Tabelle 2 differenziert nach ambulanten und stationären Patienten

Die relative Häufigkeit mit der die Organsysteme nach Tabelle 2 an Patienten mit unterschiedlichem Versicherungsstatus untersucht werden, ist in Abbildung 8 dargestellt. In Abbildung 8(a) ist die Verteilung für Untersuchungen an gesetzlich versicherten Patienten und in Abbildung 8(b) diejenige der Untersuchungen an privat versicherten Patienten dargestellt. Die zugehörigen Untersuchungszahlen sind in Anlage V aufgelistet.

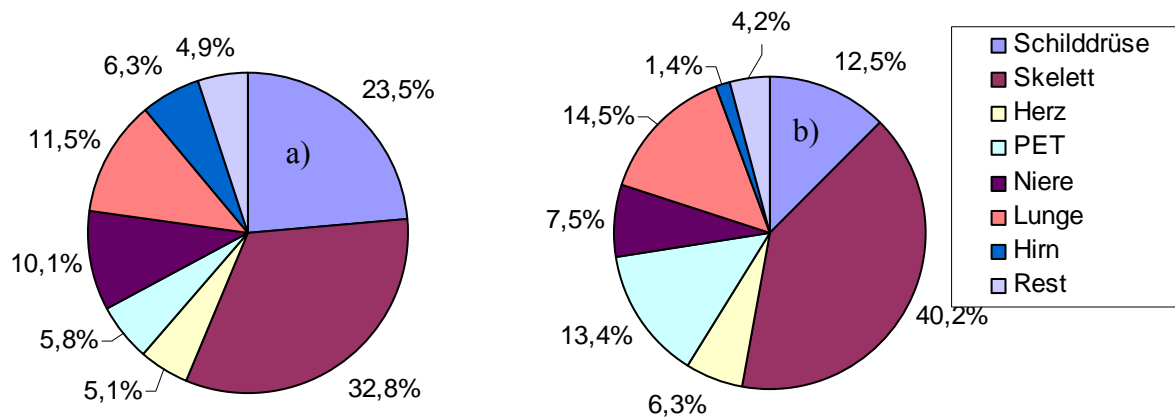


**Abbildung 8:** relative Häufigkeit der Untersuchung der Organsysteme nach Tabelle 2 für gesetzlich versicherte (a) sowie privat versicherte (b) Patienten. Bei Organsystemen, die mit einer relativen Häufigkeit von weniger als 0,5% untersucht werden, ist die relative Häufigkeit nicht im Diagramm angegeben.

Es ist zu erkennen, dass in deutlich unterschiedlichem Umfang bei gesetzlich bzw. privat versicherten Personen unterschiedliche Organsysteme untersucht werden. Bei den gesetzlich versicherten Personen verteilen sich über 80% der Untersuchungen auf die Organsysteme Schilddrüse, Skelett und Myocard. Dabei werden Schilddrüsen- und Myocarduntersuchungen weit häufiger durchgeführt als bei privat versicherten Personen. Bei den privat versicherten Personen ist der relativ höhere Anteil an Untersuchungen des lymphatischen Systems sowie von Ganzkörperuntersuchungen zu beobachten. Dieses lässt einen unterschiedlich guten Zugang zu nuklearmedizinischer Diagnostik insbesondere im Zusammenhang mit Tumorerkrankungen vermuten. Dieser ist aufgrund der immer noch bestehenden

Vergütungsproblematik von PET-Untersuchungen bei gesetzlich versicherten Personen sicherlich zum Teil auch objektiv nachzuvollziehen.

Zum Vergleich ist in Abbildung 9 die relative Häufigkeit mit der Untersuchungen an den beiden Patientengruppen nach Abbildung 8 durchgeführt werden, für den Zeitraum 1996 – 2000 dargestellt. Die Daten entstammen [1].



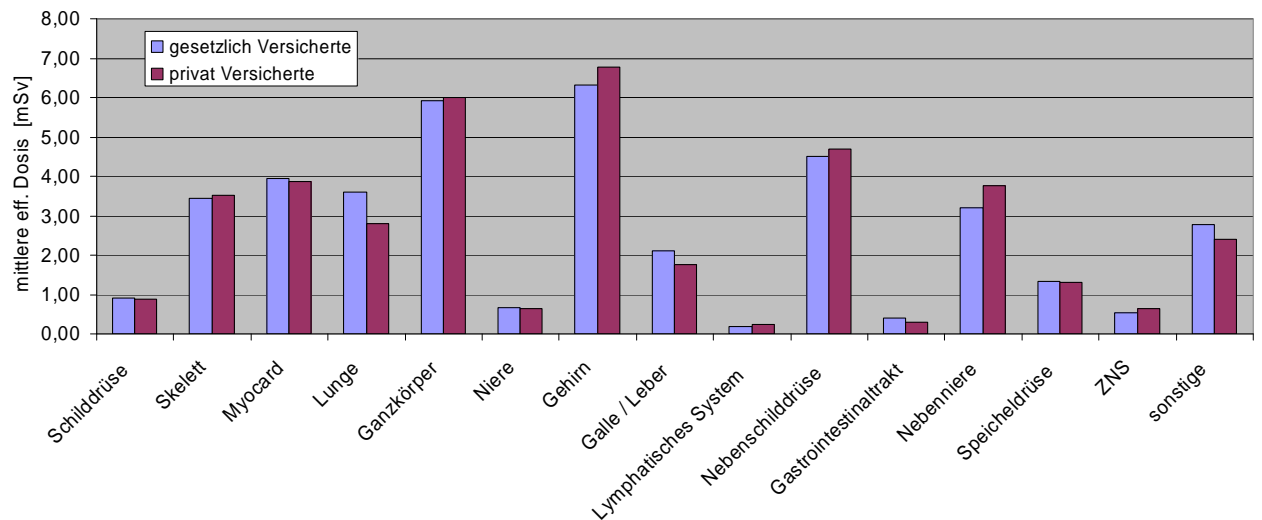
**Abbildung 9:** relative Häufigkeit der Untersuchung der Organsysteme nach [1] für gesetzlich (a) sowie privat (b) versicherte Personen.

Im Vergleich zur Studie über den Zeitraum 1996-2000 ist eine deutliche Änderung in der Zusammensetzung der aktuell untersuchten Organsysteme festzustellen. Objektive Gründe für eine derart große Änderung in der Zusammensetzung der relativen Untersuchungshäufigkeiten unterschiedlicher Organsysteme sind nicht bekannt. Bei genauerer Betrachtung der Werte aus [1] sind Inkonsistenzen bei den dort verwendeten Daten nicht auszuschließen. Hierdurch ließen sich möglicherweise die Änderungen erklären, wenngleich die Vermutung nicht belegbar ist.

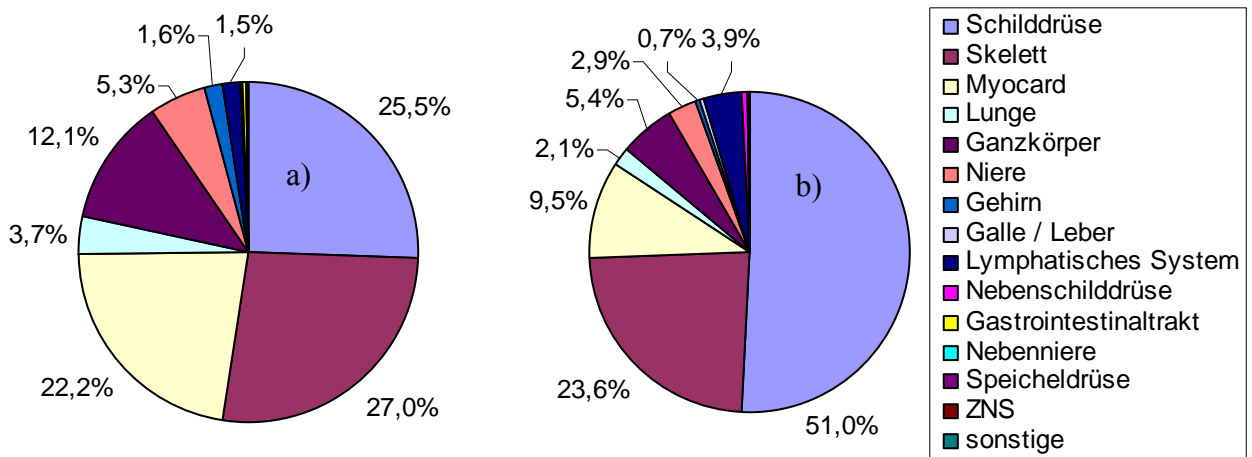
In Abbildung 10 ist die mittlere effektive Dosis bei Untersuchungen der Organsysteme nach Tabelle 2 für gesetzlich sowie privat versicherte Personen dargestellt. Die zugehörigen Daten sind in Anlage VI aufgelistet. Die mittlere effektive Dosis ist für die beiden Patientengruppen als gleich anzusehen. Dieses legt die Vermutung nahe, dass Untersuchungen beider Patientengruppen mit gleicher Aktivität bzw. gleichen Pharmaka durchgeführt werden. Eine Unterscheidung liegt somit im Zugang zur nuklearmedizinischen Diagnostik, nicht in der dann durchgeführten Diagnostik selber.

In Abbildung 11 ist die relative Häufigkeit dargestellt, mit der die Organsysteme nach Tabelle 2 an männlichen (a) sowie weiblichen (b) Patienten untersucht werden. Die zugehörigen Untersuchungszahlen sind in Anlage V aufgelistet.





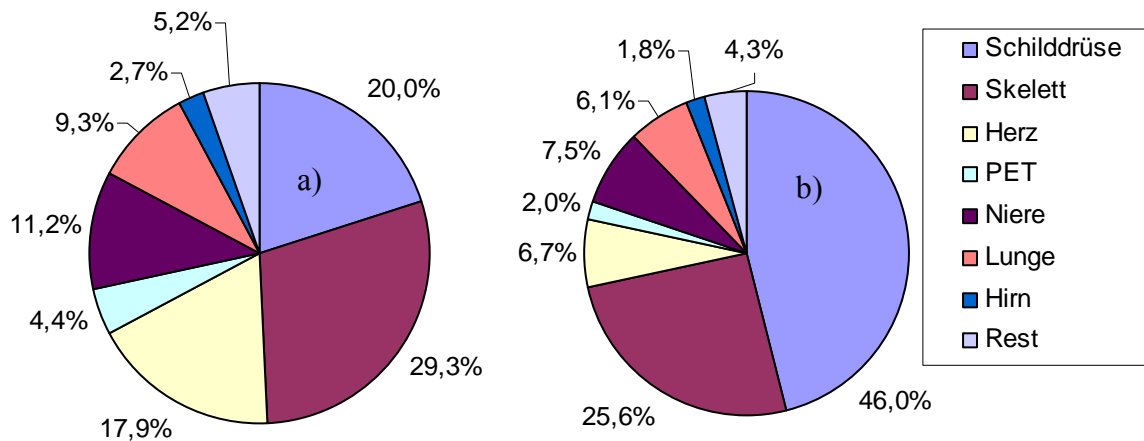
**Abbildung 10:** mittlere effektive Dosis bei Untersuchungen der Organsysteme nach Tabelle 2 differenziert nach gesetzlich und privat versicherten Personen



**Abbildung 11:** relative Häufigkeit der Untersuchung der Organsysteme nach Tabelle 2 für männliche (a) sowie weibliche (b) Patienten. Bei Organsystemen, die mit einer relativen Häufigkeit von weniger als 0,5% untersucht werden, ist die relative Häufigkeit nicht im Diagramm angegeben.

Es ist zu erkennen, dass bei männlichen und weiblichen Personen im Mittel deutlich unterschiedliche Organsysteme untersucht werden. Bei Frauen liegt in mehr als der Hälfte der Fälle eine Untersuchung der Schilddrüse vor, bei Männern machen Schilddrüsenszintigraphien nur etwa ein Viertel der Untersuchungen aus. Zudem werden bei Frauen mehr als doppelt so häufig wie bei Männern Untersuchungen des Lymphatischen Systems durchgeführt. Die hohe Anzahl bei Frauen ist dabei auf die im Zusammenhang mit der Abklärung von Brustkrebs stehende SLN-Diagnostik zurückzuführen. Bei Männern sind Untersuchungen des Myokards sowie Ganzkörperuntersuchungen relativ häufiger. Letzteres ist aufgrund der höheren Tumor-Erkrankungsrate von Männern im Vergleich zu Frauen plausibel.

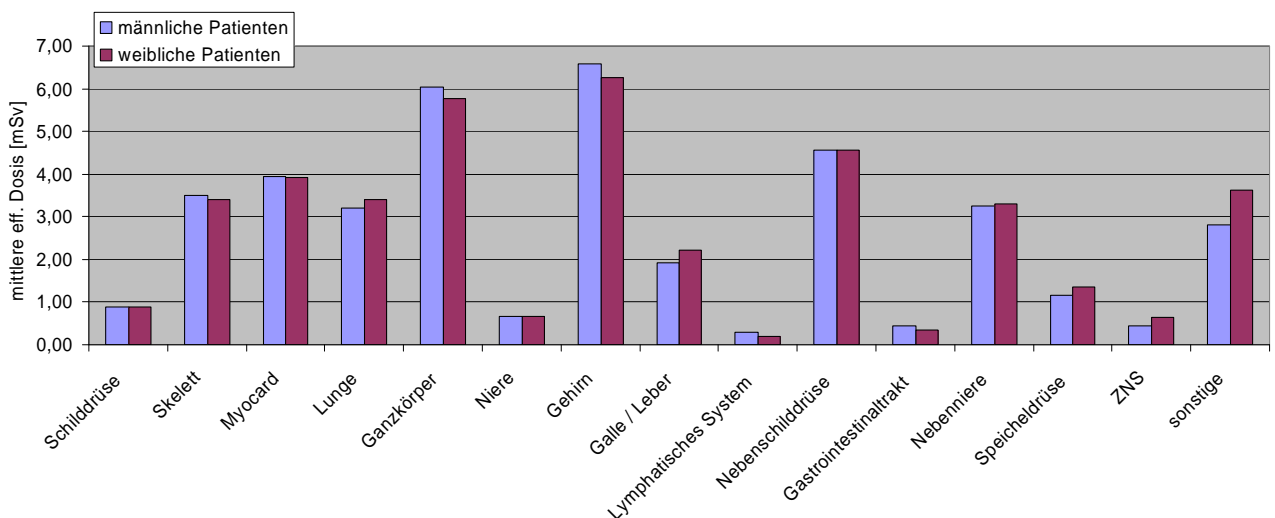
In Abbildung 12 ist die relative Häufigkeit, mit der Untersuchungen an den beiden Patientengruppen aus Abbildung 11 durchgeführt werden, für den Zeitraum 1996 – 2000 dargestellt. Die Daten entstammen [1].



**Abbildung 12:** relative Häufigkeit der Untersuchung der Organsysteme nach [1] für männliche (a) sowie weibliche (b) Personen.

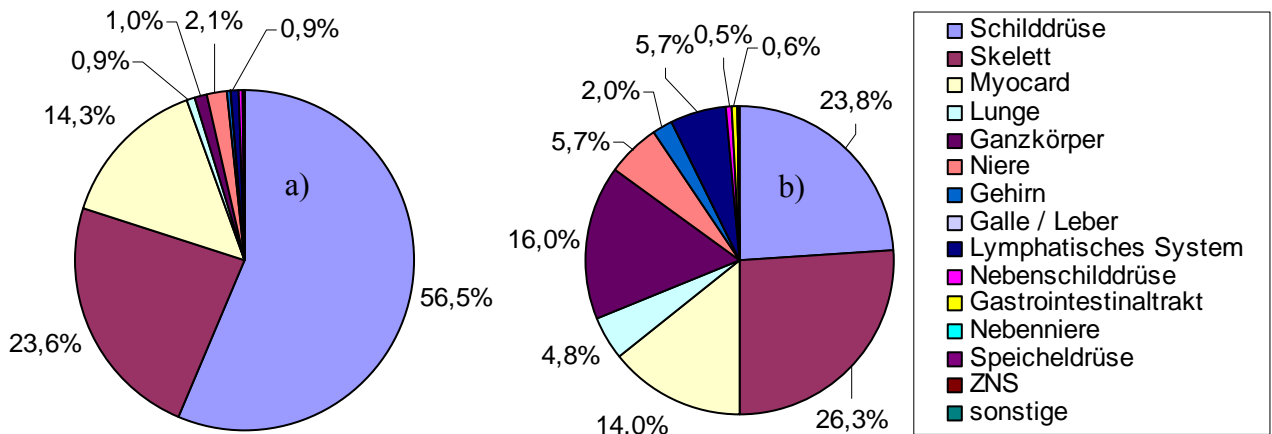
Die relative Untersuchungshäufigkeit dieser Gruppen ist in beiden Studien ähnlich. Änderungen sind auf die in der aktuellen Studie erweiterte PET- sowie SLN-Diagnostik zurückzuführen.

In Abbildung 13 ist die mittlere effektive Dosis bei Untersuchungen der Organsysteme nach Tabelle 2 für männliche sowie weibliche Patienten dargestellt. Die zugehörigen Daten sind in Anlage VI aufgelistet. Die mittlere effektive Dosis ist für die beiden Patientengruppen als gleich anzusehen. Dieses entspricht den Erwartungen. Nachdem Männer im Mittel jedoch schwerer als Frauen sind, wäre tendenziell eine höhere applizierte Aktivität bei Männern als potentiell sinnvoll anzusehen.



**Abbildung 13:** mittlere effektive Dosis bei Untersuchungen der Organsysteme nach Tabelle 2 differenziert nach männlichen und weiblichen Patienten

In Abbildung 14 ist die relative Häufigkeit dargestellt, mit der in die Organsysteme nach Tabelle 2 an Patienten in Praxen (a) sowie in Krankenhäusern (b) untersucht werden. Die zugehörigen Untersuchungszahlen sind in Anlage V aufgelistet.

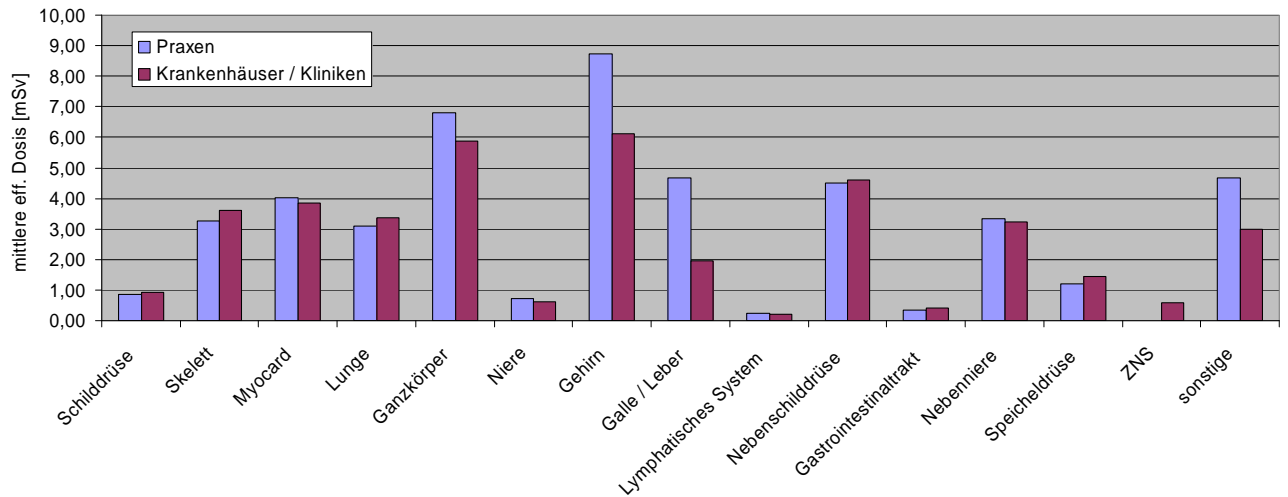


**Abbildung 14:** relative Häufigkeit der Untersuchung der Organsysteme nach Tabelle 2 an Patienten in einer Praxis (a) sowie in einem Krankenhaus (b). Bei Organsystemen, die mit einer relativen Häufigkeit von weniger als 0,5% untersucht werden, ist die relative Häufigkeit nicht im Diagramm angegeben.

Die Verteilung an Untersuchungen in Praxen entspricht im Wesentlichen derjenigen der ambulanten Patienten in Abbildung 5. Es besteht gleichwohl ein markanter Unterschied. Bei ambulanten Patienten werden in etwa 4,6% der Fälle Ganzkörperuntersuchungen durchgeführt, bei der Differenzierung nach dem Ort „Praxis“ sind es nur etwa 1% der Patienten. Dieses legt die Vermutung nahe, dass ein Großteil der PET-Untersuchungen mit onkologischer Fragestellung, die an ambulanten Patienten durchgeführt werden, in Kliniken erfolgt. Auf der Seite der in Krankenhäusern untersuchten Patienten ist die große Diskrepanz bei Schilddrüsenpatienten auffallend. Der relative Anteil der Schilddrüsenuntersuchungen in Krankenhäusern beträgt etwa das Vierfache des Anteils, der für stationäre Patienten beobachtet wird. Dieses deutet auf einen großen Anteil ambulanter Schilddrüsendiagnostik in Krankenhäusern hin. Die im Rahmen dieser Studie festgestellten relative Häufigkeit von Schilddrüsenuntersuchungen von etwa 24% stimmt recht genau mit der Häufigkeit überein, die in [1] für stationäre Patienten angegeben wird.

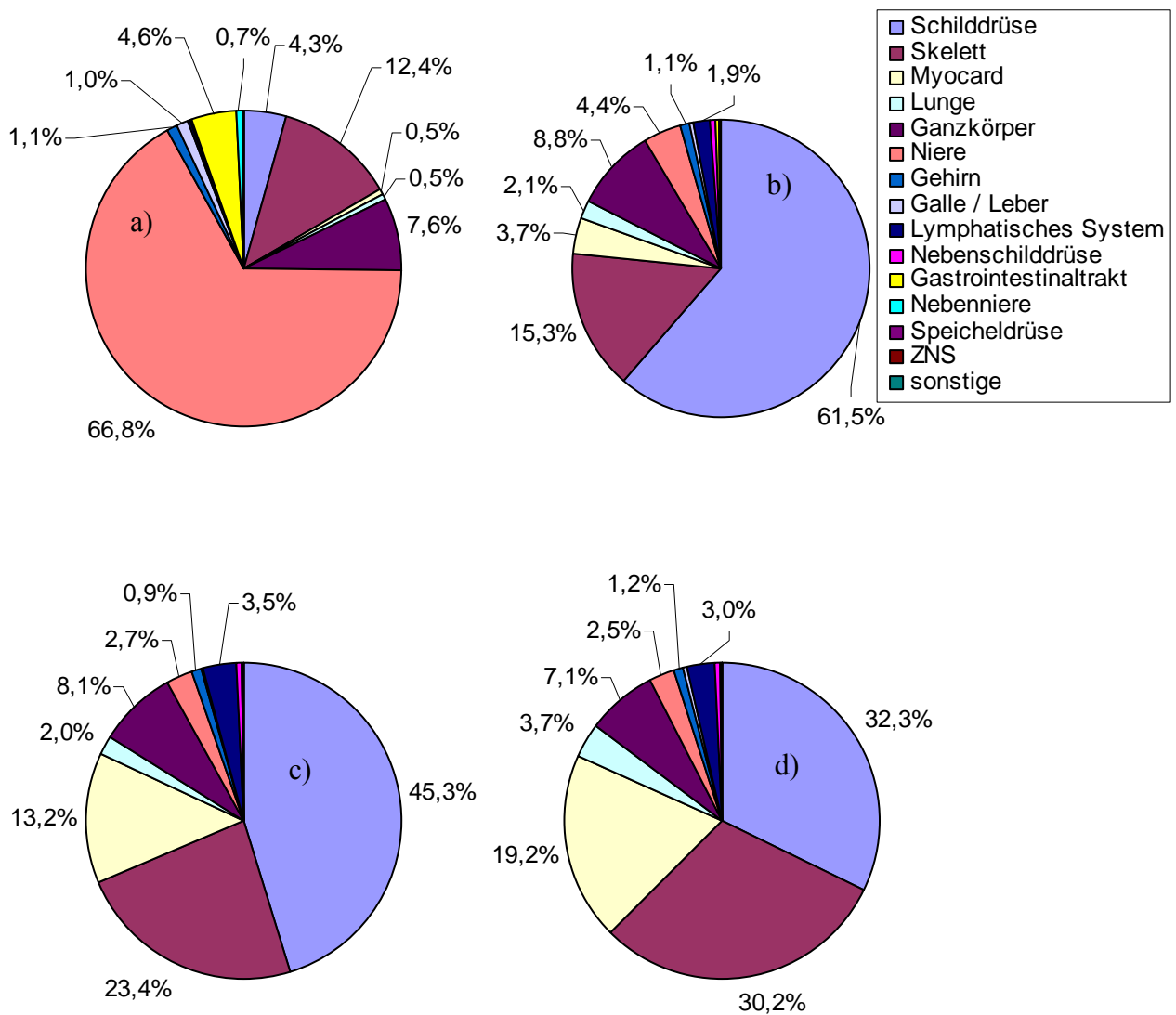
Wie bereits zuvor beschrieben, werden Praxen, die in Anlehnung an Krankenhäuser praktizieren, als „Praxen“ in dieser Differenzierung betrachtet. Ohne diese Betrachtung würden die oben beschriebenen Auffälligkeiten noch ausgeprägter sein.

In Abbildung 15 ist die mittlere effektive Dosis bei Untersuchungen der Organsysteme nach Tabelle 2 für Patienten in Praxen bzw. Krankenhäusern dargestellt. Die zugehörigen Daten sind in Anlage VI aufgelistet. Die mittlere effektive Dosis ist für die beiden Patientengruppen mit Ausnahme der Ganzkörper- sowie der Gehirn-Untersuchungen als gleich anzusehen. Ein inhaltlicher Grund für die beobachteten Unterschiede ist nicht bekannt.



**Abbildung 15:** mittlere effektive Dosis bei der Untersuchung der Organsysteme nach Tabelle 2 an Patienten in einer Praxis (a) sowie Krankenhaus (b).

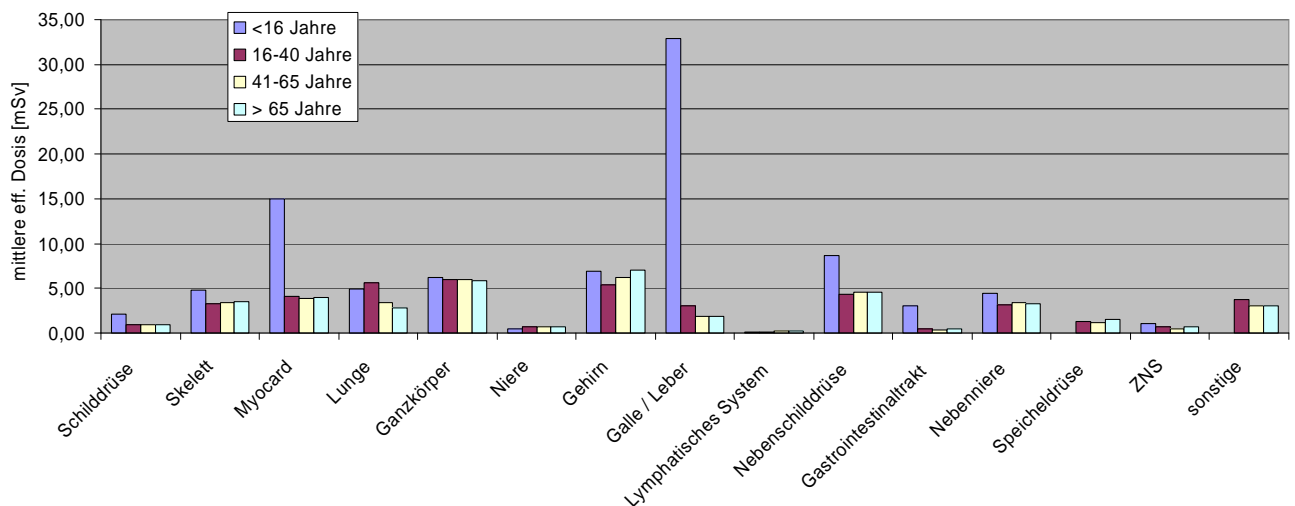
In Abbildung 16 ist die relative Häufigkeit dargestellt, mit der in die Organsysteme nach Tabelle 2 an Patienten unterschiedlicher Altersstufen untersucht werden. Die Patienten sind dabei in die Altersstufen 0-15 Jahre (a), 16-40 Jahre (b), 41-65 Jahre (c) und >65 Jahre (d) gruppiert. Die zugehörigen Untersuchungszahlen sind in Anlage V aufgelistet.



**Abbildung 16:** relative Häufigkeit der Untersuchung der Organsysteme nach Tabelle 2 an Patienten der Altersstufen 0-15 Jahre (a), 16-40 Jahre (b), 41-65 Jahre (c) sowie >65 Jahre (d).

In den beiden unteren Altersstufen weicht die Zusammensetzung der Untersuchungen deutlich vom Mittel ab. In der Gruppe der Personen unterhalb von 16 Jahren werden überwiegend Nierenuntersuchungen durchgeführt. Untersuchungen anderer Organe kommen vor, sind in ihrer Häufigkeit jedoch untergeordnet. In der Gruppe der 16-40jährigen sind Schilddrüsenuntersuchungen weit überproportional häufig. Die Gruppe der 41-65jährigen entspricht in der Untersuchungszusammensetzung im Wesentlichen dem Mittel. Dieses ist wenig verwunderlich, da in dieser Gruppe knapp die Hälfte aller Untersuchungen durchgeführt wird. Bei den über 65jährigen verschiebt sich das Untersuchungsspektrum hin zu Myokard- und Skelettuntersuchungen.

In Abbildung 17 ist die die mittlere effektive Dosis bei Untersuchungen der Organsysteme nach Tabelle 2 für Patienten unterschiedlichen Alters dargestellt. Die zugehörigen Daten sind in Anlage VI aufgelistet.



