**Strahlenschutzplanung**

**Nuklearmedizinische Diagnostik**

**Konzeption**

(Dipl.Ing. H.Sumpf)

# VORBEMERKUNGEN

Bei der StrlSch-Planung gilt es, die grundsätzliche Eignung eines Gebäudes nachzuweisen und ein Konzept zu entwickeln, das die weiteren Maßnahmen aufzeigt, die sich durch die atomrechtlichen Verordnungen ergeben. Das im Rahmen der StrlSch-Planung aufgezeigte Konzept dient in erster Linie als Grundlage für die Planungen der weiteren Fachingenieure, insbesondere des Architekten. Bei bestätigter Planung ist die StrlSch-Planung Bestandteil des Antrags auf Umgangsgenehmigung. Bei Erteilung der Umgangsgenehmigung sind die Unterlagen und alle darin getroffenen Festlegungen und Angaben zum betrieblichen Ablauf fester Bestandteil dieser selbst und damit verbindlich.

In den folgenden Ausführungen wird teilweise auf fundamentale Gesichtspunkte bei der Planung einer Nuklearmedizinischen Diagnostik eingegangen. Sie dienen in erster Linie den im allgemeinen nicht so sehr mit der Materie beschäftigten weiteren Beteiligten, insbesondere dem Architekten. Andererseits wurde in vielen Fällen darauf verzichtet, bestimmte Einrichtungen und Maßnahmen im Detail zu begründen. Daraus darf jedoch nicht abgeleitet werden, dass sie nicht aufgrund reiflicher Überlegung und jahrelanger Erfahrung so gewählt wurden. Auch architektonisch kleine Abweichungen können für den StrlSch von erheblicher Relevanz und daraus resultierenden z.T. erheblichen Mehrkosten verbunden sein. Andererseits können Annahmen und Vorgaben gemacht worden sein, die der ausdrücklichen Bestätigung durch die atomrechtliche Genehmigungsbehörde bedürfen. Dazu zählen insbesondere Raumnutzungen (Mehrfachnutzungen), Aufenthaltsfaktoren sowie angesetzte Dosisgrenzwerte.

Wir empfehlen grundsätzlich, die Behörde über die Planungen auf dem Laufenden zu halten, damit diese rechtzeitig ihren Widerspruch einlegen kann.

Die vorliegenden Unterlagen sind unser geistiges Eigentum. Ihre Verwendung ist durch das Urheberrecht geschützt. Jede Verwendung außerhalb vertraglicher Abmachungen oder zu einem anderen, als dem explizit genannten Zweck, insbesondere die Weitergabe oder Kenntnisgabe an Dritte, ist ohne unsere ausdrückliche Zustimmung unzulässig. Die Unterlagen erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Die Aktualität des Inhalts ist insbesondere von der sich ändernden Gesetzeslage abhängig.

# Grundlagen, Ausgangsvoraussetzungen

Grundlage der weiteren Betrachtungen sind die gesetzlichen Bestimmungen, Verordnungen und DIN-Normen aus atomrechtlicher Sicht. Die wichtigsten sind:

* Atomgesetz
* StrlSch-Verordnung
* Richtlinie StrlSch in der Medizin
* DIN 68xx (insbes. DIN 6844)
* DIN 25422
* DIN 6854

§ 6 StrlSchV regelt die Strahlenschutzgrundsätze, wonach jede unnötige Strahlenexposition oder Kontamination von Personen, Sachgütern oder der Umwelt zu vermeiden sind. Darüber hinaus ist jede Strahlenexposition oder Kontamination von Personen, Sachgütern oder der Umwelt unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalles auch unterhalb der in dieser Verordnung festgelegten Grenzwerte so gering wie möglich zu halten. Diese Strahlenschutzgrundsätze können aber nicht bedeuten, dass unter dem Einsatz unvertretbarer Kosten die Strahlenexposition gegen Null zu führen ist. In den Empfehlungen der ICRP Heft 26 liest sich dies so: *"Alle Strahlenexpositionen müssen so niedrig gehalten werden, wie es unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und sozialer Faktoren vernünftigerweise erreichbar ist*."

Strahlenschutz im weitesten Sinne bedeutet, einen möglichst großen Abstand zu den Quellen einzuhalten, den Aufenthalt in der Nähe der Quellen so gering wie möglich zu halten und die schwächende Wirkung von Abschirmungen zu nutzen. Insofern kann der StrlSch auf zwei allgemeine Gesichtspunkte reduziert werden:

* baulicher StrlSch
* organisatorischer StrlSch

Neben diesen beiden für den baulichen StrlSch entscheidenden Gesichtspunkten ist die Entsorgung radioaktiver Abfälle von besonderer Bedeutung, auf die an dieser Stelle jedoch nicht weiter eingegangen werden soll. Ausreichender baulicher Strahlenschutz entbehrt nicht, organisatorische Maßnahmen zu treffen die baulichen Voraussetzungen in geeigneter Form zu nutzen und den betrieblichen Ablauf dahingehend zu optimieren.

Andererseits ist zu beachten, dass eine Raumfunktionsplanung und Bemessung des baulichen StrlSch auf einem angenommenen Betriebsablauf basiert, der insbesondere darauf ausgerichtet ist, die erforderlichen baulichen Maßnahmen so gering wie möglich zu halten. Die in der Konzeption gemachten Annahmen und Voraussetzung sind fester Bestandteil des Strahlenschutzes und in die StrlSch-Anweisung zwingend aufzunehmen. Alle Abweichungen davon bedingen eine erneute Betrachtung des baulichen StrlSch.

Feststellungen, Aussagen, Berechnungen und Schlussfolgerungen zum konkreten Projekt basieren immer auf den zur Verfügung gestellten Unterlagen, auch wenn dies im Einzelnen nicht ausdrücklich erwähnt wurde. Dazu zählen insbesondere Raumanordnungen, Raumnutzungen, Abmessungen, Materialien, Angaben zum Umgang mit radioaktiven Stoffen, Beschreibungen des beabsichtigten Betriebs. Für die Vollständigkeit und Richtigkeit dieser Angaben und sich daraus ergebender Fehleinschätzungen kann keine Gewähr übernommen werden.

# Allgemeine Konzeption

**Nuklearmedizinische Diagnostik**

Bei der Konzeption radiologischer Einrichtungen ist die Raumfunktionsplanung ein wesentlicher Bestandteil. Dies resultiert im wesentlichen aus der Ausbreitung der Strahlung nach dem Abstandsquadrat-Gesetz, was besagt, dass die Strahlintensität (Dosisleistung) mit 1/r2 (r=Abstand) über die Entfernung abnimmt, was man zweckmäßigerweise für den baulichen StrlSch versucht auszunutzen. Wichtigster Ausgangspunkt der Raumfunktionsplanung ist die sich daraus ergebende atomrechtliche Forderung nach Trennung in aktive und inaktive Bereiche.

Aktive Bereiche dürfen nur von autorisiertem Personal und sonstigen Personen, deren Anwesenheit zwingend erforderlich ist (Patienten, Wartungs- und Reparaturpersonal etc.) betreten werden. Innerhalb des aktiven Bereiches sind Bereiche erhöhter radioaktiver Strahlung zulässig und zu erwarten.

Der Umgang mit radioaktiven Stoffen ist, soweit das möglich ist, so vorzusehen, dass Bereiche in denen mit höheren Aktivitäten umgegangen wird so anzuordnen sind, dass sie mit Bereichen geringer Verkehrsbelastung einhergehen oder anders ausgedrückt, in der Umgebung von Bereichen mit einer hohen Verkehrslast nur mit geringen Aktivitäten umgegangen werden sollte (Aktivitäts-Staffelung).

Hauptgegenstand einer StrlSch-Planung ist in erster Linie das Personal und erst in zweiter Linie der Patient. Ursache dafür ist der Umstand, dass das Personal täglich über Jahre hinweg der Strahlung ausgesetzt ist, wodurch sich die Dosis summiert, während der Patient im allgemeinen nur selten und dann auch nur über einen kurzen Zeitraum der Strahlung ausgesetzt ist, zumal in der Nuklearmedizin in aller Regel von ihm selbst die Strahlung ausgeht. Insofern ist der Kontakt des Personals mit dem strahlenden Patienten auf ein Mindestmaß zu beschränken. Dies bedingt einerseits die sorgfältige Planung und Vorbereitung des jeweiligen Arbeitsablaufs, aber auch eine sorgfältige Belehrung und Einweisung des inaktiven Patienten vor der Untersuchung, wie dies gesetzlich vorgeschrieben ist. Der Kontakt des Personals mit dem Patienten kann im aktiven Bereich beschränkt werden auf die Applikation des Radiopharmakons und die sich anschließende Untersuchung.