**Abbildung 17:** mittlere effektive Dosis bei Untersuchungen der Organsysteme nach Tabelle 2 differenziert nach Altersstufen

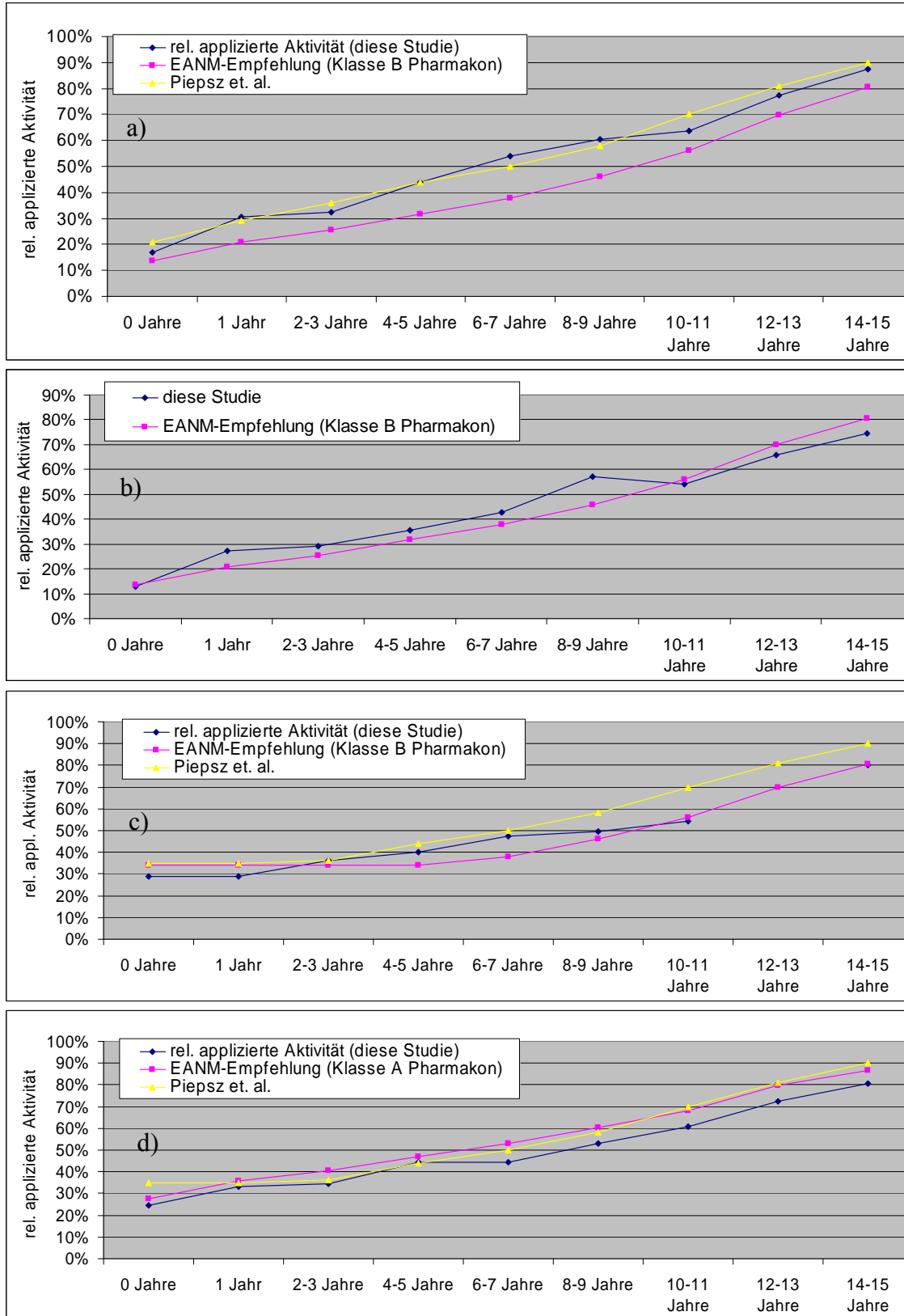
Zwischen den drei oberen Altersstufen unterscheidet sich die mittlere effektive Dosis nicht wesentlich. Große Unterschiede treten gleichwohl bei der effektiven Dosis auf, die mit der Diagnostik einiger Organsysteme bei Kindern einhergeht. Bei Myokard- und Galle / Leber-Untersuchungen ist die effektive Dosis deutlich erhöht. Bei den Galle / Leber-Untersuchungen ist die Abweichung dabei nicht aussagekräftig. Ihr liegen nur vier Untersuchungen zu Grunde, die in einer nuklearmedizinischen Einrichtung durchgeführt wurden. Die sonstigen, wenigen Untersuchungen dieses Organbereichs werden mit Radiopharmaka durchgeführt, für die keine effektive Dosis berechnet werden konnte, da der benötigte Konversionsfaktor unbekannt ist. Bei den Myokard-Untersuchungen ist die erhöhte effektive Dosis auf die Dosiskonversionsfaktoren zurückzuführen, die bei Kindern um einen Faktor 2 bis 5 über denen Erwachsener liegen. Hierdurch ist die resultierende effektive Dosis selbst bei einer verringerten applizierten Aktivität noch immer gegenüber der von Erwachsenen erhöht.

## 4.2. gewichtsadaptierte Anpassung der Aktivität bei Kindern

Bei der Untersuchung von Kindern ist allgemein eine kleinere Aktivität zu applizieren als bei Erwachsenen. Neben dem größeren Schutzbedürfnis der Kinder gegenüber ionisierender Strahlung ist dieses insbesondere auf das geringere Gewicht der Kinder zurückzuführen.

In der Abbildung 18 ist die relative, bei Patienten unterschiedlichen Alters applizierte Aktivität  $A$  für die vier häufigsten an Kindern durchgeführten Untersuchungen aufgetragen. Als Vergleichswert wurde die Aktivität herangezogen, die in der nuklearmedizinischen Einrichtung bei Erwachsenen appliziert wird. Betrachtet wurde in diesem Fall der Wert  $A_E$ , s. Abschnitt 2.4. Neben den Daten dieser Studie ist die Stufung der Aktivität aufgetragen, die in der „neuen“ EANM-Empfehlung aus 2007 [11] für Untersuchungen an Kindern empfohlen wird. Die Empfehlung gibt für jede Untersuchung eine zu applizierende Mindestaktivität an. Dieses hat für einige Untersuchungen zur Folge, dass die relative applizierte Aktivität auch bei ganz jungen Kindern nicht mehr sinkt. Für die Skalierung wurde als bei Erwachsenen applizierte Aktivität der Median der Verteilung angenommen. Zudem ist die Stufung aufgetragen, die sich nach einer älteren Studie der EANM Task Group unter A. Piepsz [12] ergibt, so die Untersuchung nebst Radiopharmakon dort beinhaltet ist, welche die Vorlage der „alten“ EANM-Empfehlung für Untersuchungen an Kindern war. Der Grund hierfür ist, dass diese Studie die Basis der Empfehlung zur Staffelung der Aktivität bei Kindern gemäß der aktuell gültigen DRW bildet. Auch bei der Studie nach [12] wird eine Mindestaktivität angegeben, welche nicht unterschritten werden soll. Diese führt gleichermaßen dazu, dass die relative applizierte Aktivität bei ganz jungen Patienten nicht weiter sinkt. Das in Abbildung 18 angegebene Alter der Patienten wurde für die Vergleichsdaten unter Verwendung der Daten aus [5] in das mittlere Gewicht

der Patienten umgerechnet. Die zugehörigen Daten sind in Tabelle 6 aufgelistet.



**Abbildung 18:** relative Aktivität bei Patienten unterschiedlichen Alters, bezogen auf Untersuchungen an Erwachsenen. Neben den Daten dieser Studie ist magentafarben die gemäß der EANM-Empfehlung [11] sowie in gelb die gemäß Piepsz et. al. [12] für Untersuchungen an Kindern wünschenswerte Stufung aufgetragen. Für die Untersuchung nach b) sind in [12] keine Daten angegeben, daher sind dort nur zwei Kurven angegeben. a) Skelett-Szintigraphien mit Tc-99m-Phosphat, b) PET-Diagnostik mit F-18 FDG, c) Ganzkörperszintigramme mit I-123 MIBG, d) Nierenszintigraphien mit Tc-99m MAG3.

Es ist zu erkennen, dass sich die als wünschenswert angenommene Skalierung der applizierten Aktivität mit dem Gewicht bzw. Alter der Patienten zwischen den beiden Publikationen nicht wesentlich geändert hat. Dabei geht die neue EANM-Empfehlung für die Untersuchungen nach Abbildung 18 a) und c) davon aus, dass eine gewichtsbezogen geringere Aktivitätsmenge benötigt wird. Für die Untersuchung nach Abbildung 18 d) gehen beide Publikationen von in etwa gleichen Werten aus. Die im Rahmen dieser Studie ermittelten Werte für die im Mittel die applizierte Aktivität stimmen für die Skelett-Szintigraphien sehr gut mit der Empfehlung von Piepsz überein. Für die PET-Ganzkörperuntersuchungen mit F-18 FDG sowie diejenigen mit I-123 MIBG sind die in dieser Studie ermittelten Werte gut verträglich mit den EANM-Empfehlungen. Für Nierenszintigraphien mit Tc-99m MAG3 liegen die in dieser Studie ermittelten Werte leicht unterhalb derjenigen der Empfehlungen. Wie in Tabelle 6 zu erkennen ist, täuscht der in der Graphik dargestellte Mittelwert jedoch darüber hinweg, dass zwischen der minimalen und der maximalen mittleren Aktivität im Kollektiv dieser Studie in vielen Fällen mehr als ein Faktor 2 liegt.



<b>Skelettszintigraphie mit Tc-99m HDP</b>									
	0 Jahre	1 Jahr	2-3 Jahre	4-5 Jahre	6-7 Jahre	8-9 Jahre	10-11 Jahre	12-13 Jahre	14-15 Jahre
rel. applizierte Aktivität (diese Studie)	17%	31%	32%	44%	54%	60%	64%	77%	87%
EANM-Empfehlung (Klasse B Pharmakon)	14%	21%	26%	32%	38%	46%	56%	70%	81%
Piepsz et. al.	21%	29%	36%	44%	50%	58%	70%	81%	90%
# Einrichtungen im Datensatz	3	6	8	9	12	13	14	19	22
Min. applizierter Aktivität [%]	8%	11%	17%	19%	23%	30%	41%	55%	71%
Max. applizierter Aktivität [%]	32%	60%	52%	56%	103%	103%	95%	110%	113%

<b>Ganzkörper PET-Untersuchung mit F-18 FDG</b>									
	0 Jahre	1 Jahr	2-3 Jahre	4-5 Jahre	6-7 Jahre	8-9 Jahre	10-11 Jahre	12-13 Jahre	14-15 Jahre
rel. applizierte Aktivität (diese Studie)	13%	27%	29%	35%	43%	57%	54%	66%	74%
EANM-Empfehlung (Klasse B Pharmakon)	14%	21%	26%	32%	38%	46%	56%	70%	81%
# Einrichtungen im Datensatz	1	1	5	5	8	8	8	11	11
Min. applizierter Aktivität [%]	13%	27%	21%	20%	29%	39%	35%	43%	30%
Max. applizierter Aktivität [%]	13%	27%	39%	50%	58%	78%	74%	88%	96%

<b>Ganzkörperszintigraphie mit I-123 MIBG</b>									
	0 Jahre	1 Jahr	2-3 Jahre	4-5 Jahre	6-7 Jahre	8-9 Jahre	10-11 Jahre	12-13 Jahre	14-15 Jahre
rel. applizierte Aktivität (diese Studie)	29%	29%	36%	40%	47%	50%	54%		80%
EANM-Empfehlung (Klasse B Pharmakon)	14%	21%	26%	32%	38%	46%	56%	70%	81%
Piepsz et. al.	35%	35%	36%	44%	50%	58%	70%	81%	90%
# Einrichtungen im Datensatz	5	4	5	6	4	3	3		3
Min. applizierter Aktivität [%]	16%	18%	18%	16%	17%	30%	33%		54%
Max. applizierter Aktivität [%]	39%	38%	50%	56%	61%	61%	81%		104%

<b>Nierenszintigraphie mit Tc-99m MAG3</b>									
	0 Jahre	1 Jahr	2-3 Jahre	4-5 Jahre	6-7 Jahre	8-9 Jahre	10-11 Jahre	12-13 Jahre	14-15 Jahre
rel. applizierte Aktivität (diese Studie)	25%	33%	35%	44%	44%	53%	61%	72%	81%
EANM-Empfehlung (Klasse A Pharmakon)	28%	36%	41%	47%	53%	60%	68%	80%	87%
Piepsz et. al.	35%	35%	36%	44%	50%	58%	70%	81%	90%
# Einrichtungen im Datensatz	15	15	15	15	17	23	19	23	20
Min. applizierter Aktivität [%]	11%	13%	17%	20%	25%	30%	36%	37%	50%
Max. applizierter Aktivität [%]	55%	59%	59%	96%	67%	76%	106%	111%	100%

**Tabelle 6:** Statistische Größen der alters- / gewichtsabhängig applizierten Aktivität für die vier am häufigsten an Kindern durchgeführten Untersuchungen

### 4.3. Statistische Größen zum Einsatz von Radiopharmaka

In den folgenden Tabellen sind die statistischen Größen der Pharmaka zusammengefasst, die bei Untersuchungen der Organsysteme nach Tabelle 2 eingesetzt werden. Explizit aufgeführt sind dabei Radiopharmaka, welche entweder in mehr als 0,5% der Untersuchungen des Organsystems zum Einsatz kommen oder die mehr als 0,5% zu der mittleren effektiven Dosis *Eff. Dosis<sub>U</sub>* oder *Eff. Dosis<sub>E</sub>* beitragen. Die Anzahl an Einrichtungen, die im Zweijahreszeitraum Untersuchungen durchgeführt haben, jedoch mit einer Häufigkeit von weniger als 8 Untersuchungen, sind in den Tabellen gesondert kenntlich gemacht. Tabellenfelder, in denen ein „-“ eingetragen ist, bedeuten, dass entweder aus weniger als fünf nuklearmedizinischen Einrichtungen Daten für diese Untersuchung zur Verfügung standen - in diesem Fall wurde die statistische Größe nicht berechnet –, oder dass im Fall einer effektiven Dosis der Konversionsfaktor nicht bekannt war.

Bei Herzuntersuchungen wurde zwischen den Untersuchungen unterschieden, die an einem Tag durchgeführt werden und denen, die geplant über zwei Tage laufen. Hierdurch ist es möglich, Myokard-Untersuchungen zu unterscheiden, die als Ein- bzw. Zweitagesprotokoll durchgeführt werden. In der Analyse wird, wie bereits erwähnt, jede Applikation von Aktivität als separate Untersuchung angesehen. Insofern entsprechen die in diesem Kapitel enthaltenen Aktivitäten für Myokard-Untersuchungen als Ein- bzw. Zweitagesprotokolle denen für jeweils eine Untersuchung – Ruhe oder Stress. Bei Myokard-Untersuchungen ist anhand der zur Verfügung gestellten Dokumentation in etlichen Fällen nicht ersichtlich, ob es sich um eine Ruhe- oder Stress-Untersuchung handelt. Es wurde in der Datenanalyse daher hierzu keine Unterscheidung vorgenommen.

Schilddrüse	# mit <8 Unt.		2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
		Pharmakon	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
# Untersuchungen		Tc-99m Perchnetat	150605	37782	37114	38911	36798
	11	I-123 NaI	527	83	109	153	182
		Rest	38				
rel. Häufigkeit		Tc-99m Perchnetat	99,6%	99,7%	99,7%	99,6%	99,5%
	11	I-123 NaI	0,3%	0,2%	0,3%	0,4%	0,5%
# Einrichtungen in Datensatz		Tc-99m Perchnetat	48	47	48	47	47
	11	I-123 NaI	14	5	11	6	8
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]		Tc-99m Perchnetat	68,5	68,4	68,9	68,4	68,0
	11	I-123 NaI	13,5	17,2	18,1	11,2	11,6
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]		Tc-99m Perchnetat	66,7	67,8	67,1	66,5	66,5
	11	I-123 NaI	17,6	25,6	21,2	14,5	13,7
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [mSv]		Tc-99m Perchnetat	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	11	I-123 NaI	2,0	2,6	2,7	1,7	1,7
Mean(Eff. Dosis) <sub>E</sub> [mSv]		Tc-99m Perchnetat	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	11	I-123 NaI	2,6	3,8	3,2	2,2	2,1
Median(Aktivität) [MBq]		Tc-99m Perchnetat	69,8	70,0	69,7	69,9	69,3
	11	I-123 NaI	14,5	17,2	17,1	10,5	12,1
Perz10(Aktivität) [MBq]		Tc-99m Perchnetat	51,5	53,8	51,9	51,4	51,4
	11	I-123 NaI	9,5	-	9,5	8,5	9,0
Per90(Aktivität) [MBq]		Tc-99m Perchnetat	74,7	75,0	74,8	74,9	74,0
	11	I-123 NaI	38,2	-	54,4	24,5	19,4

**Tabelle 7:** Statistische Daten zu bei Schilddrüsen-Untersuchungen verwendeten Radiopharmaka

Skelett	# mit <8 Unt.		2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
		Pharmakon	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
# Untersuchungen		Tc-99m HDP / MDP / DPD	89353	23632	22102	22859	20760
		Rest	207				
rel. Häufigkeit		Tc-99m HDP / MDP / DPD	99,8%	99,8%	99,9%	99,8%	99,6%
# Einrichtungen in Datensatz		Tc-99m HDP / MDP / DPD	48	48	48	47	47
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]		Tc-99m HDP / MDP / DPD	598,3	601,8	596,4	597,8	595,5
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]		Tc-99m HDP / MDP / DPD	600,0	600,8	598,9	600,6	597,9
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [mSv]		Tc-99m HDP / MDP / DPD	3,4	3,5	3,4	3,4	3,4
Mean(Eff. Dosis) <sub>E</sub> [mSv]		Tc-99m HDP / MDP / DPD	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Median(Aktivität) [MBq]		Tc-99m HDP / MDP / DPD	595,9	595,4	595,7	595,7	588,8
Perz10(Aktivität) [MBq]		Tc-99m HDP / MDP / DPD	526,6	526,9	523,1	522,1	524,3
Per90(Aktivität) [MBq]		Tc-99m HDP / MDP / DPD	680,4	677,9	683,7	685,4	677,6

**Tabelle 8:** Statistische Daten zu bei Skelett-Untersuchungen verwendeten Radiopharmaka

Herz (1-tages Protokolle)	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
# Untersuchungen	7	Tc-99m MIBI	10961	2403	3199	2833	2526
	6	Tl-201 Chlorid	3755	1130	802	709	1114
	3	Tc-99m markierte Erythrozyten	2350	697	678	541	434
	1	Tc-99m Tetrafosmin	2314	914	753	311	336
		N-13 Ammoniak	328	202	124	2	0
		F-18 FDG	282	127	94	36	25
		O-15 Wasser	88	43	45	0	0
		Rest	46				
rel. Häufigkeit	7	Tc-99m MIBI	54,5%	43,4%	56,0%	63,8%	56,9%
	6	Tl-201 Chlorid	18,7%	20,4%	14,0%	16,0%	25,1%
	3	Tc-99m markierte Erythrozyten	11,7%	12,6%	11,9%	12,2%	9,8%
	1	Tc-99m Tetrafosmin	11,5%	16,5%	13,2%	7,0%	7,6%
		N-13 Ammoniak	1,6%	3,7%	2,2%	0,0%	0,0%
		F-18 FDG	1,4%	2,3%	1,6%	0,8%	0,6%
		O-15 Wasser	0,4%	0,8%	0,8%	0,0%	0,0%
# Einrichtungen in Datensatz	7	Tc-99m MIBI	30	25	24	20	25
	6	Tl-201 Chlorid	21	12	13	13	18
	3	Tc-99m markierte Erythrozyten	11	9	9	7	8
	1	Tc-99m Tetrafosmin	12	9	7	9	10
		N-13 Ammoniak	2	2	2	1	0
		F-18 FDG	7	6	6	6	4
		O-15 Wasser	1	1	1	0	0
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]	7	Tc-99m MIBI	485,2	484,8	486,6	485,7	480,3
	6	Tl-201 Chlorid	76,3	74,6	76,4	75,6	86,0
	3	Tc-99m markierte Erythrozyten	710,1	717,0	712,1	702,4	702,0
	1	Tc-99m Tetrafosmin	511,2	521,3	516,5	481,2	482,3
		N-13 Ammoniak	570,0	572,1	561,6	674,7	-
		F-18 FDG	239,6	244,5	230,1	248,4	242,3
		O-15 Wasser	815,4	807,3	814,1	-	-
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]	7	Tc-99m MIBI	477,6	483,5	445,6	443,3	465,4
	6	Tl-201 Chlorid	80,6	77,2	75,4	76,4	82,3
	3	Tc-99m markierte Erythrozyten	655,0	683,7	676,7	681,6	612,4
	1	Tc-99m Tetrafosmin	482,7	449,1	449,3	477,3	480,8
		N-13 Ammoniak	639,6	643,6	649,3	674,7	-
		F-18 FDG	251,7	231,6	230,4	244,3	231,3
		O-15 Wasser	815,4	807,3	814,1	-	-
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [mSv]	7	Tc-99m MIBI	4,4	4,4	4,4	4,4	4,3
	6	Tl-201 Chlorid	10,7	10,4	10,7	10,6	12,0
	3	Tc-99m markierte Erythrozyten	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9
	1	Tc-99m Tetrafosmin	3,5	3,6	3,6	3,3	3,3
		N-13 Ammoniak	1,5	1,5	1,5	1,8	-
		F-18 FDG	4,6	4,6	4,4	4,7	4,6
		O-15 Wasser	-	-	-	-	-

Herz (1-tages Protokolle)	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Mean(Eff. Dosis) <sub>E</sub> [mSv]	7	Tc-99m MIBI	4,3	4,4	4,0	4,0	4,2
	6	Tl-201 Chlorid	11,3	10,8	10,6	10,7	11,5
	3	Tc-99m markierte Erythrozyten	4,6	4,8	4,7	4,8	4,3
	1	Tc-99m Tetrafosmin	3,3	3,1	3,1	3,3	3,3
		N-13 Ammoniak	1,7	1,7	1,8	1,8	-
		F-18 FDG	4,8	4,4	4,4	4,6	4,4
		O-15 Wasser	-	-	-	-	-
Median(Aktivität) [MBq]	7	Tc-99m MIBI	471,7	470,3	466,0	467,6	471,0
	6	Tl-201 Chlorid	80,1	75,5	74,0	76,0	79,4
	3	Tc-99m markierte Erythrozyten	700,0	700,0	700,0	700,0	677,1
	1	Tc-99m Tetrafosmin	485,4	470,6	475,3	475,5	476,8
		N-13 Ammoniak	639,6	643,6	649,3	674,7	-
		F-18 FDG	246,8	232,9	226,4	203,5	215,9
		O-15 Wasser	815,4	807,3	814,1	-	-
Perz10(Aktivität) [MBq]	7	Tc-99m MIBI	325,0	272,1	269,7	300,0	300,7
	6	Tl-201 Chlorid	65,1	63,0	31,8	67,7	68,6
	3	Tc-99m markierte Erythrozyten	451,3	573,3	543,9	581,7	439,1
	1	Tc-99m Tetrafosmin	399,7	303,8	327,4	418,3	433,0
		N-13 Ammoniak	-	-	-	-	-
		F-18 FDG	146,1	137,6	145,4	144,5	-
		O-15 Wasser	-	-	-	-	-
Per90(Aktivität) [MBq]	7	Tc-99m MIBI	591,1	659,7	571,6	563,1	605,8
	6	Tl-201 Chlorid	99,8	95,7	107,6	85,8	104,7
	3	Tc-99m markierte Erythrozyten	770,3	754,1	769,8	752,0	722,0
	1	Tc-99m Tetrafosmin	546,8	549,6	526,5	519,3	509,3
		N-13 Ammoniak	-	-	-	-	-
		F-18 FDG	373,6	324,3	319,3	385,0	-
		O-15 Wasser	-	-	-	-	-

**Tabelle 9:** Statistische Daten zu bei Herzuntersuchungen (1-tages Protokolle) verwendeten Radiopharmaka

Herz (2-tages Protokolle)	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
# Untersuchungen	2	Tc-99m MIBI	25752	6429	6534	6932	5857
	2	Tc-99m Tetrofosmin	5445	1750	1315	1189	1191
		Rest	38				
rel. Häufigkeit	2	Tc-99m MIBI	82,5%	78,6%	83,2%	85,4%	83,0%
	2	Tc-99m Tetrofosmin	17,4%	21,4%	16,8%	14,6%	16,9%
# Einrichtungen in Datensatz	2	Tc-99m MIBI	25	23	24	24	24
	2	Tc-99m Tetrofosmin	11	9	8	9	9
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]	2	Tc-99m MIBI	418,3	411,1	430,9	419,8	407,5
	2	Tc-99m Tetrofosmin	376,6	385,5	382,9	371,1	367,4
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]	2	Tc-99m MIBI	416,9	407,7	397,1	420,9	431,2
	2	Tc-99m Tetrofosmin	392,1	377,3	389,3	367,7	383,4
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [mSv]	2	Tc-99m MIBI	3,8	3,7	3,9	3,8	3,7
	2	Tc-99m Tetrofosmin	2,6	2,7	2,6	2,6	2,5
Mean(Eff. Dosis) <sub>E</sub> [mSv]	2	Tc-99m MIBI	3,8	3,7	3,6	3,8	3,9
	2	Tc-99m Tetrofosmin	2,7	2,6	2,7	2,5	2,6
Median(Aktivität) [MBq]	2	Tc-99m MIBI	400,7	414,4	370,8	410,7	420,6
	2	Tc-99m Tetrofosmin	399,0	377,2	396,0	388,7	377,1
Perz10(Aktivität) [MBq]	2	Tc-99m MIBI	321,3	305,3	260,1	326,1	323,2
	2	Tc-99m Tetrofosmin	300,8	295,3	315,4	317,0	294,6
Per90(Aktivität) [MBq]	2	Tc-99m MIBI	528,0	530,5	533,4	558,4	554,4
	2	Tc-99m Tetrofosmin	527,3	480,9	476,6	402,8	498,9

**Tabelle 10:** Statistische Daten zu bei Herzuntersuchungen (2-tage Protokolle) eingesetzten Radiopharmaka

Lunge	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
# Untersuchungen	1	Tc-99m MAA	6122	1662	1530	1519	1416
		Tc-99m Technegas	1586	522	477	297	290
	1	Tc-99m DTPA	1205	260	335	331	279
		Kr-81m Gas	625	174	170	126	155
		Rest	20				
rel. Häufigkeit	1	Tc-99m MAA	64,1%	63,1%	60,9%	66,8%	66,1%
		Tc-99m Technegas	16,6%	19,8%	19,0%	13,1%	13,5%
	1	Tc-99m DTPA	12,6%	9,9%	13,3%	14,5%	13,0%
		Kr-81m Gas	6,5%	6,6%	6,8%	5,5%	7,2%
# Einrichtungen in Datensatz	1	Tc-99m MAA	47	44	46	44	43
		Tc-99m Technegas	14	14	14	12	12
	1	Tc-99m DTPA	15	12	14	14	13
		Kr-81m Gas	1	1	1	1	1
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]	1	Tc-99m MAA	152,1	148,0	151,7	156,9	153,0
		Tc-99m Technegas	611,2	661,1	730,6	438,4	463,5
	1	Tc-99m DTPA	911,0	961,9	919,3	880,7	892,7
		Kr-81m Gas	430,0	430,0	430,0	430,0	430,0
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]	1	Tc-99m MAA	154,4	152,4	153,9	153,1	156,7
		Tc-99m Technegas	439,0	461,9	444,4	406,6	406,4
	1	Tc-99m DTPA	912,0	928,8	892,6	934,7	943,5
		Kr-81m Gas	430,0	430,0	430,0	430,0	430,0
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [mSv]	1	Tc-99m MAA	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7
		Tc-99m Technegas	9,2	9,9	11,0	6,6	7,0
	1	Tc-99m DTPA	4,5	4,7	4,5	4,3	4,4
		Kr-81m Gas	-	-	-	-	-
Mean(Eff. Dosis) <sub>E</sub> [mSv]	1	Tc-99m MAA	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
		Tc-99m Technegas	6,6	6,9	6,7	6,1	6,1
	1	Tc-99m DTPA	4,5	4,6	4,4	4,6	4,6
		Kr-81m Gas	-	-	-	-	-
Median(Aktivität) [MBq]	1	Tc-99m MAA	148,2	140,1	152,9	145,7	159,0
		Tc-99m Technegas	346,8	360,2	333,4	352,7	356,9
	1	Tc-99m DTPA	949,9	972,9	949,4	950,0	969,6
		Kr-81m Gas	430,0	430,0	430,0	430,0	430,0
Perz10(Aktivität) [MBq]	1	Tc-99m MAA	104,3	93,4	103,6	93,1	95,5
		Tc-99m Technegas	95,6	99,2	96,1	92,8	96,0
	1	Tc-99m DTPA	715,5	541,5	504,9	541,5	541,5
		Kr-81m Gas	-	-	-	-	-
Per90(Aktivität) [MBq]	1	Tc-99m MAA	204,9	210,2	209,7	210,9	209,5
		Tc-99m Technegas	1329,1	1425,0	1425,0	995,1	986,5
	1	Tc-99m DTPA	1192,1	1258,4	1173,5	1238,1	1215,8
		Kr-81m Gas	-	-	-	-	-