Bei der Berechnung des baulichen StrlSch zeigt sich jedoch in aller Regel, dass die angestrebten Schutzziele (Personal) durch den vorzuhaltenden baulichen StrlSch zur Einhaltung des Grenzwertes für die Gamma-Kameras von nur 0,2 μSv bereits mehr als erreicht werden.

Ausgangspunkt der Planung einer Nuklearmedizinischen Diagnostik sollten deshalb die unmittelbar durch den Betriebsablauf zwingend erforderlichen Kontakte des Personals mit dem aktiven Patienten und die möglichst große Entlastung der Kameraräume durch in der Nähe befindliche oder sich bewegende aktive Patienten sein.

INAKTIVER Bereich:

* Anmeldung
* Wartebereich Patienten inaktiv
* sanitären Einrichtungen (inaktiv)
* Sozialräume (Personal)
* Umkleiden (Personal)
* Lager (Ver- und Gebrauchsgegenstände; z.B. Auflagen Liege, Tupfer etc.)

AKTIVER Bereich:

* Schleuse (Kontaminationsmessstelle; min. 4 m2 DIN 6844 T1; 5.3.7)
* Applikationsraum (min. 10 m2; bei Applikation im Bett min. 15 m2 DIN 6844 T1; 5.3.3)
* Tresor- und Abfüllraum (min 6 m2; bei Kombination entsprechend größer)
* Abfallraum (Reststoffe, kontaminierte Gegenstände)

***(Kombination mit Tresor- und Abfüllraum sowie Applikationsraum bei geeigneter räumlicher Trennung innerhalb des Raumes; DIN 6844 T1; 5.3.9)***

* Wartebereich Patienten aktiv (2 m2 je sitzender Patient; DIN 6844 T1)
* sanitären Einrichtungen (aktiv)
* Kameraräume (Untersuchungsraum, 25\_m2 je Kamera; DIN 6844 T1; 5.3.4)

Eine Nuklearmedizinische Abteilung lässt sich neben der vorstehenden Aufteilung nach mehreren Gesichtspunkten unterteilen:

* Aktiver Bereich / inaktiver Bereich
* Kontrollbereich / Überwachungsbereich
* Betriebsbereich

Ziel einer jeden Raumfunktionsplanung muss es sein, eine Raum-Anordnung zu finden, die eine möglichst deckungsgleiche Aufteilung nach den unterschiedlichen Gesichtspunkten ergibt.

Problematisch wird die deckungsgleiche Unterteilung aufgrund der Definitionen und damit verbundener Forderungen bezüglich der Zutrittsbeschränkung und Kontaminationskontrolle für den Kontrollbereich nach StrlSchV.

**Kontrollbereich** sind eigentlich nur die Räume, in denen sich radioaktive Stoffe befinden (dazu gehören auch Patienten, denen radioaktive Stoffe appliziert wurden) und Räume in denen mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird.

In der Nuklearmedizinischen Diagnostik würde dies bedeuten, dass der Zutritt zu den Kameraräumen, den aktiven Patientenwarteplatz, den Tresor- und Abfüllraum, den Abfallraum und den Applikationsraum jeweils zu kontrollieren und beim Verlassen mit einer Messung auf Kontamination verbunden wäre. Es ist deshalb ratsam und allgemein üblich, die **Abgrenzung für den Kontrollbereich** und insbesondere die Zutrittsbeschränkung, die Kennzeichnung und ggfls. den Schutz vor Diebstahl und den separaten Brandabschnitt weiter nach vorne auf die Höhe der Anmeldung zu verlegen, wobei die Anmeldung, die Umkleiden und die Sozialräume für das Personal im Übergangsbereich, aber innerhalb des Kontrollbereiches angeordnet werden sollten.