**Tabelle 11:** Statistische Daten zu bei Lungenuntersuchungen verwendeten Radiopharmaka

Ganzkörper	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
# Untersuchungen	1	F-18 FDG	21294	4530	4984	5576	6205
	4	In-111 Octreotid	1051	288	305	222	236
	1	F-18 FET	906	203	235	156	312
		Ga-68 DOTATOC	875	175	228	242	230
	1	Tc-99m Granulozyten	728	171	206	177	174
	17	I-123 MIBG	539	135	103	150	152
		Ga-68 DOTATATE	489	41	91	134	223
		F-18 Cholin	413	59	103	96	155
	5	Tc-99m Leucoscan	195	35	52	55	53
	1	F-18 L-Dopa	191	49	61	41	40
		In-111 Oxin	174	49	45	49	31
	2	Tc-99m Tectrodyd	153	49	30	30	44
	1	C-11 Cholin	135	28	26	53	28
		Rest	999				
rel. Häufigkeit	1	F-18 FDG	75,7%	74,5%	74,1%	77,5%	76,2%
	4	In-111 Octreotid	3,7%	4,7%	4,5%	3,1%	2,9%
	1	F-18 FET	3,2%	3,3%	3,5%	2,2%	3,8%
		Ga-68 DOTATOC	3,1%	2,9%	3,4%	3,4%	2,8%
	1	Tc-99m Granulozyten	2,6%	2,8%	3,1%	2,5%	2,1%
	17	I-123 MIBG	1,9%	2,2%	1,5%	2,1%	1,9%
		Ga-68 DOTATATE	1,7%	0,7%	1,4%	1,9%	2,7%
		F-18 Cholin	1,5%	1,0%	1,5%	1,3%	1,9%
	5	Tc-99m Leucoscan	0,7%	0,6%	0,8%	0,8%	0,7%
	1	F-18 L-Dopa	0,7%	0,8%	0,9%	0,6%	0,5%
		In-111 Oxin	0,6%	0,8%	0,7%	0,7%	0,4%
	2	Tc-99m Tectrodyd	0,5%	0,8%	0,4%	0,4%	0,5%
	1	C-11 Cholin	0,5%	0,5%	0,4%	0,7%	0,3%
# Einrichtungen in Datensatz	1	F-18 FDG	15	12	13	12	13
	4	In-111 Octreotid	25	23	23	20	19
	1	F-18 FET	2	1	1	2	1
		Ga-68 DOTATOC	3	2	3	3	3
	1	Tc-99m Granulozyten	17	17	17	16	15
	17	I-123 MIBG	34	25	21	26	21
		Ga-68 DOTATATE	3	1	1	2	3
		F-18 Cholin	5	1	3	3	5
	5	Tc-99m Leucoscan	14	8	10	10	13
	1	F-18 L-Dopa	3	2	3	3	3
		In-111 Oxin	2	2	2	2	2
	2	Tc-99m Tectrodyd	5	1	1	2	5
	1	C-11 Cholin	3	2	3	2	1



Ganzkörper	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]	1	F-18 FDG	308,7	312,6	311,6	308,6	303,3
	4	In-111 Octreotid	163,1	166,5	164,3	160,5	158,8
	1	F-18 FET	174,4	177,2	177,8	171,0	170,6
		Ga-68 DOTATOC	90,7	93,4	89,9	91,2	89,0
	1	Tc-99m Granulozyten	715,1	717,2	710,3	729,0	698,0
	17	I-123 MIBG	239,8	220,0	243,6	230,1	267,8
		Ga-68 DOTATATE	196,8	156,8	219,7	191,1	193,0
		F-18 Cholin	359,1	346,7	365,5	364,2	350,3
	5	Tc-99m Leucoscan	716,8	725,6	725,1	705,8	717,3
	1	F-18 L-Dopa	324,5	310,1	323,0	314,9	336,0
		In-111 Oxin	18,1	17,9	17,2	18,3	18,3
	2	Tc-99m Tectrodyd	477,5	375,3	375,5	464,7	667,3
	1	C-11 Cholin	786,4	959,8	835,2	792,4	513,5
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]	1	F-18 FDG	342,7	346,2	337,3	327,5	340,0
	4	In-111 Octreotid	155,9	164,0	152,4	154,8	156,9
	1	F-18 FET	219,6	177,2	177,8	217,7	170,6
		Ga-68 DOTATOC	127,8	121,3	141,9	139,0	126,3
	1	Tc-99m Granulozyten	669,0	683,0	682,1	677,9	668,5
	17	I-123 MIBG	246,5	245,2	247,3	238,2	228,9
		Ga-68 DOTATATE	131,2	156,8	219,7	151,3	134,6
		F-18 Cholin	346,4	346,7	319,0	372,7	353,4
	5	Tc-99m Leucoscan	724,2	700,2	720,2	719,8	732,2
	1	F-18 L-Dopa	344,2	307,7	340,8	331,9	353,2
		In-111 Oxin	21,2	22,6	19,6	23,1	19,3
	2	Tc-99m Tectrodyd	660,6	375,3	375,5	543,7	660,3
	1	C-11 Cholin	621,8	694,9	581,6	730,8	513,5
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [mSv]	1	F-18 FDG	5,9	5,9	5,9	5,9	5,8
	4	In-111 Octreotid	8,8	9,0	8,9	8,7	8,6
	1	F-18 FET	3,3	3,4	3,4	3,2	3,2
		Ga-68 DOTATOC	-	-	-	-	-
	1	Tc-99m Granulozyten	7,9	7,9	7,8	8,0	7,7
	17	I-123 MIBG	3,1	2,9	3,2	3,0	3,5
		Ga-68 DOTATATE	-	-	-	-	-
		F-18 Cholin	8,3	8,0	8,4	8,4	8,1
	5	Tc-99m Leucoscan	7,9	8,0	8,0	7,8	7,9
	1	F-18 L-Dopa	8,1	7,8	8,1	7,9	8,4
		In-111 Oxin	6,5	6,5	6,2	6,6	6,6
	2	Tc-99m Tectrodyd	-	-	-	-	-
	1	C-11 Cholin	4,4	5,4	4,7	4,4	2,9

Ganzkörper	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Mean(Eff. Dosis) <sub>E</sub> [mSv]	1	F-18 FDG	6,5	6,6	6,4	6,2	6,5
	4	In-111 Octreotid	8,4	8,9	8,2	8,4	8,5
	1	F-18 FET	4,2	3,4	3,4	4,1	3,2
		Ga-68 DOTATOC	5,4	-	7,5	5,4	5,4
	1	Tc-99m Granulozyten	7,4	7,5	7,5	7,5	7,4
	17	I-123 MIBG	3,2	3,2	3,2	3,1	3,0
		Ga-68 DOTATATE	-	-	-	-	-
		F-18 Cholin	8,0	8,0	7,3	8,6	8,1
	5	Tc-99m Leucoscan	8,0	7,7	7,9	7,9	8,1
	1	F-18 L-Dopa	8,6	7,7	8,5	8,3	8,8
		In-111 Oxin	7,6	8,1	7,0	8,3	7,0
	2	Tc-99m Tectrodyd	-	-	-	-	-
	1	C-11 Cholin	3,5	3,9	3,3	4,1	2,9
	Median(Aktivität) [MBq]	1	F-18 FDG	357,6	363,7	354,8	351,0
4		In-111 Octreotid	152,2	163,8	148,8	149,9	155,8
1		F-18 FET	219,6	177,2	177,8	217,7	170,6
		Ga-68 DOTATOC	112,4	121,3	94,6	147,4	114,7
1		Tc-99m Granulozyten	678,5	690,4	696,5	679,9	674,7
17		I-123 MIBG	227,3	213,3	228,7	205,0	199,8
		Ga-68 DOTATATE	100,3	156,8	219,7	151,3	97,4
		F-18 Cholin	344,8	346,7	373,4	375,0	349,0
5		Tc-99m Leucoscan	706,0	707,8	727,5	701,5	709,1
1		F-18 L-Dopa	339,1	307,7	339,8	333,6	357,2
		In-111 Oxin	21,2	22,6	19,6	23,1	19,3
2		Tc-99m Tectrodyd	719,2	375,3	375,5	543,7	719,2
1		C-11 Cholin	466,7	694,9	370,0	730,8	513,5
Perz10(Aktivität) [MBq]		1	F-18 FDG	268,7	233,6	232,8	233,5
	4	In-111 Octreotid	123,5	127,7	122,9	118,4	131,0
	1	F-18 FET	-	-	-	-	-
		Ga-68 DOTATOC	-	-	-	-	-
	1	Tc-99m Granulozyten	556,3	543,9	573,4	575,9	587,5
	17	I-123 MIBG	176,9	179,2	182,7	175,3	174,9
		Ga-68 DOTATATE	-	-	-	-	-
		F-18 Cholin	-	-	-	-	-
	5	Tc-99m Leucoscan	603,2	608,4	603,8	576,1	650,2
	1	F-18 L-Dopa	-	-	-	-	-
		In-111 Oxin	-	-	-	-	-
	2	Tc-99m Tectrodyd	-	-	-	-	-
	1	C-11 Cholin	-	-	-	-	-

Ganzkörper	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Per90(Aktivität) [MBq]	1	F-18 FDG	411,3	406,5	404,5	378,5	459,5
	4	In-111 Octreotid	190,7	199,5	189,4	175,8	183,5
	1	F-18 FET	-	-	-	-	-
		Ga-68 DOTATOC	-	-	-	-	-
	1	Tc-99m Granulozyten	761,7	763,6	768,9	763,8	836,0
	17	I-123 MIBG	372,4	341,4	369,8	362,1	359,0
		Ga-68 DOTATATE	-	-	-	-	-
		F-18 Cholin	-	-	-	-	-
	5	Tc-99m Leucoscan	835,2	765,7	800,5	855,0	829,3
	1	F-18 L-Dopa	-	-	-	-	-
		In-111 Oxin	-	-	-	-	-
	2	Tc-99m Tectrodyd	-	-	-	-	-
	1	C-11 Cholin	-	-	-	-	-

**Tabelle 12:** Statistische Daten zu bei Ganzkörper-Untersuchungen verwendeten Radipharmaka

Niere	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
# Untersuchungen		Tc-99m MAG3	8976	2249	2188	2283	2257
		I-123 Hippuran	499	141	122	137	99
	2	Tc-99m DTPA	389	59	75	115	140
		Rest	96				
rel. Häufigkeit		Tc-99m MAG3	90,1%	91,0%	91,0%	89,2%	89,4%
		I-123 Hippuran	5,0%	5,7%	5,1%	5,4%	3,9%
	2	Tc-99m DTPA	3,9%	2,4%	3,1%	4,5%	5,5%
# Einrichtungen in Datensatz		Tc-99m MAG3	46	46	46	45	45
		I-123 Hippuran	2	2	2	2	2
	2	Tc-99m DTPA	6	4	4	4	5
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]		Tc-99m MAG3	100,4	101,0	99,0	100,6	99,3
		I-123 Hippuran	12,0	10,9	11,2	12,5	13,1
	2	Tc-99m DTPA	84,7	123,7	94,8	80,4	67,8
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]		Tc-99m MAG3	110,9	111,1	115,6	112,5	111,2
		I-123 Hippuran	13,4	12,7	13,1	13,7	13,8
	2	Tc-99m DTPA	130,2	110,0	173,9	136,5	112,7
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [mSv]		Tc-99m MAG3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
		I-123 Hippuran	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
	2	Tc-99m DTPA	0,4	0,6	0,5	0,4	0,3
Mean(Eff. Dosis) <sub>E</sub> [mSv]		Tc-99m MAG3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		I-123 Hippuran	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	2	Tc-99m DTPA	0,6	0,5	0,9	0,7	0,6
Median(Aktivität) [MBq]		Tc-99m MAG3	107,5	107,8	105,0	106,5	106,4
		I-123 Hippuran	13,4	12,7	13,1	13,7	13,8
	2	Tc-99m DTPA	148,7	115,4	167,1	151,3	142,5
Perz10(Aktivität) [MBq]		Tc-99m MAG3	81,0	81,3	78,0	78,2	76,8
		I-123 Hippuran	-	-	-	-	-
	2	Tc-99m DTPA	42,6	-	-	-	-
Per90(Aktivität) [MBq]		Tc-99m MAG3	153,2	149,7	157,4	152,0	151,7
		I-123 Hippuran	-	-	-	-	-
	2	Tc-99m DTPA	199,3	-	-	-	-

**Tabelle 13:** Statistische Daten zu bei Nierenuntersuchungen verwendeten Radiopharmaka

Gehirn	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
# Untersuchungen	2	I-123 DAT-Scan	1566	320	396	425	425
	7	Tc-99m HMPAO	539	178	164	96	101
	1	F-18 FDG	518	116	104	136	162
	6	Tc-99m Neurolite	346	75	65	123	83
	6	I-123 IBZM	255	71	50	64	70
	1	F-18 FET	162	3	11	126	22
		C-11 Methionin	112	8	11	43	50
		C-11 DASB	66	17	19	10	20
		C-11 Carfentanil	50	19	12	17	2
		F-18 L-Dopa	32	10	11	6	5
	1	C-11 Cholin	22	4	0	11	7
		C-11 Raclopride	22	10	2	4	6
		Rest	73				
rel. Häufigkeit	2	I-123 DAT-Scan	41,6%	38,0%	46,5%	38,8%	43,6%
	7	Tc-99m HMPAO	14,3%	21,1%	19,3%	8,8%	10,4%
	1	F-18 FDG	13,8%	13,8%	12,2%	12,4%	16,6%
	6	Tc-99m Neurolite	9,2%	8,9%	7,6%	11,2%	8,5%
	6	I-123 IBZM	6,8%	8,4%	5,9%	5,8%	7,2%
	1	F-18 FET	4,3%	0,4%	1,3%	11,5%	2,3%
		C-11 Methionin	3,0%	1,0%	1,3%	3,9%	5,1%
		C-11 DASB	1,8%	2,0%	2,2%	0,9%	2,1%
		C-11 Carfentanil	1,3%	2,3%	1,4%	1,6%	0,2%
		F-18 L-Dopa	0,9%	1,2%	1,3%	0,5%	0,5%
	1	C-11 Cholin	0,6%	0,5%	0,0%	1,0%	0,7%
		C-11 Raclopride	0,6%	1,2%	0,2%	0,4%	0,6%
# Einrichtungen in Datensatz	2	I-123 DAT-Scan	25	19	21	22	24
	7	Tc-99m HMPAO	12	9	10	6	9
	1	F-18 FDG	8	6	7	8	6
	6	Tc-99m Neurolite	12	8	5	8	7
	6	I-123 IBZM	18	10	13	13	15
	1	F-18 FET	4	2	2	3	2
		C-11 Methionin	2	1	1	2	2
		C-11 DASB	1	1	1	1	1
		C-11 Carfentanil	1	1	1	1	1
		F-18 L-Dopa	1	1	1	1	1
	1	C-11 Cholin	2	1	0	1	1
		C-11 Raclopride	2	2	1	1	1
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]	2	I-123 DAT-Scan	182,5	182,2	181,8	182,2	182,5
	7	Tc-99m HMPAO	550,9	570,6	545,4	533,8	535,7
	1	F-18 FDG	215,7	214,8	197,9	192,9	245,5
	6	Tc-99m Neurolite	563,6	578,9	577,3	561,0	540,2
	6	I-123 IBZM	180,6	179,9	195,0	179,1	174,7
	1	F-18 FET	211,2	234,0	312,5	193,8	255,5
		C-11 Methionin	358,0	355,7	298,6	373,6	358,4
		C-11 DASB	719,7	576,2	704,2	841,3	765,3
		C-11 Carfentanil	772,8	720,1	799,9	792,9	845,5
		F-18 L-Dopa	209,7	208,8	220,7	189,2	243,8
	1	C-11 Cholin	384,6	344,4	-	383,2	432,3
		C-11 Raclopride	222,5	311,8	75,5	112,3	226,0

Gehirn	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]	2	I-123 DAT-Scan	183,4	181,1	181,1	185,8	182,6
	7	Tc-99m HMPAO	580,5	605,5	572,6	594,3	594,4
	1	F-18 FDG	207,2	236,0	215,5	205,1	243,1
	6	Tc-99m ECD	630,4	672,2	621,2	583,5	542,6
	6	I-123 IBZM	196,8	178,3	230,5	178,8	170,8
	1	F-18 FET	215,8	223,7	261,9	221,1	240,1
		C-11 Methionin	549,0	355,7	298,6	567,2	532,0
		C-11 DASB	719,7	576,2	704,2	841,3	765,3
		C-11 Carfentanil	772,8	720,1	799,9	792,9	845,5
		F-18 L-Dopa	209,7	208,8	220,7	189,2	243,8
	1	C-11 Cholin	369,0	344,4	-	383,2	432,3
		C-11 Raclopride	444,1	436,7	75,5	112,3	226,0
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [mSv]	2	I-123 DAT-Scan	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
	7	Tc-99m HMPAO	3,9	4,0	3,8	3,7	3,8
	1	F-18 FDG	4,1	4,1	3,8	3,7	4,7
	6	Tc-99m ECD	4,3	4,5	4,4	4,3	4,2
	6	I-123 IBZM	9,0	9,0	9,8	9,0	8,7
	1	F-18 FET	4,0	4,4	5,9	3,7	4,9
		C-11 Methionin	3,0	3,0	2,5	3,1	3,0
		C-11 DASB	3,1	2,5	3,0	3,6	3,3
		C-11 Carfentanil	3,3	3,1	3,4	3,4	3,6
		F-18 L-Dopa	5,2	5,2	5,5	4,7	6,1
	1	C-11 Cholin	2,2	1,9	-	2,1	2,4
		C-11 Raclopride	1,0	1,3	0,3	0,5	1,0
Mean(Eff. Dosis) <sub>E</sub> [mSv]	2	I-123 DAT-Scan	9,2	9,1	9,1	9,3	9,1
	7	Tc-99m HMPAO	4,1	4,2	4,0	4,2	4,2
	1	F-18 FDG	3,9	4,5	4,1	3,9	4,6
	6	Tc-99m ECD	4,9	5,2	4,8	4,5	4,2
	6	I-123 IBZM	9,8	8,9	11,5	8,9	8,5
	1	F-18 FET	4,1	4,3	5,0	4,2	4,6
		C-11 Methionin	4,6	3,0	2,5	4,8	4,5
		C-11 DASB	3,1	2,5	3,0	3,6	3,3
		C-11 Carfentanil	3,3	3,1	3,4	3,4	3,6
		F-18 L-Dopa	5,2	5,2	5,5	4,7	6,1
	1	C-11 Cholin	2,1	1,9	-	2,1	2,4
		C-11 Raclopride	1,9	1,9	0,3	0,5	1,0
Median(Aktivität) [MBq]	2	I-123 DAT-Scan	179,2	178,6	178,5	178,6	177,1
	7	Tc-99m HMPAO	579,1	652,0	582,0	561,6	590,0
	1	F-18 FDG	188,5	212,2	201,6	184,3	238,8
	6	Tc-99m ECD	577,1	643,3	573,2	543,9	524,8
	6	I-123 IBZM	179,3	177,9	184,8	181,0	174,8
	1	F-18 FET	190,5	223,7	261,9	179,4	240,1
		C-11 Methionin	549,0	355,7	298,6	567,2	532,0
		C-11 DASB	719,7	576,2	704,2	841,3	765,3
		C-11 Carfentanil	772,8	720,1	799,9	792,9	845,5
		F-18 L-Dopa	209,7	208,8	220,7	189,2	243,8
	1	C-11 Cholin	369,0	344,4	-	383,2	432,3
		C-11 Raclopride	444,1	436,7	75,5	112,3	226,0

Gehirn	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Perz10(Aktivität) [MBq]	2	I-123 DAT-Scan	168,0	171,7	158,8	172,8	165,1
	7	Tc-99m HMPAO	305,1	372,9	214,0	397,2	314,6
	1	F-18 FDG	122,1	135,1	135,5	113,6	156,2
	6	Tc-99m ECD	505,9	549,2	-	524,0	470,3
	6	I-123 IBZM	169,9	170,2	175,0	168,5	161,5
	1	F-18 FET	-	-	-	-	-
		C-11 Methionin	-	-	-	-	-
		C-11 DASB	-	-	-	-	-
		C-11 Carfentanil	-	-	-	-	-
		F-18 L-Dopa	-	-	-	-	-
	1	C-11 Cholin	-	-	-	-	-
		C-11 Raclopride	-	-	-	-	-
Per90(Aktivität) [MBq]	2	I-123 DAT-Scan	214,9	187,3	212,5	243,8	237,1
	7	Tc-99m HMPAO	786,0	814,3	720,7	824,0	856,3
	1	F-18 FDG	344,0	360,6	329,8	354,0	334,4
	6	Tc-99m ECD	874,0	874,0	-	714,0	635,0
	6	I-123 IBZM	240,1	186,4	472,6	191,3	187,5
	1	F-18 FET	-	-	-	-	-
		C-11 Methionin	-	-	-	-	-
		C-11 DASB	-	-	-	-	-
		C-11 Carfentanil	-	-	-	-	-
		F-18 L-Dopa	-	-	-	-	-
	1	C-11 Cholin	-	-	-	-	-
		C-11 Raclopride	-	-	-	-	-

**Tabelle 14:** Statistische Daten zu bei Hirnuntersuchungen verwendeten Radiopharmaka

Galle / Leber	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
# Untersuchungen	17	Tc-99m Bridatec	215	64	50	54	47
	2	Tc-99m MAA	172	1	17	77	77
	2	Se-75 SeHCAT	59	13	18	25	3
	6	Tc-99m markierte Erythrozyten	15	3	3	7	2
	1	Tc-99m Jodida	5	0	1	3	1
		Rest	15				
rel. Häufigkeit	17	Tc-99m Bridatec	44,7%	75,3%	54,9%	32,0%	34,6%
	2	Tc-99m MAA	35,8%	1,2%	18,7%	45,6%	56,6%
	2	Se-75 SeHCAT	12,3%	15,3%	19,8%	14,8%	2,2%
	6	Tc-99m markierte Erythrozyten	3,1%	3,5%	3,3%	4,1%	1,5%
	1	Tc-99m Jodida	1,0%	0,0%	1,1%	1,8%	0,7%
# Einrichtungen in Datensatz	17	Tc-99m Bridatec	24	16	16	15	15
	2	Tc-99m MAA	3	1	1	1	2
	2	Se-75 SeHCAT	5	4	3	5	2
	6	Tc-99m markierte Erythrozyten	6	3	2	4	2
	1	Tc-99m Jodida	1	0	1	1	1
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]	17	Tc-99m Bridatec	229,9	247,7	230,7	236,8	204,5
	2	Tc-99m MAA	150,2	150,0	150,0	150,0	150,5
	2	Se-75 SeHCAT	0,5	0,6	0,5	1,8	0,8
	6	Tc-99m markierte Erythrozyten	553,6	565,3	566,7	525,1	616,6
	1	Tc-99m Jodida	147,8	-	148,2	148,8	144,4
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]	17	Tc-99m Bridatec	223,2	226,0	236,1	229,5	180,4
	2	Tc-99m MAA	156,7	150,0	150,0	150,0	160,0
	2	Se-75 SeHCAT	0,5	0,5	0,6	2,2	0,8
	6	Tc-99m markierte Erythrozyten	509,2	565,3	475,0	537,0	616,6
	1	Tc-99m Jodida	147,8	-	148,2	148,8	144,4
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [mSv]	17	Tc-99m Bridatec	-	-	-	-	-
	2	Tc-99m MAA	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
	2	Se-75 SeHCAT	0,4	0,4	0,4	1,3	0,6
	6	Tc-99m markierte Erythrozyten	3,9	4,0	4,0	3,7	4,3
	1	Tc-99m Jodida	-	-	-	-	-
Mean(Eff. Dosis) <sub>E</sub> [mSv]	17	Tc-99m Bridatec	-	-	-	-	-
	2	Tc-99m MAA	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8
	2	Se-75 SeHCAT	0,3	0,4	0,4	1,5	0,5
	6	Tc-99m markierte Erythrozyten	3,6	4,0	3,3	3,8	4,3
	1	Tc-99m Jodida	-	-	-	-	-



Galle / Leber	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Median(Aktivität) [MBq]	17	Tc-99m Bridatec	191,0	183,3	170,0	185,6	183,3
	2	Tc-99m MAA	150,0	150,0	150,0	150,0	160,0
	2	Se-75 SeHCAT	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8
	6	Tc-99m markierte Erythrozyten	630,6	676,4	475,0	649,1	616,6
	1	Tc-99m Jodida	147,8	-	148,2	148,8	144,4
Perz10(Aktivität) [MBq]	17	Tc-99m Bridatec	140,4	139,4	138,5	140,3	140,6
	2	Tc-99m MAA	-	-	-	-	-
	2	Se-75 SeHCAT	-	-	-	-	-
	6	Tc-99m markierte Erythrozyten	179,2	-	-	-	-
	1	Tc-99m Jodida	-	-	-	-	-
Per90(Aktivität) [MBq]	17	Tc-99m Bridatec	381,0	340,6	355,5	456,9	293,5
	2	Tc-99m MAA	-	-	-	-	-
	2	Se-75 SeHCAT	-	-	-	-	-
	6	Tc-99m markierte Erythrozyten	717,7	-	-	-	-
	1	Tc-99m Jodida	-	-	-	-	-

**Tabelle 15:** Statistische Daten zu bei Gallen- bzw. Leberuntersuchungen verwendeten Radiopharmaka

Lymphatisches System	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
# Untersuchungen	4	Tc-99m Nanocoll	11075	2386	2564	3059	3068
	2	Tc-99m MDP / HDP / DPD	33	1	2	2	28
		Rest	8				
rel. Häufigkeit	4	Tc-99m Nanocoll	99,6%	99,9%	99,9%	99,7%	99,1%
	2	Tc-99m MDP / HDP / DPD	0,3%	0,0%	0,1%	0,1%	0,9%
# Einrichtungen in Datensatz	4	Tc-99m Nanocoll	37	31	34	34	33
	2	Tc-99m MDP / HDP / DPD	3	1	2	1	3
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]	4	Tc-99m Nanocoll	131,4	135,3	130,8	132,5	125,2
	2	Tc-99m MDP / HDP / DPD	95,9	47,5	149,3	40,4	98,2
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]	4	Tc-99m Nanocoll	134,3	144,9	139,0	138,9	131,2
	2	Tc-99m MDP / HDP / DPD	114,3	47,5	149,3	40,4	98,6
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [mSv]	4	Tc-99m Nanocoll	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	2	Tc-99m MDP / HDP / DPD	0,5	0,3	0,9	0,2	0,6
Mean(Eff. Dosis) <sub>E</sub> [mSv]	4	Tc-99m Nanocoll	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	2	Tc-99m MDP / HDP / DPD	0,7	0,3	0,9	0,2	0,6
Median(Aktivität) [MBq]	4	Tc-99m Nanocoll	127,7	145,1	132,3	124,7	118,1
	2	Tc-99m MDP / HDP / DPD	97,7	47,5	149,3	40,4	98,2
Perz10(Aktivität) [MBq]	4	Tc-99m Nanocoll	35,2	36,6	34,8	35,8	33,8
	2	Tc-99m MDP / HDP / DPD	-	-	-	-	-
Per90(Aktivität) [MBq]	4	Tc-99m Nanocoll	223,5	253,0	245,1	244,6	233,2
	2	Tc-99m MDP / HDP / DPD	-	-	-	-	-

**Tabelle 16:** Statistische Daten zu bei Untersuchungen des Lymphatischen Systems verwendeten Radiopharmaka

Nebenschilddrüse	# mit <8 Unt		2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
		Pharmakon	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
# Untersuchungen	7	Tc-99m MIBI	1296	270	299	372	355
		C-11 Methionin	48	4	22	6	16
	4	Tc-99m Tetrofosmin	35	6	3	7	19
		Rest	5				
rel. Häufigkeit	7	Tc-99m MIBI	93,6%	96,4%	92,3%	95,9%	90,6%
		C-11 Methionin	3,5%	1,4%	6,8%	1,5%	4,1%
	4	Tc-99m Tetrofosmin	2,5%	2,1%	0,9%	1,8%	4,8%
# Einrichtungen in Datensatz	7	Tc-99m MIBI	39	34	34	35	36
		C-11 Methionin	1	1	1	1	1
	4	Tc-99m Tetrofosmin	5	1	1	3	5
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]	7	Tc-99m MIBI	537,0	558,2	546,9	531,1	515,8
		C-11 Methionin	360,4	371,3	341,2	332,2	392,4
	4	Tc-99m Tetrofosmin	448,4	539,9	522,5	491,8	402,2
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]	7	Tc-99m MIBI	543,0	546,0	543,1	579,4	545,7
		C-11 Methionin	360,4	371,3	341,2	332,2	392,4
	4	Tc-99m Tetrofosmin	422,7	539,9	522,5	461,7	422,3
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [mSv]	7	Tc-99m MIBI	4,8	5,0	4,9	4,8	4,6
		C-11 Methionin	3,0	3,1	2,9	2,8	3,3
	4	Tc-99m Tetrofosmin	3,1	3,7	3,6	3,4	2,8
Mean(Eff. Dosis) <sub>E</sub> [mSv]	7	Tc-99m MIBI	4,9	4,9	4,9	5,2	4,9
		C-11 Methionin	3,0	3,1	2,9	2,8	3,3
	4	Tc-99m Tetrofosmin	2,9	3,7	3,6	3,2	2,9
Median(Aktivität) [MBq]	7	Tc-99m MIBI	529,4	532,4	532,0	555,4	542,1
		C-11 Methionin	360,4	371,3	341,2	332,2	392,4
	4	Tc-99m Tetrofosmin	383,3	539,9	522,5	511,6	408,5
Perz10(Aktivität) [MBq]	7	Tc-99m MIBI	354,9	353,8	341,8	369,8	356,1
		C-11 Methionin	-	-	-	-	-
	4	Tc-99m Tetrofosmin	-	-	-	-	-
Per90(Aktivität) [MBq]	7	Tc-99m MIBI	717,4	725,4	721,6	734,8	706,1
		C-11 Methionin	-	-	-	-	-
	4	Tc-99m Tetrofosmin	-	-	-	-	-