Damit ist die Eindeutigkeit des Begriffs Kontrollbereich jedoch nicht mehr gegeben. Innerhalb eines Kontrollbereiches dürfen sich keine Daueraufenthalts- und Arbeitsplätze befinden (Schreibzimmer, Personalaufenthalt etc.). Essen, Trinken, Rauchen und die Verwendung von Kosmetika sind im Kontrollbereich untersagt. Dies bezieht sich jedoch auf den reinen Kontrollbereich nach StrlSchV, nicht jedoch auf die im erweiterten Kontrollbereich sinnvollerweise befindlichen Lager-, Aufenthalts-, Sozial- und Sanitärräume. Das Betreten eines inaktiven Raumes innerhalb der Abgrenzung bedarf somit keiner neuerlichen Zugangskontrolle sondern lediglich einer Kontaminationskontrolle. Bei der Entscheidung, welche inaktiven Räume innerhalb des erweiterten Kontrollbereiches anzuordnen bzw. zulässig sind, ist das entscheidende Kriterium, wie stark diese Räume in den organisatorischen Ablauf eingebunden und frequentiert werden, nicht zu verwechseln mit der Dauer des Aufenthaltes in diesen Räumen. Werden die Aufenthalts- und Sozialräume des Personals außerhalb des Kontrollbereiches angeordnet, so ist zu erwarten, dass die Untersuchung auf Kontamination beim Verlassen des aktiven Bereiches zum Kaffee holen, Zigarette rauchen, Wartezeiten überbrücken etc. darunter leidet. Letztendlich entscheidet die zuständige atomrechtliche Aufsichtsbehörde darüber. Hilfreich bei der Entscheidung kann auch sein, welche Qualifikation das in diesen Räumen beschäftigte Personal hat. Zum Betreten des Kontrollbereichs bedarf es besonders ausgebildeten Personals, das mit dem Umgang und den Gefahren radioaktiver Stoffe vertraut ist. Bei fehlenden separaten Zugangskontrollen zu den aktiven Bereichen innerhalb des erweiterten Kontrollbereiches, muss ihnen der Zugang zum erweiterten Kontrollbereich verwehrt bleiben.

Schwieriger sind die Kriterien insbesondere auf das Personal der **Anmeldung** anzuwenden, das in aller Regel nicht über eine spezifische Ausbildung im Umgang mit radioaktiven Stoffen verfügt, in ihrer Funktion aber die Verbindung des äußeren und inneren Kontrollbereiches bildet. Sie betreten den Kontrollbereich in aller Regel um einen ebenfalls innerhalb dieses Bereichs befindlichen inaktiven Raum aufzusuchen (Kontakte mit dem Arzt, Unterlagen und andere Gegenstände weiterreichen; für RIA auch Blutproben etc). Diese Räume sind deshalb möglichst im Übergang vom außerbetrieblichen Überwachungsbereich zum Kontrollbereich unter Einbeziehung des **Hand-Fuß-Monitors** zur Messung möglicher Kontaminationsverschleppungen anzuordnen.

Der Anmeldung angeschlossen sein sollten ein

* Handarchiv und ein
* Aufenthaltsbereich für das Personal.

Innerhalb der Anmeldung ist ausreichend Platz vorzuhalten, den administrativen Tätigkeiten nachzukommen (Schreibarbeitsplatz etc.). Von der Anmeldung aus sollten der Flur zu den Untersuchungsräumen wie auch der Zugangsbereich zur Diagnostik überblickt werden können.

Eine Untersuchung des inaktiven Patienten ist in aller Regel nicht erforderlich, sie hat im Vorfeld stattgefunden. Der **Applikationsraum** bietet sich dazu jedoch an, wenn er unmittelbar als erster Raum des aktiven Bereiches angeordnet werden kann und eine ausreichende Trennung zu eventuell vorhandenem Tresor-, Abfüll- und Markierungsraum besteht. Aktivitäten werden erst und ausschließlich zum Zeitpunkt einer Applikation in den Raum eingebracht. Die Größe des Raumes ergibt sich aus DIN 6844, die für einen Applikationsraum 10\_m2, bei Applikation in Betten 15\_m2 fordert. Bei 15\_m2 ist der Raum darüber hinaus ausreichend bemessen, ihn auch für eine Dekontamination vorzusehen, zumal hier die größte Wahrscheinlichkeit einer eventuellen Kontamination besteht. Die mehrfache Nutzung des Raumes als Applikations-, Untersuchungs- und Dekontaminationsraum stellen wir zur Diskussion. Die Behörde muss dazu jedoch ihr Einverständnis erklären.

Ansonsten ist außerhalb des Kontrollbereiches ein Untersuchungszimmer für inaktive Patienten und innerhalb, in unmittelbarer Nähe des Applikationsraums ein Raum zur Dekontamination vorzusehen.

In den Applikationsraum wie auch in allen weiteren Räumen, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird und von daher die Gefahr einer Kontamination besteht gehört eine **Kommunikationseinrichtung** (Telefon, Gegensprechanlage), um bei Kontaminationen Hilfe anfordern zu können, ohne den Raum verlassen zu müssen. Aus dem gleichen Grund (Möglichkeit der Kontamination) muss dieser Raum und alle sich darin befindenden Gegenstände **leicht dekontaminierbar** sein, d.h., es sind Materialien zu verwenden oder entsprechend zu beschichten, die keine Feuchtigkeit aufnehmen und leicht abwaschbar sind. Die Fußböden sind an den Wänden nahtlos bzw. verschweißt hoch zu ziehen. Alle weiteren Gesichtspunkte der Einrichtung des Raumes ergeben sich aus den medizinischen Erfordernissen.