**Tabelle 17:** Statistische Daten zu bei Nebenschilddrüsen-Untersuchungen verwendeten Radiopharmaka

Gastrointestinaltrakt	# mit <8 Unt		2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
		Pharmakon	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
# Untersuchungen	5	Tc-99m Nanocoll	183	58	36	49	40
	8	Tc-99m DTPA	164	39	42	47	36
	3	C-14 Harnstoff	151	12	29	30	80
		Tc-99m MAA	89	41	46	1	1
	13	Tc-99m Pertechnetat	88	25	25	22	16
	7	Co-57 Vitam in B12	87	26	19	24	18
		Tc-99m Chelex	19	5	8	6	0
	1	In-111 DTPA	12	3	3	3	3
	2	Tc-99m markierte Erythrozyten	5	2	2	1	0
		Rest	12				
rel. Häufigkeit	5	Tc-99m Nanocoll	22,6%	27,0%	16,9%	26,5%	20,3%
	8	Tc-99m DTPA	20,2%	18,1%	19,7%	25,4%	18,3%
	3	C-14 Harnstoff	18,6%	5,6%	13,6%	16,2%	40,6%
		Tc-99m MAA	11,0%	19,1%	21,6%	0,5%	0,5%
	13	Tc-99m Pertechnetat	10,9%	11,6%	11,7%	11,9%	8,1%
	7	Co-57 Vitam in B12	10,7%	12,1%	8,9%	13,0%	9,1%
		Tc-99m Chelex	2,3%	2,3%	3,8%	3,2%	0,0%
	1	In-111 DTPA	1,5%	1,4%	1,4%	1,6%	1,5%
	2	Tc-99m markierte Erythrozyten	0,6%	0,9%	0,9%	0,5%	0,0%
# Einrichtungen in Datensatz	5	Tc-99m Nanocoll	8	5	5	3	6
	8	Tc-99m DTPA	14	10	10	8	8
	3	C-14 Harnstoff	5	2	4	4	5
		Tc-99m MAA	2	2	2	1	1
	13	Tc-99m Pertechnetat	17	9	11	11	7
	7	Co-57 Vitam in B12	8	6	5	3	4
		Tc-99m Chelex	1	1	1	1	0
	1	In-111 DTPA	2	2	2	2	1
	2	Tc-99m markierte Erythrozyten	2	1	2	1	0
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]	5	Tc-99m Nanocoll	96,5	82,8	100,0	103,1	106,3
	8	Tc-99m DTPA	41,5	38,9	41,6	37,8	53,9
	3	C-14 Harnstoff	-	-	-	-	-
		Tc-99m MAA	59,6	58,0	59,5	74,0	74,0
	13	Tc-99m Pertechnetat	152,2	157,6	139,2	176,6	135,4
	7	Co-57 Vitam in B12	-	-	-	-	-
		Tc-99m Chelex	15,6	15,2	15,4	18,2	-
	1	In-111 DTPA	34,3	55,1	38,9	26,6	16,5
	2	Tc-99m markierte Erythrozyten	773,4	886,8	714,2	665,0	-
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]	5	Tc-99m Nanocoll	112,2	129,6	135,0	168,1	134,7
	8	Tc-99m DTPA	47,2	40,8	54,4	45,4	53,6
	3	C-14 Harnstoff	-	-	-	-	-
		Tc-99m MAA	67,9	76,7	65,7	74,0	74,0
	13	Tc-99m Pertechnetat	178,9	222,8	145,5	180,4	128,1
	7	Co-57 Vitam in B12	-	-	-	-	-
		Tc-99m Chelex	15,6	15,2	15,4	18,2	-
	1	In-111 DTPA	43,4	44,4	49,9	31,6	16,5
	2	Tc-99m markierte Erythrozyten	748,3	886,8	714,2	665,0	-

Gastrointestinaltrakt	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [mSv]	5	Tc-99m Nanocoll	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
	8	Tc-99m DTPA	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
	3	C-14 Harnstoff	-	-	-	-	-
		Tc-99m MAA	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8
	13	Tc-99m Per technetat	2,0	2,0	1,8	2,3	1,8
	7	Co-57 Vitam in B12	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		Tc-99m Chelex	-	-	-	-	-
	1	In-111 DTPA	0,9	1,4	1,0	0,7	0,4
	2	Tc-99m markierte Erythrozyten	5,4	6,2	5,0	4,7	-
Mean(Eff. Dosis) <sub>E</sub> [mSv]	5	Tc-99m Nanocoll	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
	8	Tc-99m DTPA	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3
	3	C-14 Harnstoff	-	-	-	-	-
		Tc-99m MAA	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8
	13	Tc-99m Per technetat	2,3	2,9	1,9	2,3	1,7
	7	Co-57 Vitam in B12	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		Tc-99m Chelex	-	-	-	-	-
	1	In-111 DTPA	1,1	1,1	1,2	0,8	0,4
	2	Tc-99m markierte Erythrozyten	5,2	6,2	5,0	4,7	-
Median(Aktivität) [MBq]	5	Tc-99m Nanocoll	84,6	70,3	70,3	96,7	102,9
	8	Tc-99m DTPA	46,2	42,5	54,3	44,3	54,1
	3	C-14 Harnstoff	-	-	-	-	-
		Tc-99m MAA	67,9	76,7	65,7	74,0	74,0
	13	Tc-99m Per technetat	163,1	149,6	142,5	149,8	157,2
	7	Co-57 Vitam in B12	-	-	-	-	-
		Tc-99m Chelex	15,6	15,2	15,4	18,2	-
	1	In-111 DTPA	43,4	44,4	49,9	31,6	16,5
	2	Tc-99m markierte Erythrozyten	748,3	886,8	714,2	665,0	-
Perz10(Aktivität) [MBq]	5	Tc-99m Nanocoll	45,0	-	-	-	51,7
	8	Tc-99m DTPA	20,5	9,5	14,7	26,5	43,3
	3	C-14 Harnstoff	-	-	-	-	-
		Tc-99m MAA	-	-	-	-	-
	13	Tc-99m Per technetat	60,5	76,7	25,7	48,6	39,1
	7	Co-57 Vitam in B12	-	-	-	-	-
		Tc-99m Chelex	-	-	-	-	-
	1	In-111 DTPA	-	-	-	-	-
	2	Tc-99m markierte Erythrozyten	-	-	-	-	-
Per90(Aktivität) [MBq]	5	Tc-99m Nanocoll	237,4	-	-	-	249,4
	8	Tc-99m DTPA	69,0	58,9	70,0	66,4	66,0
	3	C-14 Harnstoff	-	-	-	-	-
		Tc-99m MAA	-	-	-	-	-
	13	Tc-99m Per technetat	298,1	493,0	295,8	397,0	178,7
	7	Co-57 Vitam in B12	-	-	-	-	-
		Tc-99m Chelex	-	-	-	-	-
	1	In-111 DTPA	-	-	-	-	-
	2	Tc-99m markierte Erythrozyten	-	-	-	-	-

**Tabelle 18:** Statistische Daten zu bei Untersuchungen des Gastrointestinaltraktes verwendeten Radiopharmaka

Speicheldrüse	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
# Untersuchungen	9	Tc-99m Pertechnetat	154	46	30	30	48
		Rest	0				
rel. Häufigkeit	9	Tc-99m Pertechnetat	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
# Einrichtungen in Datensatz	9	Tc-99m Pertechnetat	18	12	11	9	13
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]	9	Tc-99m Pertechnetat	98,2	94,7	123,3	88,6	94,8
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]	9	Tc-99m Pertechnetat	102,5	101,1	161,1	106,6	94,0
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [mSv]	9	Tc-99m Pertechnetat	1,3	1,2	1,6	1,2	1,2
Mean(Eff. Dosis) <sub>E</sub> [mSv]	9	Tc-99m Pertechnetat	1,3	1,3	2,1	1,4	1,2
Median(Aktivität) [MBq]	9	Tc-99m Pertechnetat	78,7	84,1	79,6	77,7	79,8
Perz10(Aktivität) [MBq]	9	Tc-99m Pertechnetat	71,0	69,0	71,7	71,7	72,6
Per90(Aktivität) [MBq]	9	Tc-99m Pertechnetat	183,4	174,3	506,7	213,8	172,9

**Tabelle 19:** Statistische Daten zu bei Speicheldrüsen-Untersuchungen verwendeten Radiopharmaka

ZNS	# mit <8 Unt	Pharmakon	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
# Untersuchungen	6	In-111 DTPA	31	8	9	7	7
		Tc-99m DTPA	4	0	0	3	1
		Tc-99m Pertechnetat	1	0	0	1	0
		Rest	0				
rel. Häufigkeit	6	In-111 DTPA	86,1%	100,0%	100,0%	63,6%	87,5%
		Tc-99m DTPA	11,1%	0,0%	0,0%	27,3%	12,5%
		Tc-99m Pertechnetat	2,8%	0,0%	0,0%	9,1%	0,0%
# Einrichtungen in Datensatz	6	In-111 DTPA	7	4	5	5	4
		Tc-99m DTPA	1	0	0	1	1
		Tc-99m Pertechnetat	1	0	0	1	0
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]	6	In-111 DTPA	25,4	27,2	26,3	23,9	23,6
		Tc-99m DTPA	23,9	-	-	23,6	25,1
		Tc-99m Pertechnetat	26,0	-	-	26,0	-
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]	6	In-111 DTPA	26,1	29,7	23,9	25,9	27,0
		Tc-99m DTPA	23,9	-	-	23,6	25,1
		Tc-99m Pertechnetat	26,0	-	-	26,0	-
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [mSv]	6	In-111 DTPA	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6
		Tc-99m DTPA	0,1	-	-	0,1	0,1
		Tc-99m Pertechnetat	0,3	-	-	0,3	-
Mean(Eff. Dosis) <sub>E</sub> [mSv]	6	In-111 DTPA	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7
		Tc-99m DTPA	0,1	-	-	0,1	0,1
		Tc-99m Pertechnetat	0,3	-	-	0,3	-
Median(Aktivität) [MBq]	6	In-111 DTPA	20,0	29,0	21,6	20,0	19,0
		Tc-99m DTPA	23,9	-	-	23,6	25,1
		Tc-99m Pertechnetat	26,0	-	-	26,0	-
Perz10(Aktivität) [MBq]	6	In-111 DTPA	18,8	-	-	-	-
		Tc-99m DTPA	-	-	-	-	-
		Tc-99m Pertechnetat	-	-	-	-	-
Per90(Aktivität) [MBq]	6	In-111 DTPA	39,6	-	-	-	-
		Tc-99m DTPA	-	-	-	-	-
		Tc-99m Pertechnetat	-	-	-	-	-

**Tabelle 20:** Statistische Daten zu bei Untersuchungen des ZNS verwendeten Radiopharmaka

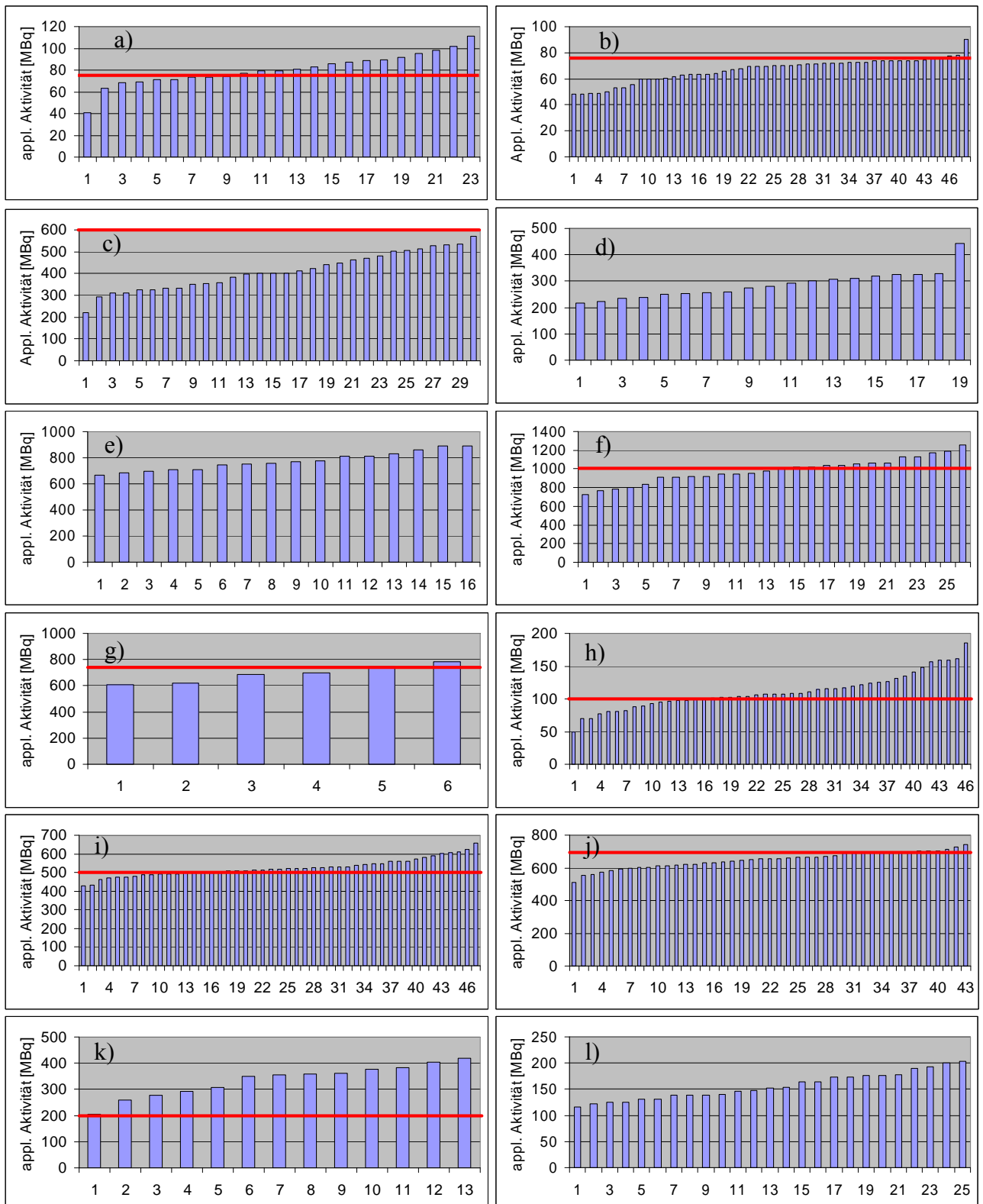
#### **4.4. Statistische Größen ausgewählter Untersuchungen**

Bei den bisher dargestellten statistischen Daten zu nuklearmedizinischen Untersuchungen, bei denen die Basisdaten mit einer Ausnahme nur auf Basis der Organsysteme zusammengefasst wurden, gehen naturgemäß Informationen verloren. Aus diesem Grund sind im Folgenden für einige Standarduntersuchungen die statistischen Größen separiert dargestellt. Die Anzahl der Untersuchungen, die in diesem Abschnitt betrachtet werden, weicht von der anderer Abschnitte ab. Der Grund hierfür ist, dass in etlichen der hier betrachteten Untersuchungen Informationen zur Untersuchungsdurchführung oder Fragestellung zur Differenzierung benötigt werden. Diese Datenfelder waren nicht Teil des Basisdatensatzes. Sie waren nicht in allen nuklearmedizinischen Einrichtungen bzw. nicht für alle Untersuchungen einer Einrichtung verfügbar. In die hier vorgestellte Analyse gehen nur die Untersuchungen ein, die sämtliche zur Differenzierung benötigten Daten enthalten. Folgende Untersuchungen werden dabei betrachtet:

1. Schilddrüsen-Szintigraphien mit Tc-99m Perchnetat
2. Myokard-Szintigraphien mit Tl-201
3. Myokard-Szintigraphien mit Tc-99m basierten Radiopharmaka
  - a. als Zweitagesprotokoll
  - b. als Eintagesprotokoll (1. Applikation)
  - c. als Eintagesprotokoll (2. Applikation)
  - d. als Eintagesprotokoll (applizierte Gesamtaktivität)
4. Herz – Ventrikulographien
5. Nieren-Clearance Untersuchungen
6. Skelett-Szintigraphien mit Tc-99m basierten Radiopharmaka
  - a. bei Fragestellung nach einem benignen Prozess
  - b. bei Fragestellung nach einem malignen Prozess
7. Ganzkörper PET-Untersuchungen mit F-18 FDG
8. Octreoscans mit In-111
9. Hirn-Szintigraphien als DatScan
10. Hirn Rezeptor Szintigraphien (allgemein)
11. Hirn Perfusionsszintigraphien
12. Lungenperfusionsszintigraphien mit Tc-99m MAA
13. Lungenventilationsszintigraphien mit
  - a. mit Tc-99m Technegas
  - b. mit Tc-99m DTPA
14. SLN-Diagnostik mit Tc-99m Nanocoll
  - a. bei einer Lymphknotenentfernung am gleichen Tag
  - b. bei einer Lymphknotenentfernung am Folgetag
15. Lymphabflussszintigraphien mit Tc-99m Nanocoll
16. Abdomen-Szintigraphien
  - a. mit der Fragestellung „Passage“
  - b. mit der Fragestellung nach einem Blutungsherd

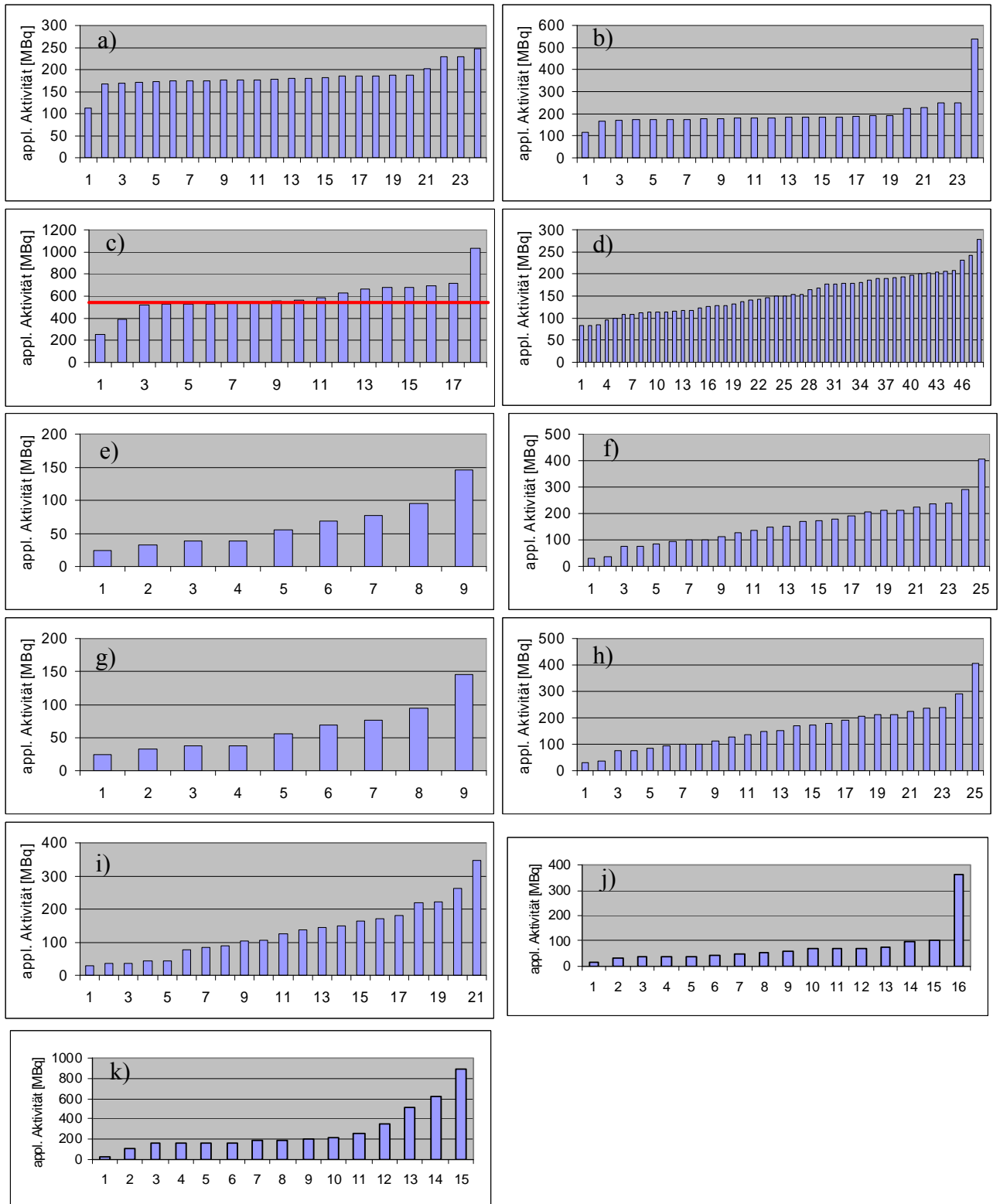
In Abbildung 19 und 20 ist für sämtliche nuklearmedizinischen Einrichtungen, welche eine Untersuchung durchführen und die benötigten Informationen zur Unterscheidung gegenüber ähnlichen Untersuchungen liefern konnten, die mittlere applizierte Aktivität für eine der oben aufgelisteten Untersuchungen dargestellt. Soweit für die entsprechende Untersuchung bereits ein diagnostischer Referenzwert besteht, so ist dieser als horizontale Linie angegeben. Es werden in dieser Analyse ausschließlich Untersuchungen an Personen betrachtet, die 16 Jahre oder älter sind, da bei jüngeren Personen eine gewichtsabhängig verringerte Aktivitätsmenge den Mittelwert verfälschen würde. Die zugehörigen statistischen Größen sind in Anlage VII aufgetragen.

Es ist zu erkennen, dass bei zahlreichen Untersuchungen große Unterschiede in der applizierten Aktivität zwischen den einzelnen Einrichtungen bestehen. Zwischen der 10%- und der 90% Perzentile liegt oftmals ein Faktor 1,5 oder mehr. An dieser Verteilung ändern offensichtlich auch die bestehenden DRW wenig. Es ist nicht zu erkennen, dass bei Untersuchungen mit DRW die Verteilung enger beieinander liegt als bei Untersuchungen ohne DRW.



**Abbildung 19:** Schilddrüsen-Szintigraphien mit Tc-99m Per technetat (a), Myokard-Szintigraphien mit Tl-201 Chlorid (b); Myokard-Szintigraphien mit Tc-99m basierten Radiopharmaka als Zweitagesprotokoll (c) sowie Eintagesprotokoll (1. Applikation (d), 2. Applikation (e), gesamt (f)); Herz-Ventrikulographien (g); Nieren-Funktionsdiagnostik mit MAG3 (h); Skelett-Szintigraphien bei Fragestellung nach einem benignen (i) und malignen (j) Prozess; Ganzkörper PET-Untersuchung mit F-18 FDG im 3D-Aufnahmemodus (k); Ganzkörper-Untersuchungen mit In-111-Octreotid (l)

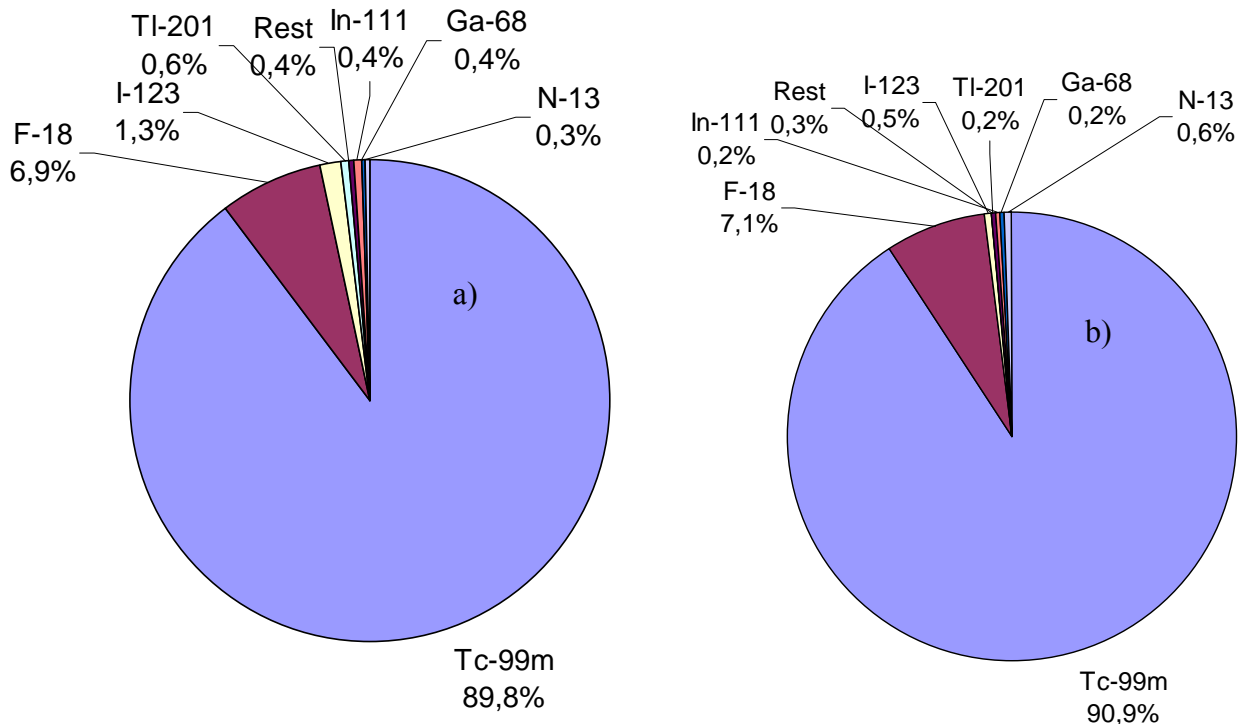




**Abbildung 20:** *Hirn-Szintigraphien als DatScan (a); Hirn-Rezeptor-Szintigraphien allgemein (b); Hirn-Perfusions-Szintigraphien (c); Lungen-Perfusions-Szintigraphien mit MAA (d); Lungen-Ventilations-Szintigraphien mit Tc-99m Technegas (e) sowie tc-99m DTPA (f); SLN-Diagnostik bei einer Lymphknotenentfernung am Folgetag (g) sowie am gleichen Tag (h); Lymphabfluss-Szintigraphien (i); Abdomen-Szintigraphien mit der Fragestellung „Passage“ (j) sowie „Blutung“ (k)*

#### 4.5. Auswirkungen der Mo/Tc-Nuklidknappheit auf die nuklearmedizinische Diagnostik

In der nuklearmedizinischen Routinediagnostik werden Radiopharmaka auf Basis von nicht mehr als 10 unterschiedlichen Nukliden verwendet. In vielen Praxen oder kleineren Krankenhäusern sind nicht einmal 5 unterschiedliche Nuklide in der Nutzung. Tc-99m ist mit einem Anteil von etwa 90% das Hauptnuklid der nuklearmedizinischen Diagnostik, s. Abbildung 21. Betrachtet man ausschließlich die „konventionelle“ Bildgebung ohne die PET-Diagnostik, so liegt der Anteil der Untersuchungen, die mit Radiopharmaka auf Tc-99m Basis durchgeführt werden, bei über 97%. Hieran ist die besondere Bedeutung dieses einen Nuklids für die ganze medizinische Disziplin zu ersehen.



**Abbildung 21:** relative Häufigkeit des Einsatzes unterschiedlicher Nuklide in der nuklearmedizinischen Diagnostik; a) Untersuchungszahlen; b) applizierte Aktivität

Tc-99m wird in nuklearmedizinischen Einrichtungen in einem Generatorprozess aus dem Mutternuklid Mo-99 gewonnen. Mo-99 seinerseits wird in Kernreaktoren gewonnen. In der „westlichen“ Welt standen im Studienzeitraum für die Herstellung fünf Forschungsreaktoren zur Verfügung, s. Abbildung 22. Diese decken etwa 95% der weltweiten Mo-99-Produktion ab [13].

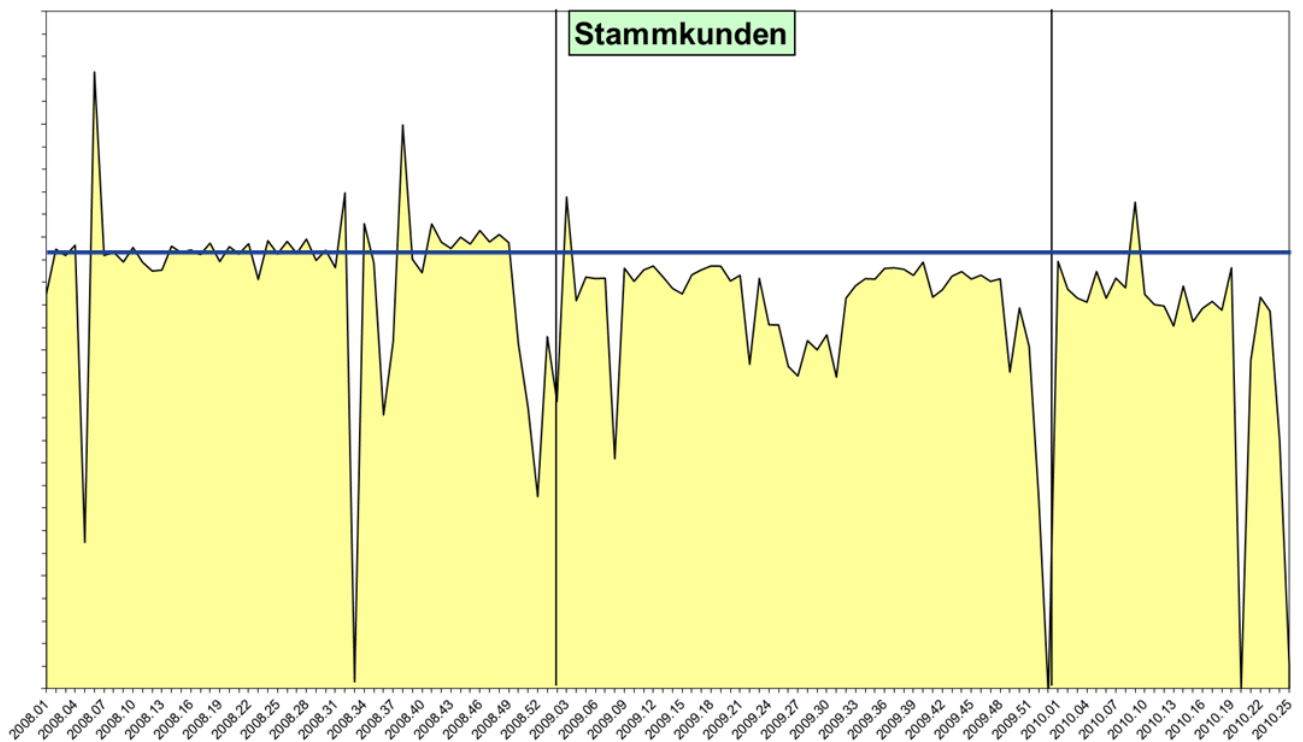


**Abbildung 22:** geographische Verteilung der Mo-99 Erzeugungsreaktoren sowie der Aufbereitungsstellen, nach [13]

Drei der Reaktoren stehen in Europa (Niederlande, Belgien, Frankreich), einer in Kanada und einer in Südafrika. Der kanadische Reaktor versorgt Kanada und die USA. Die übrigen vier Reaktoren versorgen primär Europa.

Ende August 2008 kam es in den europäischen Reaktoren zu mehreren, ungeplanten Ausfällen. In Folge der Ausfälle stand nur in verringertem Umfang Mo-99 und damit auch Tc-99m für die nuklearmedizinische Diagnostik zur Verfügung [14]. Die Minderversorgung mit Mo-99 hielt über das gesamte zweite Halbjahr 2008 an. Sie war zeitlich variabel und darüber hinaus auch in Abhängigkeit der Firma, von der eine konkrete nuklearmedizinische Einrichtung ihre Mo-Generatoren bezog, unterschiedlich. Gleichwohl war umfassend eine deutliche Einschränkung in der Versorgung gegeben. In Abbildung 23 ist die gelieferte Aktivität Mo-99 eines großen Generatorherstellers für den Zeitraum 2008 bis 2010 dargestellt.

Es ist deutlich das Ende der Stabilitätsphase im August 2008 zu erkennen.



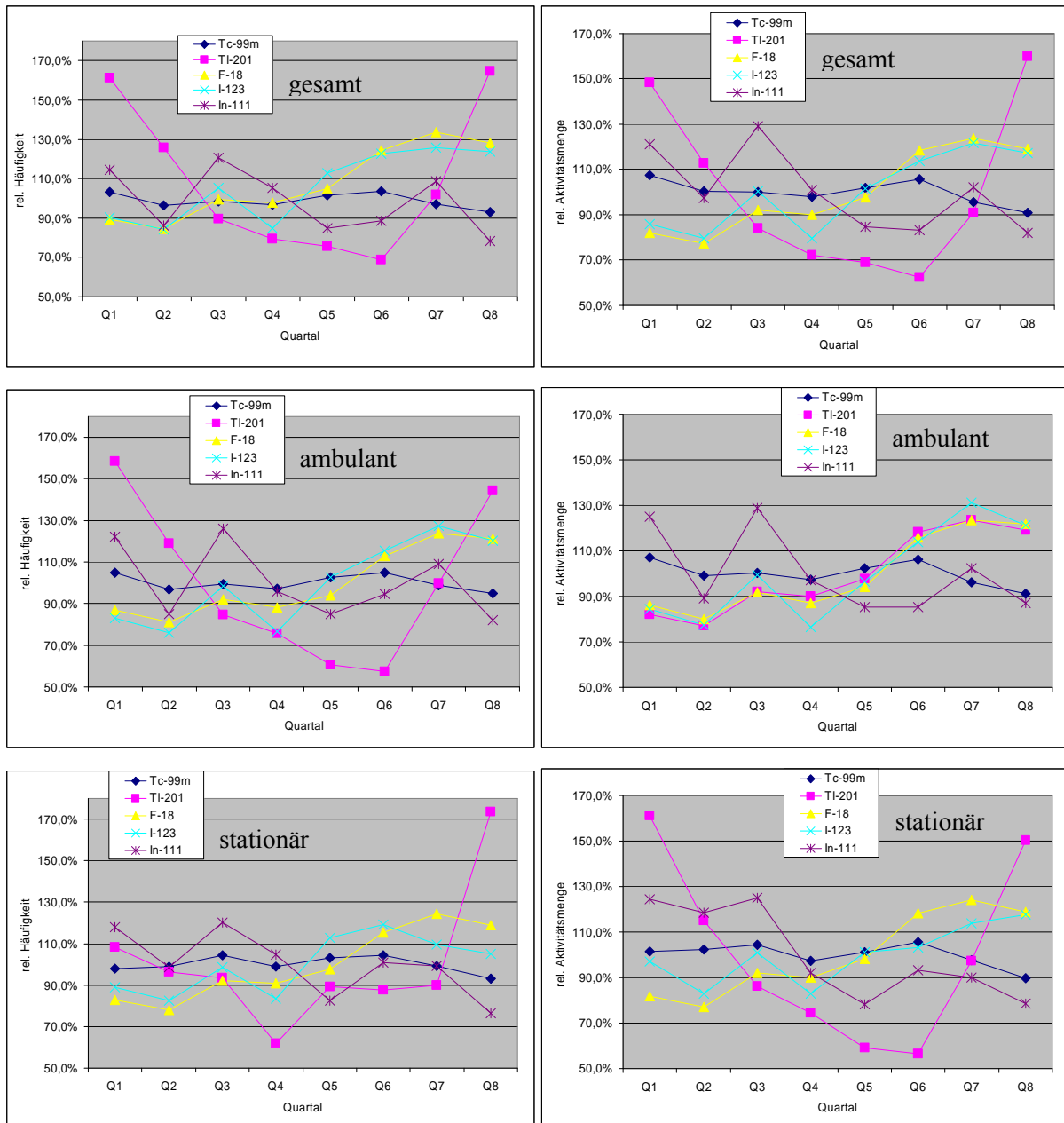
**Abbildung 23:** zeitlicher Verlauf der Höhe veräußelter Aktivität Tc-99m durch einen großen Hersteller an Radiopharmaka; betrachtet werden nur Kunden „Stammkunden“, die über den gesamten Zeitraum hinweg Mo-Generatoren von dem Anbieter bezogen haben.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, zu objektivieren, in welchem Umfang der Versorgungsengpass im zweiten Halbjahr 2008 Einfluss auf die nuklearmedizinische Diagnostik hatte. Grundsätzlich wurden vier Fragestellungen als von hervorgehobenem Interesse angesehen. Antworten auf diese Fragen sollen im Folgenden gegeben werden:

- Wie stark wurden die Untersuchungszahlen der nuklearmedizinischen Diagnostik durch den Mo/Tc-Nuklidengpass berührt? Gibt es dabei einen Unterschied zwischen ambulant und stationär tätigen nuklearmedizinischen Einrichtungen?
- Wurde durch den Mangel an Tc-99m vermehrt auf andere Nuklide zur Untersuchung ausgewichen?
- Hatte der Mo/Tc-Nuklidengpass einen Einfluss auf die im Zusammenhang einer Untersuchung applizierte Aktivität?
- Wurden Untersuchungen unterschiedlicher Organsysteme oder Fragestellungen in unterschiedlich hohem Maß von der Mo/Tc-Nuklidknappheit betroffen?

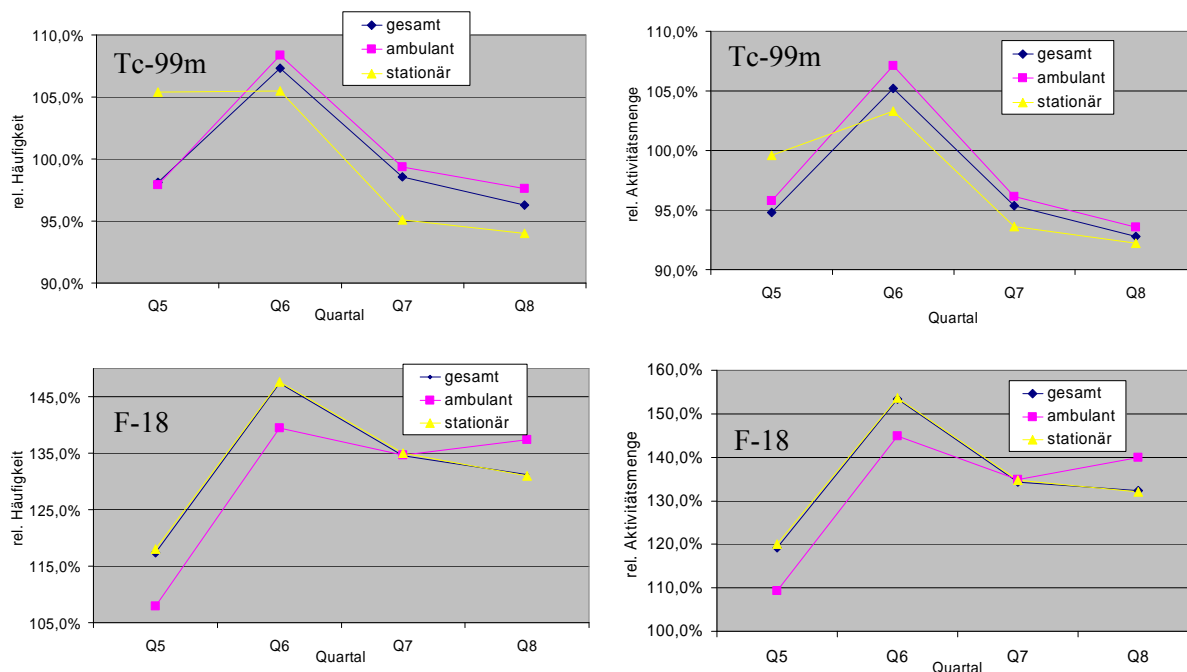
In Abbildung 24 sind die Untersuchungszahlen und applizierten Aktivitäten im Verlauf über die 8 Quartale der Kalenderjahre 2007 und 2008 aufgetragen. Hierbei sind die Daten als relative Häufigkeiten bzw. Aktivitäten dargestellt, die jeweils auf die mittlere Untersuchungszahl bzw. die mittlere applizierte Aktivität der Quartale Q1 bis Q6 bezogen sind. Die Werte sind als Anlage VIII beigefügt.

In Abbildung 24 ist auf der linken Seite die relative Häufigkeit aufgetragen, mit der Untersuchungen unter Verwendung der fünf Hauptnuklide nach Abbildung 21 durchgeführt wurden. Dabei sind oben die Daten des Gesamtkollektivs der Studie dargestellt, in der Mitte die Daten ambulanter Patienten und unten Daten stationärer Patienten.



**Abbildung 24:** Links: relative Häufigkeit nuklearmedizinischer Untersuchungen im Gesamtkollektiv (oben) sowie bei ambulanten Patienten (Mitte) und stationären Patienten (unten). Rechts: relative applizierte Aktivität in jeweils einem Quartal für das Gesamtkollektiv (oben) sowie bei ambulanten Patienten (Mitte) und stationären Patienten (unten). Die relativen Werte sind für die Untersuchungszahlen sowie für die applizierten Aktivitäten jeweils auf den Mittelwert des Zeitraums Q1 bis Q6 bezogen.

In Abbildung 25 ist für die beiden Hauptnuklide, Tc-99m und F-18, die Änderung der Untersuchungshäufigkeit sowie der applizierten Aktivität in 2008 im Vergleich zum entsprechenden Quartal in 2007 dargestellt. Durch diese Art der Darstellung ist zwar nicht der allgemeine Trend des Nuklideinsatzes wie in Abbildung 24 erkennbar, es werden jedoch saisonale Einflüsse, wie Ferien oder Häufungen von Feiertagen, berücksichtigt, die auch ohne Einfluss der Nuklidknappheit zu Schwankungen führen. Die Werte sind als Anlage IX beigefügt.



**Abbildung 25:** Links: relative Häufigkeit nuklearmedizinischer Untersuchungen in 2008 unter Verwendung von auf Tc-99m (oben) sowie auf F-18 (unten) basierenden Radiopharmaka. Rechts: relative applizierte Aktivität in 2008 unter Verwendung von auf Tc-99m (oben) sowie auf F-18 (unten) basierenden Radiopharmaka. Vergleichsgröße sind jeweils die Daten des entsprechenden Quartals in 2007.

Es ist im direkten Vergleich der Daten aus 2008 mit denen des Vorjahres zu erkennen, dass nach einer deutlichen Erhöhung von Untersuchungshäufigkeit und Aktivitätsverbrauch im 2. Quartal des Jahres 2008 (Q6 des Projektzeitraums) ein starker Rückgang beider Größen in den letzten beiden Quartalen des Jahres erfolgt. Dabei ist der Rückgang für stationäre Untersuchungen deutlich ausgeprägter als für ambulante Untersuchungen.

Im Mittel nimmt die Anzahl durchgeführter Untersuchungen um etwa 1,5% in Q7 sowie 3,5% in Q8 im Vergleich zu den Zahlen aus 2007 ab. Dabei ist der Rückgang für ambulante Patienten mit 1,4% bzw. 3,7% wesentlich schwächer ausgeprägt als für stationäre Patienten, bei denen 4,9% in Q7 sowie 6,0% in Q8 weniger Untersuchungen als im Vorjahreszeitraum durchgeführt wurden.

Die Menge der applizierten Aktivität reduziert sich stärker als der Rückgang an Untersuchungen. Im letzten Quartal 2008 beträgt die applizierte Aktivität im Vergleich zum Vorjahreszeitraum im stationären Bereich noch 92,2%, über den Vergleichszeitraum betrachtet ist der Anteil noch etwa 90%. Im ambulanten Bereich nimmt die applizierte Aktivität in Q8 um etwa 6,5% im Vergleich zum Vorjahreszeitraum ab.

Ein entsprechend starker Gegentrend, hin zu Untersuchungen unter Verwendung anderer Nuklide ist nicht zu erkennen. Eindeutig ist zwar der Anstieg der Untersuchungen unter Verwendung von Tl-201 (Myokard-Szintigraphien). Ein Blick auf Abbildung 21 macht jedoch direkt bewusst, dass hierdurch der Rückgang der Untersuchungszahlen des Tc-99m nicht ausgeglichen werden kann. Absolut entspricht der Anstieg der Tl-201 Untersuchungszahlen von Q6 zu Q8 für die Gesamtpopulation einem Anstieg um 240 Untersuchungen. Dem entgegen steht ein Rückgang von etwa 3500 Untersuchungen unter Tc-99m Verwendung.

Für F-18 Untersuchungen besteht über den Gesamtzeitraum hinweg ein positiver Trend, welcher im ambulanten und stationären Bereich ähnlich stark ausgeprägt ist. Eine wesentliche Trendänderung, die auf einen Wechsel von Untersuchungen unter Tc-Nutzung hin zur PET-Diagnostik hinweist, ist gleichwohl nicht festzustellen. Es ist eher so, dass in den beiden letzten Quartalen in 2008, auch die Anzahl an Untersuchungen auf der Basis von F-18 Radiopharmaka leicht rückläufig ist.

In Tabelle 21 ist für die häufigsten Tc-99m basierten nuklearmedizinischen Untersuchungen die relative je Untersuchung applizierte Aktivität aufgelistet. Bezugsgröße ist wiederum der Mittelwert aus den Quartalen Q1 bis Q6. Zur besseren Orientierung sind Abweichungen um mehr als 2% nach unten mit einem ↓-Symbol, Abweichungen um mehr als 2% nach oben mit einem ↑-Symbol markiert.

Untersuchung	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
Schilddrüsenszintigraphien	99,9%	99,7%	100,5%	100,2%	100,1%	99,5%	100,2%	99,7%
Myocard-Szintigraphien 2-Tagesprotokoll	99,6%	103,4% ↑	98,5%	97,1% ↓	103,3% ↑	98,3%	104,3% ↑	103,3% ↑
Myocard-Szintigraphien 1-Tagesprotokoll (1. Appl.)	101,2%	99,2%	100,3%	99,2%	100,3%	99,9%	101,1%	97,2%
Myocard-Szintigraphien 1-Tagesprotokoll (2. Appl.)	102,6%	102,7% ↑	97,3% ↓	98,6%	97,9% ↓	100,5%	101,2%	104,3% ↑
Skelett-Szintigraphien (benigne Fragestellung)	100,9%	99,8%	99,7%	100,2%	99,9%	99,4%	99,9%	99,1%
Skelett-Szintigraphien (maligne Fragestellung)	99,5%	99,8%	99,9%	100,2%	100,1%	100,4%	100,3%	100,0%
Sentinel-Lymphknoten- Diagnostik	101,8%	100,9%	101,9%	99,2%	98,8%	97,8% ↓	92,8% ↓	92,7% ↓
Lungen-Szintigraphien (Perfusion)	96,4%	102,5% ↑	103,5% ↑	99,2%	98,2%	100,5%	100,8%	101,0%
Nieren-Szintigraphien mit MAG3 bei Erwachsenen	101,8%	99,2%	100,2%	99,0%	102,1% ↑	100,2%	100,8%	98,8%

**Tabelle 21:** relative je Untersuchungsart bzw. Fragestellung applizierte Aktivität, jeweils bezogen auf den Mittelwert aus Q1 bis Q6. Zur besseren Visualisierung sind Abweichungen um mehr als 2% nach oben bzw. unten mit ↑- bzw. ↓-Symbolen kenntlich gemacht.

Es ist zu erkennen, dass für viele Untersuchungen die jeweils applizierte Aktivität unabhängig von der verfügbaren Gesamtmenge an Aktivität in etwa gleich bleibt. Bei Myokard-Szintigraphien ist sogar ein Anstieg in der mittleren applizierten Aktivitätsmenge zu beobachten. Einzig bei der SLN-Diagnostik ist in Q7 und Q8 eine um etwa 6% verringerte Aktivitätsmenge je Untersuchung zu erkennen. Diese Änderung in der Höhe der applizierten Aktivität bei einer Untersuchung ist gleichwohl nicht allein in der Lage, den Umfang der in Abbildung 24 erkennbaren Diskrepanz zwischen dem Rückgang der Untersuchungszahlen und dem Rückgang der applizierten Aktivitätsmenge zu erklären. Um die Diskrepanz vollständig zu erklären, ist eine individuelle Betrachtung der Häufigkeit notwendig, mit der einzelne nuklearmedizinische Untersuchungen durchgeführt werden.

In Tabelle 22 ist für die Untersuchungen aus Tabelle 21 die relative Häufigkeit ihrer Durchführung für den Analysezeitraum aufgetragen. Zur besseren Orientierung sind Abweichungen um mehr als 4% nach unten mit einem ↓-Symbol, Abweichungen um mehr als 4% nach oben mit einem ↑-Symbol markiert.

Untersuchung	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
Schilddrüsenszintigraphien	102,6%	95,8% ↓	99,8%	96,6%	102,3%	102,8%	99,1%	95,5% ↓
Myocard-Szintigraphien 2-Tagesprotokoll	103,3%	99,4%	95,3% ↓	99,2%	98,8%	104,0%	87,8% ↓	84,6% ↓
Myocard-Szintigraphien 1-Tagesprotokoll (1. Appl.)	66,4% ↓	80,0% ↓	113,4% ↑	103,5%	121,5% ↑	115,1% ↑	104,7% ↑	95,9% ↓
Myocard-Szintigraphien 1-Tagesprotokoll (2. Appl.)	64,3%	80,4%	112,3% ↑	109,1% ↑	118,1% ↑	115,8% ↑	92,6% ↓	87,5% ↓
Skelett-Szintigraphien (benigne Fragestellung)	99,8%	97,1%	98,9%	99,1%	100,5%	104,5% ↑	94,0% ↓	93,3% ↓
Skelett-Szintigraphien (maligne Fragestellung)	112,9% ↑	101,4%	95,7% ↓	92,0% ↓	97,3%	100,7%	93,6% ↓	85,2% ↓
Sentinel-Lymphknoten- Diagnostik	90,0% ↓	90,1% ↓	91,3% ↓	96,5%	108,1% ↑	124,0% ↑	123,3% ↑	106,2% ↑
Lungen-Szintigraphien (Perfusion)	113,9%	97,0%	101,6%	95,0% ↓	98,1%	94,4% ↓	100,0%	86,4% ↓
Nieren-Szintigraphien mit MAG3 bei Erwachsenen	106,8% ↑	94,1% ↓	100,5%	94,4% ↓	98,3%	105,8% ↑	104,9% ↑	97,0%

**Tabelle 22:** relative Häufigkeit der Untersuchungszahlen für die ausgewählten Untersuchungsarten bzw. Fragestellungen aus Tabelle 2, jeweils bezogen auf den Mittelwert aus Q1 bis Q6. Zur besseren Visualisierung sind Abweichungen um mehr als 4% nach oben bzw. unten mit ↑- bzw. ↓-Symbolen kenntlich gemacht.

Bei der relativen Häufigkeit, mit der unterschiedliche Untersuchungen durchgeführt werden, ist eine weit größere Schwankung zu erkennen als bei der jeweils mittleren, applizierten Aktivität. Vor dem Hintergrund der Fragestellung nach Reaktionen auf den Mo/Tc-Nuklidengpass fällt insbesondere auf, dass die Untersuchungen, die mit einer hohen, applizierten Aktivität durchgeführt werden (Myokard- sowie Skelett-Szintigraphien) im Zeitraum des Nuklidengpasses deutlich seltener durchgeführt werden als zuvor. Dabei ist die Verringerung bei Skelett-Szintigraphien bei benigner Fragestellung sowie bei der ersten Applikation im Zusammenhang mit Myokard-Untersuchungen (1-Tagesprotokoll) geringer als bei den anderen Untersuchungen. Hier ist zu erkennen, dass bei der Myokard-Diagnostik häufiger als zuvor auf eine zweite Untersuchungsphase verzichtet wurde.

Auffallend ist zudem, dass Schilddrüsenszintigraphien, die mit einer vergleichsweise geringen Aktivität durchzuführen sind, in nur gering nachlassender Häufigkeit durchgeführt werden. Andererseits tragen diese Untersuchungen zu mehr als 43% zur Gesamtzahl durchgeführter nuklearmedizinischer Untersuchungen bei, s. Abschnitt 4.1. Dieses erklärt, weshalb die Gesamtuntersuchungszahlen trotz der deutlichen Rückgänge in der Myokard- bzw. Skelett-Diagnostik vergleichsweise stabil geblieben sind. Auch bei der SLN-Diagnostik ist kein wesentlicher Rückgang in der Häufigkeit festzustellen. Hier ist ein Zusammenhang darin zu vermuten, dass die SLN-Diagnostik in der modernen Abklärung bei Brustkrebs eine zentrale Rolle einnimmt [15]. Hier ist die Indikation möglicherweise vielfach so stark, dass die Diagnostik auch bei verringertem Aktivitätsangebot durchgeführt wird – wenngleich ggf. mit verringerter Aktivität, s. Tabelle 21.

#### 4.6. Betrachtungen zu Aufnahmeparametern

In den Abschnitten 4.1 und 4.3 wurden Resultate der Studie vorgestellt, die zeigen, dass unterschiedliche nuklearmedizinische Einrichtungen gleiche Untersuchungen mit teilweise deutlich unterschiedlichen Aktivitäten durchführen. Es wird nun betrachtet, in wieweit die in unterschiedlicher Höhe applizierte Aktivität eine unterschiedliche Bildqualität zur Folge hat. Ein Hinweis darauf lässt sich durch die Betrachtung der verwendeten Aufnahmeparameter in unterschiedlichen nuklearmedizinischen Einrichtungen erhalten. Eine Änderung von Aufnahmeparametern, wie z.B. der Aufnahmegeschwindigkeit, wirkt sich auf die Anzahl an Strahlungsquanten im Bild und damit auf die Bildqualität aus und kann damit den Einfluss einer in anderer Höhe applizierten Aktivität partiell kompensieren.

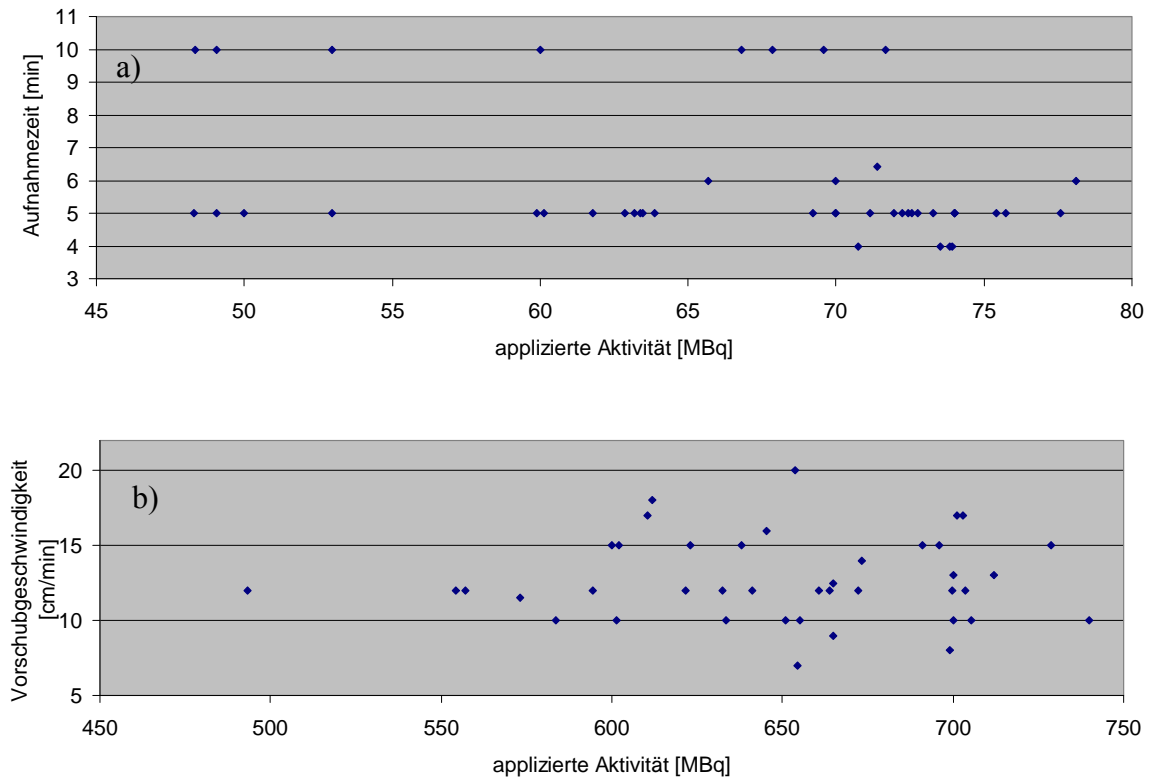
Um eine Ahnung davon zu erhalten, ob Aktivitätshöhe und entsprechende Aufnahmeparameter, die zu einer höheren Anzahl an Strahlungsquanten im Bild führen, in den an der Studie teilnehmenden nuklearmedizinischen Einrichtungen gegenläufig korreliert sind, wurden einige Aufnahmeparameter von Standarduntersuchungen der nuklearmedizinischen Einrichtungen erfragt. Es ist dabei gewiss nicht möglich anhand der vorliegenden Informationen die Bildqualität in den Einrichtungen umfassend zu bewerten. Hierzu ist die Anzahl der sonstigen Einflussfaktoren zu groß. Als wesentliche weitere Parameter sind hier sicherlich die Ausbeute der Kameras sowie die Zeit zwischen Applikation und Aufnahme zu nennen. Gleichwohl ist anzunehmen, dass bei einem Bestreben der nuklearmedizinischen Einrichtungen nach gleicher Bildqualität, Aktivität und Aufnahmezeit gegenläufig korreliert sein sollten. Der Hintergrund dieser Überlegung ist die Tatsache, dass bei ansonsten gleichen Aufnahmebedingungen Aktivität und Aufnahmezeit die für das Signal zu Rausch Verhältnis relevanten Größen sind. Im Idealfall wäre zu erwarten, dass, gleichartige Geräte und Aufnahmebedingungen vorausgesetzt, das Produkt aus Aktivität und Aufnahmezeit konstant ist.

In Abbildung 26 a) ist die im Zusammenhang mit Schilddrüsenszintigraphien applizierte Aktivität mit der vor Ort verwendeten Aufnahmezeit korreliert. In Abbildung 26 b) ist die im Zusammenhang mit Skelett-Ganzkörperszintigraphien mit Tc-99m Phosphaten bei Fragestellung nach einem malignen Prozess applizierte Aktivität mit der vor Ort verwendeten Vorschubgeschwindigkeit korreliert. Einige statistische Daten zu den Verteilungen sind in Tabelle 23 aufgetragen.

Statistische Größe	Aktivität SD-Szintigraphie [MBq]	Aktivität Skelett-Szintigraphie [MBq]	Aktivität* Aufnahmezeit SD-Szintigraphie [MBq*min]	Aktivität / Vorschubgeschwindigkeit Skelett-Ganzkörperszintigramm [MBq*min/cm]
Minimum	48,30	493,42	241,49	32,68
Maximum	90,00	740,00	716,65	93,50
10%-Perzentile (P10)	52,06	585,79	286,37	40,13
90%-Perzentile (P90)	74,42	703,47	578,84	70,54
Mittelwert	66,74	649,22	388,57	53,58
Median	69,78	654,53	361,70	52,70
(P90-P10)/Mittelwert	0,33	0,18	0,75	0,57

**Tabelle 23:** Statistische Größen zu den Verteilungen der Aktivität sowie der aus Aktivität und Aufnahmegeschwindigkeit gebildeten Größe für SD-Szintigraphien mit Tc-99m Perchnetat sowie Skelett-Ganzkörper-Szintigraphien mit Tc-99m Phosphaten





**Abbildung 26:** Korrelation von Parametern der Aufnahmegeschwindigkeit und der im Zusammenhang der Untersuchung applizierten Aktivität; a) Korrelation von Aktivität und Aufnahmezeit bei Schilddrüsenszintigraphien mit Tc-99m Per technet, b) Korrelation von Aktivität und Vorschubgeschwindigkeit bei Skelett-Ganzkörperszintigraphien mit Tc-99m Phosphaten bei Fragestellung nach einem malignen Prozess

Es ist anhand der Daten für beide Untersuchungen keine Korrelation von applizierter Aktivität und Aufnahmezeit zu erkennen. Insbesondere ist die relative Streuung der Daten, ausgewertet über die Differenz der 90%- und der 10%-Perzentile, dividiert durch den Mittelwert der Verteilung, bei den um die Aufnahmeparameter korrigierten Daten höher als bei den unkorrigierten Daten, s. Tabelle 23. Dieses legt die Vermutung nahe, dass vor Ort wahrscheinlich Bilder deutlich unterschiedlicher Bildqualität vorliegen und verwendet werden.