Der Applikationsraum befindet sich im aktiven Bereich der Abteilung. Dieser muss vom inaktiven Bereich eindeutig und durch eine bauliche Vorrichtung (Tür) getrennt sein. Bereiche, in denen mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird oder die Gefahr einer Kontamination besteht, sind unabhängig von der zu erwartenden Ortsdosisleistung Kontrollbereich im Sinne der StrlSchV. Aus diesem Grund ist bei der kompletten Gestaltung und Einrichtung auf leichte Dekontaminierbarkeit zu achten.

Der **Zugang zum Kontrollbereich** ist zu kontrollieren, d.h. dass keiner Person der Zugang gestattet werden darf, die nicht über eine entsprechende Ausbildung verfügt, unter StrlSch-Überwachung steht, mindestens einmal über die Gefahren ionisierender Strahlung belehrt wurde und deren Aufenthalt im Kontrollbereich für die darin vorgesehenen Tätigkeiten zwingend erforderlich ist. Andererseits darf der Kontrollbereich nur verlassen werden, wenn eine Messung (Hand-Fuß-Monitor) ergeben hat, dass keine Kontamination vorliegt.

Werden Aktivitäten gelagert, müssen die Anforderungen an die **Diebstahlsicherung** und vorbeugenden **Brandschutz** nach DIN 25422 beachtet werden. All diese Anforderungen entfallen, wenn sich außer den inkorporierten Aktivitäten der Patienten keine weiteren Aktivitäten in der Diagnostik befinden, da die Patienten im Brandfall ohnehin zu evakuieren sind. Für die Feuerwehren ergeben sich keine besonderen Gefahren und Schutzmaßnahmen, soweit keine weiteren offenen radioaktiven Stoffe vorhanden sind. Der Brand- und Diebstahlschutz ist raumbezogen aufgrund des Aktivitätsinventars (Umgangsaktivitäten) erforderlich. Bei mehreren benachbarten Räumen mit den gleichen Anforderungen sollte er sich auf die Raumgruppe beziehen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass sich aufgrund der Summenformel keine höheren Anforderungen an den vorbeugenden Brand- und Diebstahlschutz stellen.

Der Wartebereich der aktiven Patienten und der Applikationsraum sollten eine möglichst enge Verbindung darstellen. Da sich im Wartebereich mehrere aktive Patienten aufhalten, sollte die Applikation streng nach dem Gesichtspunkt des erforderlichen Zeitpunktes erfolgen. Der Raum ist so zu bemessen, dass zwischen den wartenden Patienten möglichst große Abstände eingehalten werden können. Abschirmungen zwischen den Patienten sind in aller Regel nicht erforderlich, wohl aber zu benachbarten inaktiven Bereichen, dem Betriebsbereich des Personals und insbesondere den Untersuchungsräumen.

Die in den Untersuchungsräumen befindlichen **nuklearmedizinischen Geräte** erfordern die stärksten Abschirmungen. Erst dadurch kann die den Patienten applizierte Aktivität auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Ein zu hoher Anteil an Fremd- und Streustrahlung würde die **Messungen** beeinflussen, was zu Fehlinterpretationen führen könnte. Zudem muss darauf geachtet werden, dass die Einstrahlung aus benachbarten Bereichen weder die Feststellung noch die Lokalisation einer möglichen Kontamination verhindert. Aus diesen Erfordernissen ergibt sich häufig ein baulich erforderlicher StrlSch, der die Erfordernisse zum Schutz des Personals übersteigt, so dass dieser automatisch gegeben ist. Bei der Anordnung dieser sensiblen Räume sollte darauf geachtet werden, dass in den unmittelbar benachbarten Räumen auch kurzzeitig nur mit relativ geringen Aktivitäten umgegangen wird. Erhebliche Einsparungen an baulichem StrlSch können zum Beispiel durch Zwischenschaltung eines separaten Auswerteraumes etc. bewirkt werden.