## 5. Zusammenfassung und kritische Reflektion

Die nuklearmedizinische Diagnostik ist ein dynamischer Bereich der Medizin. Alte Untersuchungsindikationen und Vorgehensweisen verlieren an Bedeutung, neue treten an ihre Stelle. Um ein Bild über die aktuelle Situation in der Nuklearmedizin zu erlangen, wurde im Jahr 2008 eine Studie in Auftrag gegeben. In der Studie sollte die Häufigkeit von Untersuchungen in unterschiedlichen Organsystemen und an unterschiedlichen Personengruppen erhoben werden. Zudem war es das Ziel, die aktuell im Zusammenhang mit speziellen Untersuchungen applizierte Aktivität zu erheben. Die Daten sollen als Vorlage für Diskussionen zur Revision der diagnostischen Referenzwerte (DRW) in der Nuklearmedizin dienen. Die Studie wurde federführend vom Klinikum Braunschweig in Zusammenarbeit mit der Ärztlichen Stelle Niedersachsen / Bremen unter der Leitung von Herrn Dr. W. Pethke sowie in Zusammenarbeit mit Herrn PD Dr. D. Saure durchgeführt.

Die Studie wurde als Multi-Center-Studie durchgeführt, an welcher 48 nuklearmedizinische Einrichtungen, 23 Praxen und 25 Krankenhäuser, aus dem Bundesgebiet mitwirken. Die nuklearmedizinischen Einrichtungen sind über einen großen Teil des Bundesgebietes verteilt. Die Anzahl an Untersuchungen einer Einrichtung erstreckt sich von wenigen Hundert Untersuchungen im Jahr bis zu mehr als 13000 Untersuchungen im Jahr.

Der Untersuchungszeitraum umfasst die Kalenderjahre 2007 und 2008. Aus dem Untersuchungszeitraum wurden für sämtliche nuklearmedizinischen Untersuchungen der mitwirkenden nuklearmedizinischen Einrichtungen Parameter anhand eines im Vorfeld festgelegten Katalogs erhoben. Neben obligaten Basisparametern enthielt der Katalog auch fakultative Parameter, wie z.B. die Fragestellung, die mit der Untersuchung beantwortet werden soll, sowie das Patientengewicht.

Vom Projektteam aus wurde über zahlreiche Multiplikatoren versucht, Kontakt mit weiteren nuklearmedizinischen Einrichtungen aufzunehmen und diese von der Relevanz der Studie und der Bedeutung ihres Mitwirkens zu überzeugen. Die Resonanz auf die Aufrufe zur Unterstützung waren im Mittel sehr erfreulich. Dieses ermöglichte es, einen Studienumfang zu erreichen, der die vom BfS geforderte Anzahl um etwa einen Faktor zwei übersteigt.

Es gab gleichwohl Probleme in der Datenerhebung, die bei möglichen, zukünftigen Studien dieser Art berücksichtigt werden sollten. Das Hauptproblem stellte das vom BfS geforderte Datensatzfeld zum Krankenversicherungsstatus dar. Dieses Feld wurde von zahlreichen nuklearmedizinischen Einrichtungen als Hinderungsgrund für eine Mitarbeit angesehen, da sich aus diesen Daten letztlich die Einnahmen einer Praxis berechnen lassen. Es sollte überlegt werden, ein derartiges Feld im Sinne einer hohen Studienbeteiligung in Zukunft zu vermeiden. Andere Probleme, wie z.B. eine händische Erhebung von Daten sollten in der Zukunft bei einer weiter voran schreitenden Digitalisierung der nuklearmedizinischen Einrichtungen in der Bedeutung geringer werden.

Die Studie umfasst 363740 Untersuchungen, von denen 180267 in 2007 und 183473 in 2008 durchgeführt wurden. Die Geschlechterverhältnis der Patienten, das Verhältnis der Krankenversicherungsstati sowie die Altersverteilung sind als plausibel für eine repräsentative Studie anzusehen.

Gleichwohl ist eine Studie, wie die hier durchgeführte, einigen Schwächen unterworfen, die zur Folge haben, dass die Daten höchstensfalls gut verteilt sein können, nicht jedoch als überprüfbar repräsentativ anzusehen sind. Ein Grund ist die Freiwilligkeit der Teilnahme an der Studie. Auch bei einem großen Studienumfang hat diese zur Folge, dass die Gruppe der teilnehmenden nuklearmedizinischen Einrichtungen gewiss einer Verzerrung unterliegt. Tendenziell ist die Teilnahmebereitschaft von gut aufgestellten nuklearmedizinischen Einrichtungen mit wissenschaftlichem Interesse oder einer Nähe zu ärztlichen Stellen höher als in dem Fall, dass dieses

alles nicht vorliegt. Es ist daher davon auszugehen, dass die Unterschiede im Vorgehen nuklearmedizinischer Einrichtungen noch größer sind, als dieses in der Studie festgestellt wurde. Dieses Problem ließe sich nur über eine Verpflichtung zur Teilnahme und eine Randomisierung der Teilnehmer umgehen, was gewiss nicht möglich ist. Zudem ist die Studie durch ihren Umfang in einigen Aussagen limitiert. Der Umfang selber ist, wie bereits erwähnt, dabei schon wesentlich höher als gefordert. Gleichwohl ist die Statistik bei seltenen Untersuchungen noch klein. Um für diese Untersuchungen oder Teilgruppen belastbare Aussagen zu tätigen, wäre eine Studie notwendig, welche die aktuelle vom Umfang her sicherlich um einen Faktor zwei übersteigt.

Die Untersuchungshäufigkeit der betrachteten Organsysteme in einzelnen Personengruppen wurde mit der vorangegangenen Studie dieser Art verglichen, die über den Zeitraum 1996 bis 2000 erfolgte [1].

Die Untersuchungshäufigkeiten, welche in der aktuellen Studie festgestellt werden, weichen für einige Organe deutlich von denen ab, die in der Vergleichsstudie festgestellt wurden. Insbesondere werden Untersuchungen der Nieren sowie der Lunge aktuell mit deutlich geringerer relativer Häufigkeit durchgeführt, wie im Vergleichszeitraum. Ganzkörper-Untersuchungen, hier insbesondere PET-Untersuchungen, aber auch Sentinel-Lymphknoten-(SLN) Diagnostik tritt im Gegenzug wesentlich häufiger auf als früher.

Im ambulanten Bereich werden aktuell mit einer Gesamthäufigkeit von etwa 90% Schilddrüsen-Szintigraphien, Skelett- oder Myokard-Untersuchungen durchgeführt, dabei tragen Schilddrüsenuntersuchungen zu mehr als 50% zu allen Untersuchungen im ambulanten Bereich bei. Untersuchungen weitere Organe sind rar. Im stationären Bereich ist die Vielfalt unterschiedlicher untersuchter Organe weit größer. Insbesondere SLN-Diagnostik und PET-Untersuchungen tragen im stationären Bereich zu mehr als 28% zum Gesamtaufkommen bei.

Im Vergleich der Untersuchungszahlen gesetzlich und privat versicherter Personen fällt auf, dass letztere mehr als zweieinhalbmal so häufig SLN-Diagnostik und PET-Untersuchungen erhalten wie gesetzlich versicherte Personen. Unterschiede in der Verfügbarkeit unterschiedlicher Diagnostik lassen sich hier vermuten. Diese ist zumindest in Bezug auf die PET-Diagnostik und die dortige Vergütungsregelung auch objektiv nachvollziehbar.

Im Vergleich männlicher und weiblicher Patienten fällt auf, dass erstere deutlich häufiger Herz- und Ganzkörperdiagnostik erfahren als letztere. Bei Frauen überwiegen Schilddrüsen-Szintigraphien. Die Änderungen gegenüber dem Vergleichszeitraum sind dabei nicht wesentlich von den bereits berichteten abweichend.

Die Verteilung an Untersuchungen in Praxen entspricht im Wesentlichen derjenigen der ambulanten Patienten. Es fällt jedoch auf, dass im Fall von Ganzkörperuntersuchungen ein wesentlicher Unterschied zu der Verteilung bei ambulanten Patienten besteht. Offensichtlich erfolgt die PET-Diagnostik aktuell noch vermehrt in Krankenhäusern, die diese Leistung ambulant anbieten.

Bei den altersdifferenziert dargestellten Untersuchungen gibt es keine wesentlichen Abweichungen von dem natürlich zu erwartenden diagnostischen Vorgehen. In der Gruppe der Kinder überwiegt mit mehr als 66% die Nierendiagnostik, in der Gruppe der 16-40jährigen nehmen Schilddrüsen und Skelettuntersuchungen schon die Hauptstellung ein. Bei älteren Patienten nähert sich die Verteilung derjenigen der mittleren relativen Häufigkeit an, die im Gesamtkollektiv festgestellt wurde.

Die effektive Dosis die mit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme an den Personengruppen verbunden ist, hat sich im Vergleich zum Zeitraum 1996-2000 wenig geändert. Die Unterschiede zwischen den einzelnen betrachteten Patientengruppen sind nicht gravierend. Sie sind auf leicht unterschiedliche Diagnostik und daraus resultierend unterschiedliche Strahlenexposition der Gruppen zurückzuführen.

Für vier ausgewählte Untersuchungen die an Kindern bis zum 16ten Lebensjahr besonders häufig durchgeführt werden, wurde die alters- und damit gewichtsabhängige Adaptation der applizierten Aktivität im Vergleich zu der Empfehlung der EANM [11] untersucht. Es zeigte sich, dass im Mittel der Empfehlung recht gut gefolgt wird. Einzelne nuklearmedizinische Einrichtungen weichen gleichwohl teilweise recht deutlich von den Empfehlungen ab. Dabei ist zu beachten, dass einzig die Daten der Nierenszintigraphien mit MAG3 als statistisch gesichert anzusehen sind. Alle anderen Untersuchungen erfolgen in so geringer Häufigkeit, dass Fluktuationen durch die Auswahl der Einrichtungen in der Stichprobe unweigerlich auftreten.

Gemäß Wunsch des BfS wurden die relevanten statistischen Größen zum Einsatz von Radiopharmaka bei der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme untersucht. Es ist zu erkennen, dass neben den allgemein für Gammakameras gebräuchlichen Radiopharmaka akutell auch vermehrt PET-Nuklide in den Listen auftauchen.

Bei einer Differenzierung allein anhand der untersuchten Organsysteme gibt es unweigerlich einen Verlust an Informationen, der mit der Aggregation der Daten einhergeht, Für 23 Untersuchungen wurde daher eine Feindifferenzierung durchgeführt, bei der neben dem Organsystem auch die Fragestellung, die Untersuchungsdurchführung sowie das verwendete Radiopharmakon berücksichtigt wurde. Für diese Untersuchungen wurde die im Mittel im Zusammenhang der Untersuchung applizierte Aktivität untersucht und soweit möglich dem aktuell geltenden DRW für diese Untersuchung gegenübergestellt. Es ist auffallend, dass in vielen Fällen die Verteilung der in unterschiedlichen Einrichtungen applizierten Aktivität breit ist. Das Ziel der DRW, als Referenzwert zu dienen, an dem sich die Nuklearmediziner mit einer Toleranz von 10% orientieren, ist für keine Untersuchung als erreicht anzusehen.

Es wurde an zwei repräsentativen Untersuchungen untersucht, in wie weit davon auszugehen ist, dass die unterschiedlich hoch applizierten Aktivitäten zu unterschiedlicher Bildqualität führen. Betrachtet wurde hierzu das Produkt aus applizierter Aktivität und Aufnahmezeit als Maß für die Anzahl an Strahlungsquanten. Es wurde festgestellt, dass zumindest anhand des untersuchten Parameters kein Hinweis darauf besteht, dass die in den Einrichtungen unterschiedlich hoch applizierte Aktivität durch die Aufnahmezeit korrigiert wird. Die Verteilung unter Berücksichtigung der Aufnahmezeit ist sogar größer als diejenige der Aktivität alleine.

Tc-99m ist das Hauptnuklid der Routinediagnostik in der Nuklearmedizin, über 90% der Untersuchungen erfolgen aktuell noch unter Verwendung von Tc-99m, etwa 7% unter der Verwendung von F-18. Seit dem zweiten Halbjahr 2008 besteht ein Mangel an diesem Hauptnuklid. Die Auswirkung des Mangels auf die nuklearmedizinische Diagnostik wurde untersucht. Es wurde dabei festgestellt, dass der Mangel zu einem Rückgang der Untersuchungszahlen von etwa 3,5% im Vergleich zum Zeitraum vor dem Nuklidmangel und zu einem Rückgang der applizierten Tc-99m-Aktivität von im Mittel etwa 6% führte. Der Rückgang im stationären Bereich ist dabei wesentlich größer als im ambulanten Bereich. Während im ambulanten Bereich kein nennenswerter Rückgang festzustellen ist, beträgt der relative Anteil der applizierten Aktivität im Vergleich zum Referenzzeitraum vor dem Nuklidmangel weniger als 90%. Es ist nicht zu erkennen, dass durch den Mangel an Tc-99m großflächig auf andere Diagnostiknuklide ausgewichen wurde. Auch ist nicht festzustellen, dass die im Zusammenhang einer Untersuchung applizierte Aktivität deutlich zurückgegangen ist. Es ist gleichwohl festzustellen, dass eine Änderung in der Zusammensetzung an Untersuchungen aufgetreten ist. Dosisintensive Untersuchungen werden weniger häufig durchgeführt. Schilddrüsenuntersuchungen, die mit vergleichsweise geringer Aktivität durchgeführt werden können sowie SLN-Diagnostik erfolgt in wenig veränderter Häufigkeit.

## Danksagung

Eine Studie vom hier vorgestellten Umfang ist ohne zahlreiche Unterstützer nicht denkbar. Bei diesen bedanken wir uns an dieser Stelle ganz herzlich.

**Insbesondere bedanken wir uns bei den zahlreichen nuklearmedizinischen Einrichtungen und deren Personal, ohne deren Unterstützung diese Studie und die damit erhaltenen Resultate nicht möglich gewesen wäre. Vielen Dank! Wir hoffen, dass die Resultate der Studie allen Unterstützern den Aufwand wert sind, der für sie damit verknüpft war.**

Wir bedanken uns bei der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin (DGN), insbesondere Herrn Prof. Dr. A. Bockisch, welche insbesondere in der Anfangsphase der Studie zahlreiche nuklearmedizinische Einrichtungen über das Vorhaben informiert und die Arbeiten wohlwollend begleitet hat. Zudem bedanken wir uns bei dem Ausschuss „Strahlenschutz“ der DGN unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Dr. C.M. Kirsch, welcher die Studie wohlwollend begleitet hat. Vielen Dank!

Wir bedanken uns bei der Firma iSoft Health GmbH, insbesondere Herrn T. Jumpertz, welche zahlreiche Kunden ihres RIS-Systems über die Studie und Teilnahmemöglichkeiten daran informiert haben. Vielen Dank!

Wir bedanken uns bei der Ärztlichen Stelle Bayern sowie dem Berufsverband Deutscher Nuklearmediziner e.V. – Bayern - , insbesondere Herrn Dr. B. Lang, welcher die Verbandmitglieder auch noch einmal explizit auf die Bedeutung der Studie und Möglichkeiten zur Teilnahme hin angesprochen hat. Vielen Dank!

## 6. Literatur

- [1] K. Hahn: Abschlussbericht zum Forschungsprojekt StSch 4159 / StSch 4247 des Bundesamtes für Strahlenschutz vom 31.10.2003
- [2] M. Hacker et. al.: Radiation exposure of patients undergoing nuclear medicine procedures in Germany between 1996 and 2000. Nuklearmedizin 2005; 44: 119–30
- [3] Richtlinie 97/43/Euratom des Rates (Patientenrichtlinie) vom 30. Juni 1997 über den Gesundheitsschutz von Personen gegen die Gefahren ionisierender Strahlung bei medizinischer Exposition und zur Aufhebung der Richtlinie 84/466/Euratom, Amtsblatt Nr. L 180 vom 09/07/1997 S. 0022 – 0027
- [4] Bundesamt für Strahlenschutz: Bekanntmachung der diagnostischen Referenzwerte für radiologische und nuklearmedizinische Untersuchungen. Bundesanzeiger Nr. 143 vom 05.08.2003
- [5] V. Hesse, et. al., Größen- und Gewichtsperzentilen von Mädchen, 1997
- [6] ICRP, 1988. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. ICRP Publication 53. Ann. ICRP 18 (1-4).
- [7] ICRP, 1998. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals (Addendum to ICRP Publication 53). ICRP Publication 80. Ann. ICRP 28 (3).
- [8] ICRP, 2008. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals - Addendum 3 to ICRP Publication 53. ICRP Publication 106. Ann. ICRP 38 (1-2).
- [9] R.J. Larsen, M. L. Marx, Statistics, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1990
- [10] Statistisches Jahrbuch der Schweiz 1991. Verlag Neue Zürcher Zeitung; Zürich, 1990
- [11] M. Lassmann et. al., The new EANM paediatric dosage card, Eur J Nucl Med Mol Imaging (2007) 34:796–798
- [12] A. Piepsz et. al., A radiopharmaceuticals schedule for imaging in paediatrics, Eur J Nucl Med (1990): 127-129
- [13] [http://www.asnc.org/imageuploads/Covidien\\_Mo99\\_Supply\\_Update052209.pdf](http://www.asnc.org/imageuploads/Covidien_Mo99_Supply_Update052209.pdf)
- [14] [http://www.nukmeinslearnmedizin.de/aktuelles/presse/pm\\_leipzig09\\_docs/2\\_PI\\_versorgungseingpass.pdf](http://www.nukmeinslearnmedizin.de/aktuelles/presse/pm_leipzig09_docs/2_PI_versorgungseingpass.pdf) (08/2010)
- [15] <http://www.nuklearmedizin.de/publikationen/leitlinien/pdf/SLN-Verfahrensanweisung091026.pdf> (08/2010)

# Anlage I. Informationsschreiben zur Studie

## Ärztliche Stelle Niedersachsen/Bremen

nach § 17a RöV und §83 StrlSchV der Ärztekammer Niedersachsen



Städtisches Klinikum Braunschweig gGmbH  
Institut für Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin  
Salzdahlumer Straße 50 • 38126 Braunschweig

An  
in Kliniken und Praxen tätige  
Nuklearmediziner

Institut für  
Röntgendiagnostik und  
Nuklearmedizin

Dr. Markus Borowski

Tel.: 0531-595-2137

E-Mail: m.borowski@klinikum-  
braunschweig.de

25.08.2008

Sehr geehrte Damen und Herren,

die Nuklearmedizin in Deutschland bewegt sich in Bezug auf Versorgungsqualität und Strahlenschutz auf einem international hohen Niveau.

Ein Steuerungsinstrument im Strahlenschutz sind diagnostische Referenzwerte. In 2003 wurden für den Bereich der Nuklearmedizin in Deutschland erstmalig diagnostische Referenzwerte vom Bundesamt für Strahlenschutz veröffentlicht. In den diagnostischen Referenzwerten sind für häufige nuklearmedizinische Untersuchungen Richtwerte über die je nach Fragestellung zu applizierende Aktivität gegeben. Die Höhe der Referenzwerte orientierte sich seinerzeit wesentlich an empirisch erhobenen Daten der bei Nuklearmedizinern verwendeten Aktivitäten.

Seit 2003 haben sich Wissenschaft und Technik in der Nuklearmedizin weiterentwickelt; neue Möglichkeiten haben sich ergeben. Es ist an der Zeit, dass diese neuen Entwicklungen berücksichtigt werden! Auch konnten in den zurückliegenden Jahren Erfahrungen mit der klinischen Umsetzbarkeit der Vorgaben aus den diagnostischen Referenzwerten gesammelt werden. Hier gilt es zu schauen, ob und inwieweit die bestehenden Vorgaben dem tatsächlichen Vorgehen in der Praxis entsprechen.

Das Klinikum Braunschweig wurde zusammen mit der Ärztlichen Stelle Niedersachsen / Bremen damit beauftragt, Daten zu erheben, die es ermöglichen, eine fundierte Aussage über die jährliche Häufigkeit diagnostischer nuklearmedizinischer Untersuchungen in Deutschland und die dabei applizierten Aktivitäten zu geben. Auf Basis dieser neuen Daten sollen insbesondere neue, an den heutigen Stand angepasste diagnostische Referenzwerte für die Nuklearmedizin erstellt werden.

Bitte helfen Sie mit, gute, an Ihrem klinischen Vorgehen angepasste, neue diagnostische Referenzwerte zu erstellen, indem Sie die benötigten Daten aus Ihrer Praxis in die Erhebung einfließen lassen! Es geht uns alle an!

Bei Rückfragen stehen wir Ihnen unter 0531-5952125 jederzeit gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. M. Borowski

Telefon 0531 595 – 0  
Telefax 0531 595 – 1322  
www.klinikum-braunschweig.de

Städtisches Klinikum Braunschweig gGmbH  
Freisestr. 9/10 • 38118 Braunschweig  
Geschäftsführer: Dipl.-Kfm. Helmut Schöttig  
Aufsichtsrat: Ulrich Markurth, Vorsitzender  
Norddeutsche Landesbank  
Konto 815 199 • BLZ 250 500 00  
Post-Giro Hannover

## FAX-Antwortbogen

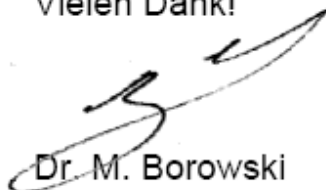
(FAX-Nummer: 0531-5952786)

zur Erhebung von Daten über die Häufigkeit  
nuklearmedizinischer Untersuchungen und  
dabei applizierte Aktivitäten

### Praxis- / Klinikanschrift:

- 
- ☺ **Ja**, ich möchte mich an der Erhebung beteiligen.  
Bitte senden Sie mir weitergehende Informationen zu.
- ☹ **Nein**, ich möchte mich nicht an der Erhebung beteiligen.

Vielen Dank!

  
Dr. M. Borowski  
Klinikum Braunschweig

  
Dr. W. Pethke  
Ärztliche Stelle Niedersachsen / Bremen

Seite: 2



## Anlage II. Informationsschreiben zur Studie

Ärztliche Stelle Niedersachsen/Bremen  
nach § 17a RöV und §83 StrlSchV der Ärztekammer Niedersachsen



Städtisches Klinikum Braunschweig gGmbH  
Institut für Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin  
Salzdahlumer Straße 90 • 38126 Braunschweig

Institut für  
Röntgendiagnostik und  
Nuklearmedizin

Dr. Markus Borowski

Tel.: 0531-595-2137

E-Mail: m.borowski@klinikum-  
braunschweig.de

Im Rahmen des **BfS-Forschungsvorhabens zur Art und Häufigkeit nuklearmedizinischer Untersuchungen**  
**benötigte Daten**

15.11.2010

Sehr geehrter Damen und Herren,

nachfolgend habe ich Ihnen einige wesentliche Informationen zu dem Forschungsvorhaben  
zusammengestellt, mit dem wir aktuell vom **BfS** betraut wurden:

Ziel der Untersuchung:

- Aktualisierung der diagnostischen Referenzwerte (**BfS**)
- Erfassung der tatsächlichen Häufigkeit und Art, mit der nuklearmedizinische Untersuchungen aktuell in Deutschland durchgeführt werden

Folgende Daten zur nuklearmedizinischen Diagnostik werden auf jeden Fall benötigt:

- Geschlecht des Patienten
- Alter des Patienten
- Krankenversicherungsstatus (kassenärztlich/privat)
- Aufnahmezustand (ambulant/stationär)
- Institution (Klinik/Praxis)
- Untersuchungsart der nuklearmedizinischen Anwendung (z.B. Schilddrüsenszintigraphie, Niere –  
**Clearance Myocard, ...**)
- Verwendetes Radionuklid
- Applizierte Aktivität
- Jahr der Untersuchung

Folgende Daten zur nuklearmedizinischen Diagnostik sind zusätzlich im Sinne einer vollständigen  
Auswertung sinnvoll, wenngleich nicht zwingend notwendig:


- Gewicht des Patienten
- Aufnahmeparameter (insb. Aufnahmezeit)
- Diagnose

Die vorgenannten Daten für den Zeitraum der Kalenderjahre 2007 und 2008 erhoben werden.

Im Fall Ihrer Mitarbeit in dieser Studie werden wir Sie nach Kräften beim Zusammentragen der Daten  
unterstützen!

Bei Rückfragen stehen wir Ihnen unter 0531-5952125 jederzeit gerne zur Verfügung!

Viele Grüße

  
Dr. Markus Borowski

### Anlage III. Beispiel einer Datenerhebungstabelle

Nr.	Geb. Datum	Geschlecht	U-Datum	Ambulant/Krh	Organsystem	Untersuchung	Zusatz	Aktivität [MBq]	Nuklid	KIT	Fragestellung	Versichertenstatus
1	13.03.1955	1	02.01.2007	1	2	1	4	510	1	2	1	1
2	06.02.1976	2	02.01.2007	1	2	1	4	513	1	2	1	1
3	30.05.1932	2	02.01.2007	1	2	1	1	531	1	2	1	2
4	12.05.1969	1	02.01.2007	2	10	2	0	229	1	8	2	1
5	11.07.1950	1	02.01.2007	1	3	2	0	73	1	0	1	1
6	04.02.1935	1	02.01.2007	2	10	2	0	230	1	8	2	1
7	22.05.1942	1	02.01.2007	1	3	2	0	76	1	0	1	1
8	05.05.1956	1	03.01.2007	1	2	1	3	511	1	1	1	1
9	10.10.1960	1	03.01.2007	1	2	1	3	511	1	1	1	1
10	10.04.1949	2	03.01.2007	1	2	1	3	509	1	1	1	2
11	19.08.1945	1	03.01.2007	1	2	1	0	678	1	1	2	1
12	29.08.1956	1	03.01.2007	2	10	2	0	256	1	8	2	1
13	06.12.1955	1	03.01.2007	1	3	2	0	74	1	0	1	1
14	06.12.1964	1	03.01.2007	1	3	2	0	74	1	0	1	1
15	22.04.1951	1	04.01.2007	1	3	2	0	74	1	0		1

## Anlage IV. Dosiskonversionsfaktoren

Radiopharmakon	k <sub>D</sub> (1 Jahr) [mGy/MBq]	k <sub>D</sub> (5 Jahre) [mGy/MBq]	k <sub>D</sub> (10 Jahre) [mGy/MBq]	k <sub>D</sub> (15 Jahre) [mGy/MBq]	k <sub>D</sub> (Erwachsene) [mGy/MBq]	ICRP- Quelle	Seite
C-11 Acetat	1,80E-02	9,90E-03	6,50E-03	4,30E-03	3,50E-03	106	53
C-11 Carfentanil	2,60E-02	1,40E-02	8,60E-03	5,50E-03	4,30E-03	106	65
C-11 Cholin	4,50E-02	2,50E-02	1,80E-02	7,60E-03	5,60E-03	106	59
C-11 DASB	2,60E-02	1,40E-02	8,60E-03	5,50E-03	4,30E-03	106	65
C-11 Flumazenil	2,60E-02	1,40E-02	8,60E-03	5,50E-03	4,30E-03	106	65
C-11 Methionin	4,70E-02	2,60E-02	1,70E-02	1,10E-02	8,40E-03	106	69
C-11 Pittsburgh compound B	2,60E-02	1,40E-02	8,60E-03	5,50E-03	4,30E-03	106	65
C-11 Raclopride	2,60E-02	1,40E-02	8,60E-03	5,50E-03	4,30E-03	106	65
C-11 Ritalin	2,60E-02	1,40E-02	8,60E-03	5,50E-03	4,30E-03	106	65
C-11 Rituximab	2,60E-02	1,40E-02	8,60E-03	5,50E-03	4,30E-03	106	65
C-14 Harnstoff					3,98E-02	80	17
Chelex							
Co-57 Vitamin B12	2,80E+01	1,60E+01	1,10E+01	7,30E+00	5,80E+00	53	127
Cr-51 markierte Erythrozyten	1,5	8,00E-01	5,20E-01	3,30E-01	2,60E-01	53	112
Cr51-EDTA	7,10E-03	3,90E-03	3,40E-03	2,60E-03	2,00E-03	80	51
F-18 DMFP	1,80E-01	8,70E-02	5,40E-02	3,70E-02	2,80E-02	106	84
F-18 Cholin	1,60E-01	9,30E-02	6,60E-02	3,10E-02	2,30E-02		
F-18 Falpyrid	1,80E-01	8,70E-02	5,40E-02	3,70E-02	2,80E-02	106	84
F-18 FDG	9,50E-02	5,60E-02	3,70E-02	2,40E-02	1,90E-02	106	87
F-18 FET					1,90E-02		
F-18 L-Dopa	1,00E-01	7,00E-02	4,90E-02	3,20E-02	2,50E-02	106	91
F-18 Miso					1,60E-02		
F-18 NaF	1,70E-02	8,60E-02	5,20E-02	3,40E-02	2,70E-02	53	74
Fe-59 Citrat	68	37	24	15	10	53 (80)	119
Ga-67 Citrat	6,40E-01	3,30E-01	2,00E-01	1,30E-01	1,00E-01	80	53
I-123 ADAM					3,60E-02		
I-123 DAT-Scan	3,20E-01	1,50E-01	9,60E-02	6,10E-02	5,00E-02	106	146
I-123 Hippuran	3,40E-02	1,90E-02	1,90E-02	1,50E-02	1,20E-02	80	77
I-123 IBZM	3,20E-01	1,50E-01	9,60E-02	6,10E-02	5,00E-02	106	146
I-123 IMT							
I-123 Jomazinil	3,20E-01	1,50E-01	9,60E-02	6,10E-02	5,00E-02	106	146
I-123 MIBG	6,80E-02	3,70E-02	2,60E-02	1,70E-02	1,30E-02	80	79
I-123 Nal	1,40E+00	7,40E-01	3,50E-01	2,30E-01	1,50E-01	53	265
I-124 MIBG	1,20E+00	6,70E-01	4,40E-01	3,00E-01	2,40E-01	53	330
I124 Nal	8,60E+01	4,60E+01	2,10E+01	1,40E+01	9,10E+00	53	269
I-124 Phenylalbumin							
In-111 Chlorid-Albumin							
In-111 DOTATATE							
In-111 DTPA	1,20E-01	6,70E-02	4,50E-02	3,10E-02	2,50E-02	53	238
In-111 Octeoscan	2,60E-01	1,60E-01	1,10E-01	7,10E-02	5,40E-02	106	135
In-111 Oxin	3,2	1,8	1,2	7,90E-01	3,60E-01	53 (80)	255
In-111 Zevalin							
N-13 Ammoniak	1,50E-02	7,70E-03	4,90E-03	3,20E-03	2,70E-03	53	62
Se-75 SeHCAT	3,9	2	1,3	8,60E-01	6,90E-01	80	55
Tc-99m Albumin-Res	5,00E-02	2,80E-02	1,80E-02	1,20E-02	9,40E-03	80	65
Tc-99m Angiocis							
Tc-99m Bridatec							
Tc-99m DMSA	3,70E-02	2,10E-02	1,50E-02	1,10E-02	8,80E-03	80	57

Radiopharmakon	k <sub>D</sub> (1 Jahr) [mGy/MBq]	k <sub>D</sub> (5 Jahre) [mGy/MBq]	k <sub>D</sub> (10 Jahre) [mGy/MBq]	k <sub>D</sub> (15 Jahre) [mGy/MBq]	k <sub>D</sub> (Erwachsene) [mGy/MBq]	ICRP- Quelle	Seite
Tc-99m DTPA	1,60E-02	9,00E-03	8,20E-03	6,20E-03	4,90E-03	80	59
Tc-99m Granulozyten	6,20E-02	3,40E-02	2,20E-02	1,40E-02	1,10E-02	80	67
Tc-99m HIG	4,70E-02	2,90E-02	2,10E-02	9,40E-03	7,00E-03	80	25
Tc99m HMPAO	4,70E-02	2,90E-02	2,10E-02	9,40E-03	7,00E-03	80	25
Tc99m Jodida							
Tc99m Leucoscan	6,20E-02	3,40E-02	2,20E-02	1,40E-02	1,10E-02	80	67
Tc99m MAA	6,30E-02	3,40E-02	2,30E-02	1,60E-02	1,10E-02	80	69
Tc99m MAG3	2,20E-02	1,20E-02	1,20E-02	9,00E-03	7,00E-03	80	103
Tc-99m markierte Eigenerythrozyten	3,90E-02	2,10E-02	1,40E-02	8,90E-03	7,00E-03	80	61
Tc99m MDP	2,70E-02	1,40E-02	1,10E-02	7,00E-03	5,70E-03	80	75
Tc-99m MIBI	5,30E-02	2,80E-02	1,80E-02	1,20E-02	9,00E-03	80	110
Tc-99m Tetraphosmin	3,90E-02	2,10E-02	1,30E-02	8,80E-03	6,90E-03	106	125
Tc99m Nanocoll				1,90E-03	1,60E-03	106	122
Tc-99m Neurolite	4,00E-02	2,20E-02	1,50E-02	9,90E-03	7,70E-03	106	105
Tc-99m Pentacis	1,60E-02	9,00E-03	8,20E-03	6,20E-03	4,90E-03	80	59
Tc-99m Pertechenetat	7,90E-02	4,20E-02	2,60E-02	1,70E-02	1,30E-02	80	73
Tc-99m Technegas	8,70E-02	4,70E-02	3,10E-02	2,20E-02	1,50E-02	80	33
Tc-99m Tekrotyd							
Tc-99m TNF Alpha-Antikörper	5,40E-02	3,00E-02	1,90E-02	1,20E-02	9,80E-03	106	115
Tc-99m Ventisol	1,60E-02	9,00E-03	8,20E-03	6,20E-03	4,90E-03	80	59
Tl-201 Chlorid	1,3	7,90E-01	5,60E-01	2,00E-01	1,40E-01	106	162
Xe-133 Gas	5,40E-03	2,70E-03	1,60E-03	1,00E-03	8,00E-04	53	345

**Tabelle 24:** Dosiskonversionsfaktoren der in der Studie auftretenden relevanten Radiopharmaka für unterschiedliche Altersstufen. Für Radiopharmaka bei denen keine ICRP-Quelle als Referenz angegeben ist, stammen die Zahlenwerte vom BfS bzw. aus vom BfS empfohlenen Publikationen. Für einige Radiopharmaka waren nicht für alle Altersstufen Konversionsfaktoren verfügbar.

## Anlage V. Häufigkeit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme bei ausgewählten Personengruppen

	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
Gesamt	363545	91931	90170	93051	88393
Schilddrüse	151479	37973	37298	39151	37057
Skelett	90302	23899	22312	23085	21006
Myokard	51424	13734	13597	12597	11496
Lunge	9594	2638	2525	2287	2144
Ganzkörper	28380	6147	6799	7231	8203
Niere	13657	3463	3323	3499	3372
Gehirn	3825	857	867	1108	993
Galle / Leber	521	91	103	173	154
Lymphatisches System	11138	2396	2571	3072	3099
NSD	1470	300	340	410	420
Gastrointestinaltrakt	1076	232	275	286	283
Nebenniere	126	28	29	42	27
Speicheldrüse	154	46	30	30	48
ZNS	41	8	10	11	12
sonstige	285	105	77	54	49

**Tabelle 25:** Häufigkeit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme im gesamten Untersuchungskollektiv

	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt	264002	65529	64815	68566	65092
Schilddrüse	139788	35001	34341	36138	34308
Skelett	61063	15829	14830	15992	14412
Myokard	34424	8604	8941	8798	8081
Lunge	2701	724	702	688	587
Ganzkörper	12156	2246	2911	3153	3846
Niere	7474	1873	1730	1986	1885
Gehirn	1803	329	385	550	539
Galle / Leber	194	55	41	56	42
Lymphatisches System	2631	475	525	722	909
NSD	1037	203	234	305	295
Gastrointestinaltrakt	398	108	99	103	88
Nebenniere	58	13	14	20	11
Speicheldrüse	129	38	24	28	39
ZNS	3	0	0	2	1
sonstige	96	24	28	18	26

**Tabelle 26:** Häufigkeit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme im ambulanten Untersuchungskollektiv

	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt	83396	22665	21394	19962	19375
Schilddrüse	5242	1426	1374	1273	1169
Skelett	24630	6794	6247	5924	5665
Myokard	13898	4388	3964	2903	2643
Lunge	6648	1872	1748	1530	1498
Ganzkörper	15005	3863	3623	3585	3934
Niere	5908	1533	1530	1441	1404
Gehirn	1980	523	467	544	446
Galle / Leber	325	35	61	117	112
Lymphatisches System	8418	1903	2034	2322	2159
NSD	359	95	96	75	93
Gastrointestinaltrakt	671	123	173	181	194
Nebenniere	48	9	10	14	15
Speicheldrüse	13	5	4	0	4
ZNS	38	8	10	9	11
sonstige	188	81	49	36	22

**Tabelle 27:** Häufigkeit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme im stationären Untersuchungskollektiv

	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt	302528	77621	75840	76677	72390
Schilddrüse	134277	34136	33399	34465	32277
Skelett	71246	19052	17766	18109	16319
Myokard	45668	12185	12038	11109	10336
Lunge	6833	1856	1790	1660	1527
Ganzkörper	20293	4576	4908	4977	5832
Niere	10887	2866	2750	2727	2544
Gehirn	2977	682	681	848	766
Galle / Leber	405	75	73	134	123
Lymphatisches System	7323	1591	1790	1958	1984
NSD	1197	249	289	336	323
Gastrointestinaltrakt	884	184	220	239	241
Nebenniere	105	21	25	34	25
Speicheldrüse	120	41	30	19	30
ZNS	32	7	6	9	10
sonstige	228	88	61	43	36

**Tabelle 28:** Häufigkeit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme an gesetzlich versicherten Personen

	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt	45665	11477	11463	11643	11082
Schilddrüse	13605	3359	3360	3414	3472
Skelett	12503	3474	3232	3068	2729
Myokard	4687	1350	1361	1145	831
Lunge	1598	467	441	374	316
Ganzkörper	6819	1392	1628	1829	1970
Niere	1628	407	393	429	399
Gehirn	793	172	182	231	208
Galle / Leber	91	14	24	31	22
Lymphatisches System	3483	739	727	1015	1002
NSD	200	37	44	46	73
Gastrointestinaltrakt	161	39	51	40	31
Nebenniere	21	7	4	8	2
Speicheldrüse	18	5	0	5	8
ZNS	8	1	4	1	2
sonstige	35	12	12	5	6

**Tabelle 29:** Häufigkeit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme an privat versicherten Personen

	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt	132093	33853	33238	33566	31436
Schilddrüse	33614	8235	8358	8823	8198
Skelett	35653	9606	8886	9009	8152
Myokard	29348	7992	7789	7201	6366
Lunge	4837	1310	1274	1144	1109
Ganzkörper	15942	3505	3878	4034	4525
Niere	7056	1866	1727	1780	1683
Gehirn	2124	477	469	633	545
Galle / Leber	259	34	47	91	87
Lymphatisches System	1999	507	497	524	471
NSD	477	106	107	132	132
Gastrointestinaltrakt	445	103	124	123	95
Nebenniere	67	13	18	18	18
Speicheldrüse	41	15	8	10	8
ZNS	15	2	4	4	5
sonstige	171	74	42	30	25

**Tabelle 30:** Häufigkeit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme an männlichen Personen

	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt	231127	58012	56863	59415	56837
Schilddrüse	117775	29711	28920	30308	28836
Skelett	54519	14262	13400	14049	12808
Myokard	22041	5740	5788	5391	5122
Lunge	4756	1328	1251	1143	1034
Ganzkörper	12433	2642	2920	3196	3675
Niere	6591	1593	1596	1717	1685
Gehirn	1700	379	398	475	448
Galle / Leber	262	57	56	82	67
Lymphatisches System	9089	1888	2072	2533	2596
NSD	992	194	233	278	287
Gastrointestinaltrakt	629	129	151	163	186
Nebenniere	59	15	11	24	9
Speicheldrüse	113	31	22	20	40
ZNS	26	6	6	7	7
sonstige	114	31	35	24	24

**Tabelle 31:** Häufigkeit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme an weiblichen Personen

	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt	199153	49702	48819	52431	48201
Schilddrüse	112408	28490	27513	29180	27225
Skelett	47021	12222	11601	12306	10892
Myokard	28440	6648	7112	7796	6884
Lunge	1782	460	445	482	395
Ganzkörper	2025	157	436	683	749
Niere	4235	1071	1013	1107	1044
Gehirn	472	71	105	120	176
Galle / Leber	105	41	18	23	23
Lymphatisches System	1720	345	378	466	531
NSD	575	104	110	180	181
Gastrointestinaltrakt	165	42	50	37	36
Nebenniere	30	10	8	10	2
Speicheldrüse	104	29	19	24	32
ZNS	0	0	0	0	0
sonstige	32	5	7	9	11

**Tabelle 32:** Häufigkeit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme in nuklearmedizinischen Praxen

	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt	166073	41555	40891	42106	41521
Schilddrüse	39283	9479	9789	10091	9924
Skelett	42482	11455	10470	10595	9962
Myokard	23254	6396	6003	5575	5280
Lunge	8510	2178	2082	2129	2121
Ganzkörper	27539	6208	6604	6960	7767
Niere	9401	2393	2311	2398	2299
Gehirn	3353	786	762	988	817
Galle / Leber	409	47	84	147	131
Lymphatisches System	9425	2052	2196	2607	2570
NSD	919	198	230	224	267
Gastrointestinaltrakt	984	190	223	289	282
Nebenniere	96	18	21	32	25
Speicheldrüse	50	17	11	6	16
ZNS	41	8	10	11	12
sonstige	253	100	70	45	38

**Tabelle 33:** Häufigkeit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme in Krankenhäusern / Kliniken



	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt	5582	1455	1381	1445	1301
Schilddrüse	270	81	55	69	65
Skelett	732	224	174	180	154
Myokard	70	9	27	32	2
Lunge	28	5	9	12	2
Ganzkörper	411	105	101	99	106
Niere	3631	980	911	913	827
Gehirn	61	15	15	13	18
Galle / Leber	54	10	16	8	20
Lymphatisches System	20	7	5	5	3
NSD	6	2	1	2	1
Gastrointestinaltrakt	250	12	57	97	84
Nebenniere	39	5	8	13	13
Speicheldrüse	0	0	0	0	0
ZNS	5	0	1	0	4
sonstige	0	0	0	0	0

**Tabelle 34:** Häufigkeit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme an Personen im Alter bis 15 Jahren

	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt	44569	11685	11683	10943	10258
Schilddrüse	27389	7070	6992	6930	6397
Skelett	6807	1839	1774	1673	1521
Myokard	1658	527	533	323	275
Lunge	919	287	264	200	168
Ganzkörper	3921	1050	1097	831	943
Niere	1941	480	522	470	469
Gehirn	499	125	124	133	117
Galle / Leber	88	16	24	25	23
Lymphatisches System	865	188	221	234	222
NSD	183	35	62	42	44
Gastrointestinaltrakt	196	40	45	56	55
Nebenniere	14	5	5	1	3
Speicheldrüse	34	9	6	9	10
ZNS	8	1	3	4	0
sonstige	38	9	11	10	8

**Tabelle 35:** Häufigkeit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme an Personen im Alter zwischen 16 Jahren und 40 Jahren

	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
Gesamt	173434	44135	42701	44595	42003
Schilddrüse	78584	19830	19201	20529	19024
Skelett	40560	10856	10007	10227	9470
Myokard	22899	6214	6097	5566	5022
Lunge	3420	971	881	800	768
Ganzkörper	14074	3044	3353	3627	4050
Niere	4603	1135	1067	1222	1179
Gehirn	1608	357	348	500	403
Galle / Leber	240	51	41	78	70
Lymphatisches System	6044	1315	1395	1687	1647
NSD	687	155	137	199	196
Gastrointestinaltrakt	389	108	104	83	94
Nebenniere	46	13	8	20	5
Speicheldrüse	85	27	14	16	28
ZNS	22	4	4	7	7
sonstige	141	50	38	28	25

**Tabelle 36:** Häufigkeit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme an Personen im Alter zwischen 41 Jahren und 65 Jahren

	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
Gesamt	139939	34648	34398	36062	34831
Schilddrüse	45227	10986	11050	11620	11571
Skelett	42201	10978	10357	11005	9861
Myokard	26797	6984	6940	6676	6197
Lunge	5224	1375	1368	1275	1206
Ganzkörper	9970	1948	2245	2673	3104
Niere	3480	868	823	892	897
Gehirn	1656	360	379	462	455
Galle / Leber	139	14	22	62	41
Lymphatisches System	4209	886	950	1146	1227
NSD	594	108	140	167	179
Gastrointestinaltrakt	241	72	69	50	50
Nebenniere	27	5	8	8	6
Speicheldrüse	35	10	10	5	10
ZNS	6	3	2	0	1
sonstige	106	46	28	16	16

**Tabelle 37:** Häufigkeit der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme an Personen im Alter oberhalb von 65 Jahren

## Anlage VI. Effektive Dosis bei der Untersuchung unterschiedlicher Organsysteme bei ausgewählten Personengruppen

	effektive Dosis der Organuntersuchungen ambulant				
	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt					
Schilddrüse	0,89	0,89	0,90	0,89	0,88
Skelett	3,36	3,39	3,35	3,36	3,33
Myokard	3,94	3,94	3,99	3,93	3,93
Lunge	2,68	2,62	2,62	2,64	2,87
Ganzkörper	6,22	6,23	6,35	6,20	6,15
Niere	0,70	0,71	0,70	0,70	0,68
Gehirn	7,26	7,14	7,59	6,80	7,41
Galle / Leber	3,33	1,35	0,37	3,87	7,23
Lymphatisches System	0,24	0,22	0,25	0,25	0,24
Nebenschilddrüse	4,73	4,83	4,76	4,71	4,55
Gastrointestinaltrakt	0,35	0,35	0,46	0,62	0,35
Nebenniere	3,56	3,30	3,64	3,76	3,22
Speicheldrüse	1,25	1,22	1,69	1,10	1,18
ZNS	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00
sonstige	4,68	3,45	5,55	3,82	6,09

**Tabelle 38:** effektive Dosis bei Untersuchungen an ambulant untersuchten Personen

	effektive Dosis der Organuntersuchungen stationär				
	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt					
Schilddrüse	0,86	0,87	0,88	0,85	0,85
Skelett	3,66	3,66	3,65	3,66	3,68
Myokard	4,14	4,13	4,15	4,15	4,15
Lunge	3,56	4,16	4,54	2,70	2,61
Ganzkörper	5,68	6,57	5,76	5,64	5,40
Niere	0,63	0,64	0,62	0,64	0,65
Gehirn	5,67	5,72	5,78	5,44	5,60
Galle / Leber	1,74	1,12	2,45	1,64	1,64
Lymphatisches System	0,20	0,22	0,20	0,20	0,19
Nebenschilddrüse	4,36	4,66	4,40	4,29	4,05
Gastrointestinaltrakt	0,41	0,73	0,55	0,40	0,19
Nebenniere	3,17	3,10	3,14	3,53	2,92
Speicheldrüse	0,97	0,96	0,98	0,00	0,99
ZNS	0,57	0,68	0,66	0,43	0,53
sonstige	2,17	2,18	2,07	2,41	2,15

**Tabelle 39:** effektive Dosis bei Untersuchungen an stationär untersuchten Personen

	effektive Dosis der Organuntersuchungen Kasse				
	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt					
Schilddrüse	0,89	0,89	0,90	0,89	0,89
Skelett	3,44	3,46	3,43	3,44	3,42
Myokard	3,94	3,95	3,98	3,93	3,92
Lunge	3,61	4,11	4,35	2,90	2,86
Ganzkörper	5,92	6,06	6,06	5,89	5,75
Niere	0,67	0,67	0,67	0,67	0,66
Gehirn	6,32	6,19	6,58	5,99	6,46
Galle / Leber	2,11	1,00	2,41	2,15	2,14
Lymphatisches System	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19
Nebenschilddrüse	4,51	4,72	4,55	4,49	4,23
Gastrointestinaltrakt	0,40	0,59	0,56	0,50	0,20
Nebenniere	3,20	3,01	3,31	3,29	3,09
Speicheldrüse	1,33	1,22	1,60	1,19	1,25
ZNS	0,54	0,71	0,66	0,34	0,55
sonstige	2,77	2,14	3,02	2,37	4,73

**Tabelle 40:** effektive Dosis bei Untersuchungen an gesetzlich versicherten Personen

	effektive Dosis der Organuntersuchungen privat				
	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt					
Schilddrüse	0,88	0,88	0,88	0,89	0,88
Skelett	3,53	3,53	3,49	3,53	3,54
Myokard	3,86	3,86	3,89	3,77	3,98
Lunge	2,79	2,85	3,17	2,41	2,90
Ganzkörper	6,01	5,91	6,02	6,13	5,99
Niere	0,65	0,72	0,63	0,65	0,66
Gehirn	6,77	6,70	6,86	6,39	6,89
Galle / Leber	1,76	2,49	0,95	2,11	1,83
Lymphatisches System	0,24	0,25	0,24	0,24	0,23
Nebenschilddrüse	4,68	4,82	4,94	4,58	4,59
Gastrointestinaltrakt	0,29	0,45	0,28	0,49	0,17
Nebenniere	3,76	3,33	3,89	4,08	4,84
Speicheldrüse	1,30	1,35	0,00	1,15	1,36
ZNS	0,64	0,48	0,65	1,06	0,48
sonstige	2,40	1,98	1,51	2,93	7,47

**Tabelle 41:** effektive Dosis bei Untersuchungen an privat versicherten Personen

	effektive Dosis der Organuntersuchungen Mann				
	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt					
Schilddrüse	0,87	0,87	0,88	0,87	0,86
Skelett	3,26	3,28	3,25	3,27	3,25
Myokard	4,02	4,11	4,05	3,98	3,99
Lunge	3,08	2,89	2,87	3,03	3,39
Ganzkörper	6,81	7,58	7,17	6,50	6,84
Niere	0,72	0,72	0,72	0,73	0,70
Gehirn	8,75	8,58	8,85	8,60	8,70
Galle / Leber	4,66	5,52	0,00	4,61	4,32
Lymphatisches System	0,23	0,22	0,25	0,24	0,22
Nebenschilddrüse	4,52	4,76	4,65	4,45	4,33
Gastrointestinaltrakt	0,33	0,23	0,41	0,33	0,38
Nebenniere	3,34	3,11	3,93	2,85	4,84
Speicheldrüse	1,20	1,12	1,55	1,06	1,15
ZNS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
sonstige	4,68	1,07	1,39	1,80	7,84

**Tabelle 42:** effektive Dosis bei Untersuchungen an männlichen Personen

	effektive Dosis der Organuntersuchungen Frau				
	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt					
Schilddrüse	0,94	0,94	0,95	0,94	0,94
Skelett	3,61	3,64	3,61	3,61	3,59
Myokard	3,84	3,80	3,90	3,81	3,83
Lunge	3,38	3,89	4,21	2,64	2,59
Ganzkörper	5,86	5,98	5,95	5,87	5,69
Niere	0,63	0,64	0,62	0,63	0,65
Gehirn	6,12	6,11	6,33	5,83	6,14
Galle / Leber	1,97	0,87	1,90	2,07	2,02
Lymphatisches System	0,21	0,22	0,20	0,21	0,20
Nebenschilddrüse	4,61	4,75	4,59	4,66	4,38
Gastrointestinaltrakt	0,40	0,60	0,50	0,51	0,22
Nebenniere	3,24	3,08	3,02	3,69	3,09
Speicheldrüse	1,43	1,42	1,70	1,51	1,39
ZNS	0,57	0,68	0,66	0,44	0,53
sonstige	2,97	2,49	3,47	3,10	4,18

**Tabelle 43:** effektive Dosis bei Untersuchungen an weiblichen Personen

	effektive Dosis der Organuntersuchungen Praxis				
	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt					
Schilddrüse	0,89	0,89	0,89	0,88	0,88
Skelett	3,49	3,52	3,49	3,49	3,47
Myokard	3,94	3,95	3,99	3,92	3,91
Lunge	3,21	3,51	3,79	2,66	2,75
Ganzkörper	6,04	6,08	6,13	6,02	5,96
Niere	0,67	0,67	0,66	0,68	0,66
Gehirn	6,58	6,49	6,79	6,28	6,66
Galle / Leber	1,92	0,36	1,58	2,05	1,89
Lymphatisches System	0,31	0,33	0,30	0,32	0,27
Nebenschilddrüse	4,57	4,55	4,59	4,57	4,55
Gastrointestinaltrakt	0,44	0,61	0,59	0,53	0,23
Nebenniere	3,26	3,10	3,23	3,44	3,32
Speicheldrüse	1,15	1,16	1,29	0,99	1,16
ZNS	0,45	0,48	0,62	0,33	0,36
sonstige	2,81	2,31	2,37	3,12	5,64

**Tabelle 44:** effektive Dosis bei Untersuchungen durch eine nuklearmedizinische Praxis

	effektive Dosis der Organuntersuchungen KKH				
	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt					
Schilddrüse	0,89	0,89	0,90	0,89	0,89
Skelett	3,39	3,41	3,37	3,39	3,38
Myokard	3,93	3,95	3,96	3,90	3,96
Lunge	3,40	3,84	4,07	2,76	2,71
Ganzkörper	5,78	5,92	5,87	5,79	5,60
Niere	0,67	0,68	0,66	0,66	0,67
Gehirn	6,27	6,04	6,42	5,91	6,56
Galle / Leber	2,21	1,38	2,19	2,20	2,48
Lymphatisches System	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Nebenschilddrüse	4,57	4,85	4,62	4,58	4,28
Gastrointestinaltrakt	0,35	1,37	0,46	0,61	0,25
Nebenniere	3,31	3,09	3,52	3,38	2,80
Speicheldrüse	1,34	1,26	1,72	1,23	1,25
ZNS	0,64	0,75	0,69	0,51	0,63
sonstige	3,62	3,23	4,75	2,67	4,30

**Tabelle 45:** effektive Dosis bei Untersuchungen durch eine in ein Krankenhaus bzw. eine Klinik integrierte nuklearmedizinische Einrichtung

	effektive Dosis der Organuntersuchungen <16 Jahre				
	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt					
Schilddrüse	2,16	2,54	2,04	2,13	1,86
Skelett	4,85	5,08	4,44	5,35	4,42
Myokard	14,95	11,23	15,21	16,66	3,81
Lunge	4,86	12,50	3,74	2,77	3,29
Ganzkörper	6,15	6,13	6,46	6,25	6,36
Niere	0,50	0,47	0,49	1,73	0,56
Gehirn	6,93	5,81	5,75	12,14	5,29
Galle / Leber	32,92	53,20	25,27	27,93	0,00
Lymphatisches System	0,12	0,10	0,14	0,17	0,07
Nebenschilddrüse	8,62	14,83	2,58	7,67	4,16
Gastrointestinaltrakt	3,04	4,93	2,24	2,34	2,29
Nebenniere	4,45	4,85	4,78	3,92	4,75
Speicheldrüse	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ZNS	1,06	0,00	1,82	0,00	0,87
sonstige	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabelle 46:** effektive Dosis bei Untersuchungen an Personen <16 Jahren

	effektive Dosis der Organuntersuchungen 16-40 Jahre				
	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt					
Schilddrüse	0,89	0,90	0,90	0,89	0,89
Skelett	3,25	3,30	3,25	3,22	3,18
Myokard	4,12	4,16	4,14	3,99	4,09
Lunge	5,63	6,62	7,86	3,13	3,13
Ganzkörper	5,94	7,46	6,19	5,65	5,65
Niere	0,65	0,63	0,65	0,68	0,65
Gehirn	5,34	6,20	6,17	4,12	4,69
Galle / Leber	3,06	2,88	3,93	3,69	1,55
Lymphatisches System	0,18	0,16	0,16	0,18	0,19
Nebenschilddrüse	4,31	4,15	4,46	4,26	4,19
Gastrointestinaltrakt	0,44	0,55	0,53	0,95	0,27
Nebenniere	3,14	2,83	3,02	2,40	4,61
Speicheldrüse	1,28	1,47	1,01	1,53	1,03
ZNS	0,71	0,95	0,78	0,60	0,00
sonstige	3,78	2,37	6,35	2,31	5,21

**Tabelle 47:** effektive Dosis bei Untersuchungen an Personen im Alter zwischen 16 Jahren und 40 Jahren

	effektive Dosis der Organuntersuchungen 41-65 Jahre				
	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt					
Schilddrüse	0,89	0,89	0,90	0,89	0,89
Skelett	3,43	3,45	3,43	3,42	3,41
Myokard	3,92	3,93	3,97	3,89	3,90
Lunge	3,43	3,92	4,20	2,80	2,67
Ganzkörper	5,98	6,06	6,08	6,00	5,82
Niere	0,66	0,68	0,66	0,65	0,67
Gehirn	6,16	6,10	6,64	5,76	6,20
Galle / Leber	1,90	0,64	1,12	2,28	2,00
Lymphatisches System	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20
Nebenschilddrüse	4,59	4,82	4,67	4,57	4,34
Gastrointestinaltrakt	0,38	1,55	0,52	0,41	0,24
Nebenniere	3,38	3,10	3,85	3,42	2,93
Speicheldrüse	1,19	1,04	1,67	0,99	1,18
ZNS	0,49	0,63	0,53	0,35	0,54
sonstige	3,06	2,54	2,75	3,23	5,15

**Tabelle 48:** effektive Dosis bei Untersuchungen an Personen im Alter zwischen 41 Jahren und 65 Jahren

	effektive Dosis der Organuntersuchungen >65 Jahre				
	2 Jahre	1.HJ	2.HJ	3.HJ	4.HJ
gesamt					
Schilddrüse	0,89	0,89	0,90	0,89	0,88
Skelett	3,46	3,48	3,44	3,46	3,46
Myokard	3,94	3,95	3,97	3,93	3,95
Lunge	2,80	2,87	2,94	2,61	2,72
Ganzkörper	5,86	5,84	5,86	5,91	5,83
Niere	0,68	0,69	0,68	0,68	0,67
Gehirn	7,02	6,44	6,75	7,07	7,43
Galle / Leber	1,84	1,43	1,52	1,61	2,34
Lymphatisches System	0,23	0,24	0,23	0,23	0,21
Nebenschilddrüse	4,60	4,81	4,67	4,64	4,42
Gastrointestinaltrakt	0,42	0,50	0,53	0,43	0,27
Nebenniere	3,24	3,33	3,10	3,48	2,98
Speicheldrüse	1,56	1,52	1,86	0,99	1,58
ZNS	0,65	0,65	0,73	0,00	0,48
sonstige	3,03	2,34	3,41	2,89	4,90

**Tabelle 49:** effektive Dosis bei Untersuchungen an Personen ab einem Alter von 66 Jahren



## Anlage VII. Statistische Daten zu ausgewählten Standarduntersuchungen

<b>SD-Szintigraphie mit Tc99m Pertechnetat</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	150700	37759	37079	36865	36865
# Einrichtungen	48	47	48	48	48
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]	68,5	68,4	68,9	68,4	68,0
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]	66,8	66,8	66,5	66,7	66,6
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [MBq]	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Mean(Eff.Dosis) <sub>E</sub> [MBq]	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Median(Aktivität) [MBq]	69,8	69,9	69,7	69,9	69,5
Perz10(Aktivität) [MBq]	51,5	51,7	50,5	51,4	51,4
Perz90(Aktivität) [MBq]	74,8	75,1	50,5	75,0	74,1

<b>Myokardszintigraphie mit TICI</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	2166	713	424	667	667
# Einrichtungen (7 Einheiten < 8 Untersuchungen)	23	12	14	13	20
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]	76,4	74,6	76,4	75,6	78,1
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]	80,6	67,0	57,1	59,1	65,8
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [MBq]	10,7	10,4	10,7	10,6	10,9
Mean(Eff.Dosis) <sub>E</sub> [MBq]	11,1	9,4	8,0	8,3	9,3
Median(Aktivität) [MBq]	79,5	71,5	61,2	68,6	72,1
Perz10(Aktivität) [MBq]	65,8	36,6	15,9	34,4	36,1
Perz90(Aktivität) [MBq]	99,8	90,4	15,9	85,6	83,1

<b>Myokardszintigraphie mit Tc99m, Zweitagesprotokoll</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	31278	8178	7850	7081	7081
# Einrichtungen (1 Einheit < 8 Untersuchungen)	30	29	29	30	30
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]	410,7	405,6	422,9	412,0	400,2
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]	410,1	376,4	379,3	376,5	391,4
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [MBq]	3,6	3,5	3,7	3,6	3,5
Mean(Eff.Dosis) <sub>E</sub> [MBq]	3,5	3,2	3,2	3,2	3,3
Median(Aktivität) [MBq]	400,9	377,3	370,3	374,7	381,3
Perz10(Aktivität) [MBq]	309,4	221,7	243,1	219,2	220,2
Perz90(Aktivität) [MBq]	526,4	526,8	243,1	527,6	512,5

<b>Myokardszintigraphie mit Tc99m, Eintagesprotokoll, 1. Applikation</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	6119	1131	1656	1556	1556
# Einrichtungen (3 Einrichtungen < 8 Untersuchungen)	19	17	14	17	19
Mean(Aktivität) <sub>U</sub> [MBq]	291,4	279,5	294,1	296,0	291,4
Mean(Aktivität) <sub>E</sub> [MBq]	289,1	260,9	283,7	255,9	230,0
Mean(Eff. Dosis) <sub>U</sub> [MBq]	2,4	2,3	2,5	2,5	2,4
Mean(Eff.Dosis) <sub>E</sub> [MBq]	2,3	2,1	2,4	2,1	1,9
Median(Aktivität) [MBq]	281,6	275,7	289,9	273,3	257,0
Perz10(Aktivität) [MBq]	237,0	150,6	169,3	136,5	118,8
Perz90(Aktivität) [MBq]	326,6	304,9	169,3	324,1	311,3

<b>Myokardszintigraphie mit Tc99m, Eintagesprotokoll, 2. Applikation</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	4922	922	1383	1172	1172
# Einrichtungen (1 Einheit < 8 Untersuchungen)	17	16	14	15	17
Mean(Aktivität)U [MBq]	777,9	788,1	774,9	775,8	774,9
Mean(Aktivität)E [MBq]	771,0	702,7	719,3	712,3	682,7
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	6,5	6,4	6,6	6,5	6,5
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	6,4	6,0	6,1	5,9	5,6
Median(Aktivität) [MBq]	758,9	733,3	723,0	749,6	709,7
Perz10(Aktivität) [MBq]	692,6	470,2	458,7	526,7	373,5
Perz90(Aktivität) [MBq]	873,9	859,1	458,7	879,1	906,6

<b>Myokardszintigraphie mit Tc 99m, Eintagesprotokoll (gesamt)</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	11177	2662	3474	2684	2355
# Einrichtungen	25	22	21	21	23
Mean(Aktivität)U [MBq]	1033,7	1044,5	1048,2	1014,9	986,3
Mean(Aktivität)E [MBq]	1029,1	1036,6	1017,2	1011,1	972,7
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	8,4	8,6	8,4	8,2	8,2
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	8,3	8,7	8,6	8,3	7,9
Median(Aktivität) [MBq]	1032,4	1010,0	1023,8	1006,3	955,5
Perz10(Aktivität) [MBq]	909,8	914,0	896,7	902,7	864,7
Perz90(Aktivität) [MBq]	1185,2	1219,3	1196,6	1141,6	1145,8

<b>Skelettszintigraphie mit Tc99m, benigne</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	37347	9298	9396	8889	8889
# Einrichtungen (1 Einrichtung < 8 Untersuchungen)	47	46	45	47	46
Mean(Aktivität)U [MBq]	520,0	522,2	521,4	518,8	514,6
Mean(Aktivität)E [MBq]	524,6	529,3	519,3	508,7	508,8
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9
Median(Aktivität) [MBq]	516,5	521,8	523,7	513,4	508,7
Perz10(Aktivität) [MBq]	475,0	478,5	465,2	464,2	460,8
Perz90(Aktivität) [MBq]	594,6	586,6	465,2	588,7	583,3

<b>Skelettszintigraphie mit Tc99m, maligne</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	48453	13314	11689	11142	11142
# Einrichtungen	43	42	43	43	43
Mean(Aktivität)U [MBq]	655,4	653,3	653,1	657,5	656,6
Mean(Aktivität)E [MBq]	649,6	646,0	641,1	649,4	650,1
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
Median(Aktivität) [MBq]	654,5	651,7	647,9	654,2	657,1
Perz10(Aktivität) [MBq]	578,3	578,4	567,1	577,2	577,7
Perz90(Aktivität) [MBq]	704,5	701,8	567,1	709,1	706,8

<b>Lungenperfusionsszintigraphie mit Tc99m MAA</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	6575	1773	1661	1525	1525
# Einrichtungen (1 Einrichtung < 8 Untersuchungen)	48	46	48	46	45
Mean(Aktivität)U [MBq]	153,4	150,4	153,7	157,3	153,4
Mean(Aktivität)E [MBq]	154,8	153,6	147,6	149,2	150,0
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	1,7	1,7	1,7	1,8	1,7
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7
Median(Aktivität) [MBq]	150,4	149,3	141,1	146,2	153,0
Perz10(Aktivität) [MBq]	104,3	93,6	88,0	92,2	82,7
Perz90(Aktivität) [MBq]	204,9	208,4	88,0	204,2	203,7

<b>Lungenventilationsszintigraphie mit Tc99m Technegas</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	1267	385	340	275	275
# Einrichtungen	12	11	11	12	12
Mean(Aktivität)U [MBq]	730,1	827,1	952,5	494,6	508,5
Mean(Aktivität)E [MBq]	481,6	494,0	494,7	423,9	428,9
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	11,0	12,4	14,3	7,4	7,6
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	7,2	7,4	7,4	6,4	6,4
Median(Aktivität) [MBq]	368,6	350,0	386,6	369,3	380,9
Perz10(Aktivität) [MBq]	95,6	85,4	97,8	80,9	96,0
Perz90(Aktivität) [MBq]	1329,1	1425,0	97,8	997,5	985,7

<b>SLN-Diagnostik (Entfernung am gleichen Tag)</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	2200	459	482	656	603
# Einrichtungen	9	7	7	8	9
Mean(Aktivität)U [MBq]	61,8	62,3	58,3	62,1	63,8
Mean(Aktivität)E [MBq]	63,9	65,0	65,0	64,3	64,1
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Median(Aktivität) [MBq]	55,5	53,1	56,4	50,0	57,6
Perz10(Aktivität) [MBq]	30,7	29,7	28,6	31,1	29,1
Perz90(Aktivität) [MBq]	105,2	115,0	113,9	110,2	104,4

<b>SLN-Diagnostik (Entfernung am nächsten Tag)</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	8317	1787	1883	2318	2329
# Einrichtungen ( 2 Einrichtungen mit < 8 Untersuchungen)	25	22	24	24	24
Mean(Aktivität)U [MBq]	151,8	157,2	153,8	174,8	141,5
Mean(Aktivität)E [MBq]	160,4	170,1	167,6	188,0	147,2
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Median(Aktivität) [MBq]	150,9	154,7	162,2	161,7	137,0
Perz10(Aktivität) [MBq]	76,0	76,3	70,1	75,7	75,8
Perz90(Aktivität) [MBq]	237,9	250,0	249,4	276,6	236,6

<b>Lymphabfluss-Szintigraphie mit Tc99m-Nanocoll</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	884	198	216	270	270
# Einrichtungen (10 Einrichtungen mit <8 Untersuchungen)	21	16	14	14	16
Mean(Aktivität)U [MBq]	107,6	108,7	101,9	103,6	113,9
Mean(Aktivität)E [MBq]	131,8	108,4	95,2	114,0	110,7
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Median(Aktivität) [MBq]	124,5	93,9	58,9	107,6	91,4
Perz10(Aktivität) [MBq]	36,1	28,4	18,8	30,0	36,1
Perz90(Aktivität) [MBq]	242,0	211,1	18,8	276,9	201,8

<b>Niere, Clearance (&gt;16 Jahre)</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	8967	2245	2182	2255	2255
# Einrichtungen	46	46	46	46	46
Mean(Aktivität)U [MBq]	100,4	101,0	99,0	100,6	99,4
Mean(Aktivität)E [MBq]	110,9	109,4	112,3	107,5	105,0
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
Median(Aktivität) [MBq]	107,5	106,3	103,0	103,9	102,2
Perz10(Aktivität) [MBq]	81,0	79,6	77,9	74,8	72,5
Perz90(Aktivität) [MBq]	153,2	146,1	77,9	148,2	137,2

<b>Ganzkörper, PET-Untersuchung mit F18-FDG</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	20142	4260	4676	5833	5833
# Einrichtungen	13	10	12	12	13
Mean(Aktivität)U [MBq]	305,0	309,2	307,5	307,8	296,4
Mean(Aktivität)E [MBq]	334,8	318,8	335,2	318,0	320,8
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	5,8	5,9	5,8	5,8	5,6
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	6,4	6,1	6,4	6,0	6,1
Median(Aktivität) [MBq]	356,7	357,0	353,8	350,2	336,0
Perz10(Aktivität) [MBq]	231,7	198,1	232,8	191,3	222,2
Perz90(Aktivität) [MBq]	412,1	384,2	232,8	406,4	398,5

<b>Ganzkörper, Octreoscan mit In111</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	884	230	242	218	218
# Einrichtungen (4 Einrichtungen mit < 8 Untersuchungen)	23	21	21	19	18
Mean(Aktivität)U [MBq]	164,0	168,5	165,2	161,0	160,4
Mean(Aktivität)E [MBq]	155,7	145,9	143,5	132,3	135,4
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	8,9	9,1	8,9	8,7	8,7
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	8,4	7,9	7,7	7,1	7,3
Median(Aktivität) [MBq]	152,2	159,6	149,0	144,8	148,4
Perz10(Aktivität) [MBq]	123,5	74,3	65,6	63,8	67,8
Perz90(Aktivität) [MBq]	196,1	191,3	65,6	181,4	177,5

<b>Hirn, DatScan</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	1297	266	329	365	365
# Einrichtungen (2 Einrichtungen mit < 8 Untersuchungen)	22	16	18	19	21
Mean(Aktivität)U [MBq]	182,9	182,3	182,2	183,1	183,0
Mean(Aktivität)E [MBq]	183,8	154,4	176,7	166,8	168,0
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	9,1	9,1	9,1	9,2	9,1
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	9,2	7,7	8,8	8,3	8,4
Median(Aktivität) [MBq]	178,5	175,8	178,4	175,6	175,2
Perz10(Aktivität) [MBq]	168,0	90,8	141,4	93,4	87,8
Perz90(Aktivität) [MBq]	229,1	184,9	141,4	214,9	241,0

<b>Herz Ventrikulographie</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	26	11	13	1	1
# Einrichtungen (4 Einrichtungen mit < 8 Untersuchungen)	4	2	4	1	1
Mean(Aktivität)U [MBq]	635,1	636,4	653,2	513,0	627,0
Mean(Aktivität)E [MBq]	675,8	659,0	416,9	256,5	313,5
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	4,6	4,7	4,7	3,5	4,3
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	5,1	5,3	3,1	1,8	2,2
Median(Aktivität) [MBq]	655,2	659,0	364,9	256,5	313,5
Perz10(Aktivität) [MBq]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Perz90(Aktivität) [MBq]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

<b>Abdomen Passage</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	179	56	68	29	29
# Einrichtungen (10 Einrichtungen mit <8 Untersuchungen)	14	8	10	7	10
Mean(Aktivität)U [MBq]	90,9	74,3	80,6	137,0	112,5
Mean(Aktivität)E [MBq]	79,1	82,9	66,0	87,4	53,1
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Median(Aktivität) [MBq]	55,2	36,3	53,9	37,0	32,4
Perz10(Aktivität) [MBq]	25,3	19,3	15,0	19,5	7,5
Perz90(Aktivität) [MBq]	232,7	230,2	15,0	223,5	101,5

<b>Abdomen Blutung</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	54	14	16	10	10
# Einrichtungen (13 Einrichtungen mit <8 Untersuchungen)	13	6	9	6	4
Mean(Aktivität)U [MBq]	216,6	209,0	242,7	244,1	153,1
Mean(Aktivität)E [MBq]	292,2	200,0	172,4	167,5	116,3
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	2,4	2,3	2,5	2,9	2,0
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	3,1	2,1	1,8	1,8	1,5
Median(Aktivität) [MBq]	193,8	144,2	123,3	139,2	134,8
Perz10(Aktivität) [MBq]	66,3	58,1	83,1	85,9	0,0
Perz90(Aktivität) [MBq]	760,8	397,8	83,1	277,5	0,0

<b>Hirn Perfusion</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	828	230	212	173	173
# Einrichtungen (9 Einrichtungen mit < 8 Untersuchungen)	16	13	13	12	12
Mean(Aktivität)U [MBq]	541,6	542,1	541,4	542,0	536,5
Mean(Aktivität)E [MBq]	575,5	465,5	440,6	463,4	389,8
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	3,9	3,9	3,9	4,0	3,9
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	4,2	3,4	3,2	3,4	2,9
Median(Aktivität) [MBq]	563,6	525,1	520,1	525,3	350,9
Perz10(Aktivität) [MBq]	523,9	215,6	185,8	202,1	181,5
Perz90(Aktivität) [MBq]	686,1	670,4	185,8	668,3	548,7

<b>Hirn Rezeptor</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	1555	340	369	445	445
# Einrichtungen (3 Einrichtungen mit < 8 Untersuchungen)	22	16	17	18	21
Mean(Aktivität)U [MBq]	185,2	185,6	184,3	184,8	185,1
Mean(Aktivität)E [MBq]	203,8	157,8	181,9	169,9	179,7
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	9,1	9,2	9,1	9,1	8,9
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	9,3	7,8	8,9	8,3	8,7
Median(Aktivität) [MBq]	182,9	175,8	179,8	175,9	175,8
Perz10(Aktivität) [MBq]	169,1	90,8	148,1	93,4	118,2
Perz90(Aktivität) [MBq]	249,3	202,9	148,1	215,5	253,4

<b>Lungenventilationsszintigraphie mit Tc99m DTPA</b>	2 Jahre	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ
# Untersuchungen	1010	208	271	253	253
# Einrichtungen (1 Einrichtung mit < 8 Untersuchungen)	11	8	10	10	9
Mean(Aktivität)U [MBq]	884,5	962,2	883,3	843,1	868,1
Mean(Aktivität)E [MBq]	858,5	774,8	767,1	833,2	839,2
Mean(Eff. Dosis)U [MBq]	4,3	4,7	4,3	4,1	4,3
Mean(Eff.Dosis)E [MBq]	4,2	3,8	3,8	4,1	4,1
Median(Aktivität) [MBq]	874,0	825,0	817,8	947,3	949,8
Perz10(Aktivität) [MBq]	541,5	376,3	351,5	351,5	380,4
Perz90(Aktivität) [MBq]	1100,0	1100,0	351,5	1000,0	1103,1

## Anlage VIII. Statistische Daten zu Untersuchungen unter Verwendung von Tc-99m, Tl-201, F-18, I-123 bzw. In-111 in der nuklearmedizinischen Diagnostik

Untersuchungszahlen gesamt									
	2 Jahre	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
gesamt (!!!alle Nuklide!!!)	362578	46785	43481	44780	44011	46391	47767	45170	44193
Tc-99m	305406	39927	37269	38105	37379	39169	39999	37559	35999
Tl-201	2167	403	314	224	198	189	172	255	412
F-18	23253	2411	2274	2680	2638	2830	3352	3607	3461
I-123	3074	327	304	381	307	408	444	455	448
In-111	1225	178	134	188	164	132	138	169	122

**Tabelle 50:** Häufigkeit durchgeführter Untersuchungen unter Verwendung eines der fünf Hauptnuklide

rel. Häufigkeit, bezogen auf Mittelwert der ersten 6 Quartale									
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	
gesamt (!!!alle Nuklide!!!)	102,7%	95,5%	98,3%	96,7%	101,9%	104,9%	99,2%	97,1%	
Tc-99m	103,3%	96,4%	98,6%	96,7%	101,4%	103,5%	97,2%	93,2%	
Tl-201	161,2%	125,6%	89,6%	79,2%	75,6%	68,8%	102,0%	164,8%	
F-18	89,4%	84,3%	99,4%	97,8%	104,9%	124,3%	133,7%	128,3%	
I-123	90,4%	84,0%	105,3%	84,8%	112,8%	122,7%	125,7%	123,8%	
In-111	114,3%	86,1%	120,8%	105,4%	84,8%	88,7%	108,6%	78,4%	

**Tabelle 51:** relative Häufigkeit durchgeführter Untersuchungen unter Verwendung eines der fünf Hauptnuklide, bezogen auf den Mittelwert durchgeführter Untersuchungen im Zeitraum 01/2007 – 06/2008

Untersuchungszahlen ambulant									
	2 Jahre	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
gesamt (!!!alle Nuklide!!!)	263373	33554	31394	32125	32003	34228	34720	32553	32796
Tc-99m	233326	37908	34973	35937	35112	37122	37902	35705	34271
Tl-201	1604	400	300	214	191	153	145	252	364
F-18	9173	2380	2218	2521	2414	2570	3093	3395	3317
I-123	2059	304	278	360	280	375	422	465	440
In-111	701	167	116	172	131	116	129	149	112

**Tabelle 52:** Häufigkeit durchgeführter Untersuchungen unter Verwendung eines der fünf Hauptnuklide bei ambulant untersuchten Personen

rel. Häufigkeit, bezogen auf Mittelwert der ersten 6 Quartale								
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
gesamt (!!!alle Nuklide!!!)	101,7%	95,1%	97,3%	97,0%	103,7%	105,2%	98,6%	99,4%
Tc-99m	103,9%	95,8%	98,5%	96,2%	101,7%	103,9%	97,8%	93,9%
Tl-201	171,1%	128,3%	91,5%	81,7%	65,4%	62,0%	107,8%	155,7%
F-18	94,0%	87,6%	99,5%	95,3%	101,5%	122,1%	134,0%	131,0%
I-123	90,3%	82,6%	107,0%	83,2%	111,4%	125,4%	138,2%	130,8%
In-111	120,6%	83,8%	124,2%	94,6%	83,8%	93,1%	107,6%	80,9%

**Tabelle 53:** relative Häufigkeit durchgeführter Untersuchungen unter Verwendung eines der fünf Hauptnuklide, bezogen auf den Mittelwert durchgeführter Untersuchungen im Zeitraum 01/2007 – 06/2008 bei ambulant untersuchten Personen

Untersuchungszahlen stationär									
	2 Jahre	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
gesamt (!!!alle Nuklide!!!)	99205	13231	12087	12655	12008	12163	13047	12617	11397
Tc-99m	72080	23724	24029	25305	24015	25006	25352	24061	22575
Tl-201	563	154	137	133	88	127	125	128	247
F-18	14080	2404	2268	2677	2635	2838	3348	3613	3452
I-123	1015	247	229	273	231	313	330	304	291
In-111	524	153	128	156	136	107	131	129	99

**Tabelle 54:** Häufigkeit durchgeführter Untersuchungen unter Verwendung eines der fünf Hauptnuklide bei stationär untersuchten Personen

rel. Häufigkeit, bezogen auf Mittelwert der ersten 6 Quartale								
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
gesamt (!!!alle Nuklide!!!)	105,6%	96,5%	101,0%	95,8%	97,1%	104,1%	100,7%	90,9%
Tc-99m	96,5%	97,8%	103,0%	97,7%	101,8%	103,2%	97,9%	91,9%
Tl-201	120,9%	107,6%	104,5%	69,1%	99,7%	98,2%	100,5%	194,0%
F-18	89,2%	84,2%	99,3%	97,8%	105,3%	124,2%	134,1%	128,1%
I-123	91,3%	84,7%	100,9%	85,4%	115,7%	122,0%	112,4%	107,6%
In-111	113,2%	94,7%	115,4%	100,6%	79,2%	96,9%	95,4%	73,2%

**Tabelle 55:** relative Häufigkeit durchgeführter Untersuchungen unter Verwendung eines der fünf Hauptnuklide, bezogen auf den Mittelwert durchgeführter Untersuchungen im Zeitraum 01/2007 – 06/2008 bei stationär untersuchten Personen



Aktivität gesamt [MBq]	2 Jahre	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
gesamt (!!!alle Nuklide!!!)	111114321	14674002,6	13648196,6	13856972,6	13354609,5	14056354,3	14628217	13830898,5	13065070,2
Tc-99m	89551664,5	12031753,6	11247766	11209923,2	10961405,2	11407027,3	11835463,2	10688369,3	10169956,6
Tl-201	166104,827	30828,0775	23437,9985	17454,9215	14983,6105	14345,258	12957,562	18896,52	33200,8785
F-18	6957569,51	713008,05	671229,3	800892,86	782650,764	849808,986	1029162,23	1075409,97	1035407,35
I-123	476599,985	51207,815	47394,248	59804,8203	47526,9943	60513,1942	67748,2974	72563,8953	69840,7201
In-111	175396,419	26566,82	21330,257	28317,172	22111,011	18539,75	18212,647	22372,0702	17946,692

**Tabelle 56:** applizierte Gesamtaktivität bei Untersuchungen unter Verwendung eines der fünf Hauptnuklide

rel. Aktivitäten bezogen auf Mittelwert der ersten 6 Quartale	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
gesamt (!!!alle Nuklide!!!)	105,6%	98,3%	99,8%	96,2%	101,2%	105,3%	99,6%	94,1%
Tc-99m	107,5%	100,5%	100,1%	97,9%	101,9%	105,7%	95,5%	90,9%
Tl-201	148,5%	112,9%	84,1%	72,2%	69,1%	62,4%	91,0%	159,9%
F-18	82,0%	77,2%	92,1%	90,0%	97,7%	118,3%	123,7%	119,1%
I-123	86,0%	79,6%	100,4%	79,8%	101,6%	113,7%	121,8%	117,2%
In-111	121,2%	97,3%	129,2%	100,9%	84,6%	83,1%	102,0%	81,9%

**Tabelle 57:** relativer Anteil applizierter Gesamtaktivität bei Untersuchungen unter Verwendung eines der fünf Hauptnuklide, bezogen auf den Mittelwert durchgeführter Untersuchungen im Zeitraum 01/2007 – 06/2008

Aktivität ambulant [MBq]	2 Jahre	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
gesamt (!!!alle Nuklide!!!)	65448064,9	8277690,79	7817446,25	7841353	7996380,28	8563389,06	8758596,32	8213254,3	7979954,95
Tc-99m	60844002,8	11238134,9	10421746,7	10520202,8	10228570,7	10763624,2	11164472,9	10112756,7	9567053,48
Tl-201	118553,256	30929,845	22102,8915	16543,776	14263,046	11336,863	10834,1795	18708,6495	28878,259
F-18	2850561,33	702856,05	652282,03	747518,5	709150,36	768296,35	944745,14	1007704,87	992854,45
I-123	291022,903	47626,405	43680,728	56167,5634	43202,3674	54491,3642	64225,5774	74155,8324	68432,7531
In-111	106636,299	25478,77	18180,277	26276,974	19749,335	17383,46	17376,72	20843,787	17726,042

**Tabelle 58:** applizierte Gesamtaktivität bei Untersuchungen unter Verwendung eines der fünf Hauptnuklide bei ambulant untersuchten Personen

rel. Aktivitäten bezogen auf Mittelwert der ersten 6 Quartale									
	2 Jahre	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
gesamt (!!!alle Nuklide!!!)		101,2%	95,6%	95,8%	97,7%	104,7%	107,1%	100,4%	97,5%
Tc-99m		107,0%	99,2%	100,2%	97,4%	102,5%	106,3%	96,3%	91,1%
Tl-201		161,1%	115,1%	86,2%	74,3%	59,0%	56,4%	97,4%	150,4%
F-18		86,2%	80,0%	91,6%	86,9%	94,2%	115,8%	123,5%	121,7%
I-123		84,3%	77,3%	99,4%	76,5%	96,4%	113,7%	131,3%	121,1%
In-111		125,0%	89,2%	129,0%	96,9%	85,3%	85,3%	102,3%	87,0%

**Tabelle 59:** relativer Anteil applizierter Gesamtaktivität bei Untersuchungen unter Verwendung eines der fünf Hauptnuklide, bezogen auf den Mittelwert durchgeführter Untersuchungen im Zeitraum 01/2007 – 06/2008 bei ambulanten Personen

Aktivität stationär [MBq]									
	2 Jahre	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
gesamt (!!!alle Nuklide!!!)	45666256,3	6396311,82	5830750,32	6015619,56	5358229,27	5492965,25	5869620,63	5617644,22	5085115,24
Tc-99m	28707661,7	8392850,09	8452664,68	8615623,73	8045165,34	8358804,24	8731909,29	8064818,97	7418690,82
Tl-201	47551,5705	12981,8575	11315,1075	10977,8895	6911,9135	9870,411	9516,637	9371,7085	19775,392
F-18	4107008,18	709989,55	668887,29	800203,02	781081,234	852416,296	1027707,03	1077575,97	1031163,85
I-123	185577,081	47336,51	40441,578	49147,7317	40404,9281	49245,5723	50313,2366	55472,6542	57254,2321
In-111	68760,1204	22454,85	21379,982	22529,22	16590,767	14086,82	16802,924	16236,7602	14144,85

**Tabelle 60:** applizierte Gesamtaktivität bei Untersuchungen unter Verwendung eines der fünf Hauptnuklide bei stationär untersuchten Personen

rel. Aktivitäten bezogen auf Mittelwert der ersten 6 Quartale									
	2 Jahre	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
gesamt (!!!alle Nuklide!!!)		109,8%	100,1%	103,2%	92,0%	94,3%	100,7%	96,4%	87,3%
Tc-99m		99,5%	100,2%	102,2%	95,4%	99,1%	103,5%	95,6%	88,0%
Tl-201		126,5%	110,3%	107,0%	67,4%	96,2%	92,7%	91,3%	192,7%
F-18		88,0%	82,9%	99,2%	96,8%	105,7%	127,4%	133,6%	127,8%
I-123		102,6%	87,6%	106,5%	87,6%	106,7%	109,0%	120,2%	124,1%
In-111		118,3%	112,7%	118,7%	87,4%	74,2%	88,6%	85,6%	74,5%

**Tabelle 61:** relativer Anteil applizierter Gesamtaktivität bei Untersuchungen unter Verwendung eines der fünf Hauptnuklide, bezogen auf den Mittelwert durchgeführter Untersuchungen im Zeitraum 01/2007 – 06/2008 bei stationären Personen

## Anlage IX. Statistische Daten zu Untersuchungen unter Verwendung von Tc-99m sowie F-18 in der nuklearmedizinischen Diagnostik

rel. Häufigkeiten, bezogen auf das Quartal des Vorjahreszeitraum (Tc-99m)				
	Q5	Q6	Q7	Q8
alle Untersuchungen	98,1%	107,3%	98,6%	96,3%
ambulante Patienten	97,9%	108,4%	99,4%	97,6%
stationäre Patienten	105,4%	105,5%	95,1%	94,0%

**Tabelle 62:** relative Häufigkeit durchgeführter Untersuchungen unter Verwendung von auf Tc-99m basierenden Radiopharmaka, in 2008 bezogen auf das jeweilige Vorjahresquartal

rel. Häufigkeiten, bezogen auf das Quartal des Vorjahreszeitraum (F-18)				
	Q5	Q6	Q7	Q8
alle Untersuchungen	117,4%	147,4%	134,6%	131,2%
ambulante Patienten	108,0%	139,4%	134,7%	137,4%
stationäre Patienten	118,1%	147,6%	135,0%	131,0%

**Tabelle 63:** relative Häufigkeit durchgeführter Untersuchungen unter Verwendung von auf F-18 basierenden Radiopharmaka, in 2008 bezogen auf das jeweilige Vorjahresquartal

rel. applizierte Aktivitätsmenge, bezogen auf das Quartal des Vorjahreszeitraum (Tc-99m)				
	Q5	Q6	Q7	Q8
alle Untersuchungen	94,8%	105,2%	95,3%	92,8%
ambulante Patienten	95,8%	107,1%	96,1%	93,5%
stationäre Patienten	99,6%	103,3%	93,6%	92,2%

**Tabelle 64:** relative applizierte Aktivität bei Untersuchungen unter Verwendung von auf Tc-99m basierenden Radiopharmaka, in 2008 bezogen auf das jeweilige Vorjahresquartal

rel. applizierte Aktivitätsmenge, bezogen auf das Quartal des Vorjahreszeitraum (F-18)				
	Q5	Q6	Q7	Q8
alle Untersuchungen	119,2%	153,3%	134,3%	132,3%
ambulante Patienten	109,3%	144,8%	134,8%	140,0%
stationäre Patienten	120,1%	153,6%	134,7%	132,0%

**Tabelle 65:** relative applizierte Aktivität bei Untersuchungen unter Verwendung von auf F-18 basierenden Radiopharmaka, in 2008 bezogen auf das jeweilige Vorjahresquartal

# | Verantwortung für Mensch und Umwelt |

**Kontakt:**

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

Telefon: + 49 30 18333 - 0

Telefax: + 49 30 18333 - 1885

Internet: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

E-Mail: [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



**Bundesamt für Strahlenschutz**