Nach der Applikation des Radiopharmakons sollen die Patienten in aller Regel viel Flüssigkeit zu sich nehmen. Damit beabsichtigt man, den Anteil der Aktivität, der nicht in das zu untersuchende Organ gelangt und über den Nieren/Blasen-Trakt ausgeschieden wird, noch vor der Untersuchung ausscheiden zu lassen. Dies hat sowohl StrlSch-technische Relevanz für den Patienten, aber auch und vor allem für die Qualität der Untersuchung, die nicht durch einen hohen Anteil Fremdstrahlung aus der Blase beeinflusst wird.

Aus diesem Grund sind **sanitäre Einrichtungen** (Toiletten) in der Nähe des aktiven Wartebereiches sinnvoll. Bei der Anordnung dieser Einrichtungen sollte darauf geachtet werden, dass sich die Patienten auf möglichst kurzem Weg dorthin begeben können und keine Schutzzonen (Betriebsbereich, Kameraräume, inaktiver Bereich) verletzt werden. Ideal wäre deshalb eine Anordnung, bei der die Warteräume einen direkten Zugang zu den Toiletten haben, so dass die Patienten den Flur und den Bereich vor den Kameraräumen nicht betreten müssen.

In einer Nuklearmedizinischen Abteilung sind somit 3 räumlich voneinander getrennte Toilettenanlagen vorzusehen:

* inaktiv Patienten im außerbetrieblichen Bereich; Nähe inaktiver Wartebereich
* aktive Patienten im Kontrollbereich; Nähe aktiver Wartebereich
* Personal im innerbetrieblichen (Kontroll-)Bereich, im Übergang zum außerbetrieblichen Bereich (Bereich Anmeldung und Hand-Fuß-Monitor), so dass die Benutzung vom Personal des inaktiven Bereiches und des aktiven Bereiches gleichermaßen ohne Zugangskontrolle benutzt werden kann.

Die **Kameraräume** sollten entsprechend DIN 6844 T1 eine Größe von mind. 25\_m2 aufweisen. Beim Platzbedarf für die Kameraräume darf nicht vergessen werden, dass die Kameraliege für einen bettlägerigen Patienten teilweise zur Seite geschoben werden muss und dass die Kameras über mehrere Kollimatoren verfügen, die für die Zeit, in der sie nicht benutzt werden, Lagerfläche beanspruchen. Es ist zulässig, mehrere unterschiedliche Untersuchungsgeräte in einem Raum unterzubringen, wenn das **Maschinenschutzgesetz** Beachtung findet. Es dürfen aber nicht an mehreren Geräten des gleichen Raumes Untersuchungen laufen. Die Entscheidung, wie viele Kameras in einem Raum untergebracht werden oder ob und in welcher Form die Räume unterteilt werden, ist allein der Entscheidung aus ärztlicher Sicht überlassen. Bei ausreichenden Platzverhältnissen sollte man bestrebt sein, für jedes Untersuchungsgerät einen separaten Raum vorzuhalten. Darüber hinaus sollten die Auswertungen der nuklearmedizinischen Messungen in einem separaten Raum durchgeführt werden können und nicht ausschließlich der Bedienkonsole der Gammakamera vorbehalten bleiben. Die Untersuchungsgeräte können bei der **Bildauswertung** in einem separaten Raum einer höheren Auslastung und damit besseren Rentabilität zugeführt werden. Für die Dauer der Untersuchung ist der Aufenthalt an der Bedienkonsole und damit in der Nähe des strahlenden Patienten nicht ganz zu umgehen, wohl aber für die Auswertung. Dies entspricht auch im weitesten Sinne dem Verbot von Dauerarbeitsplätzen innerhalb von Kontrollbereichen. Darüber hinaus werden die Untersuchungen in aller Regel durch eine(n) MTRA durchgeführt, wogegen die Auswertung der Bilder eine größere Einbeziehung des Arztes erfordert.

Die Kameraräume müssen aus atomrechtlicher Sicht über ein Waschbecken verfügen und ausreichend belüftet sein. Aufgrund der Empfindlichkeit der verwendeten Geräte ist darüber hinaus jedoch auch eine Klimatisierung (Temperaturkonstanz; max.3\_o/h) erforderlich. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Sonneneinstrahlung zu berücksichtigen und ggfls. Jalousien vorzusehen.

Beachtet werden muss, dass Räume, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, die **Abluft** separat von allen übrigen Leitungen über Dach abgeführt werden muss. Auf Rückhaltevorrichtungen für die sich in der Luft befindlichen Aktivitäten kann bei einer Nuklearmedizinischen Diagnostik in aller Regel verzichtet werden. Wir empfehlen jedoch, den Platz für derartige Vorrichtungen vorzuhalten, um sich in der Gesetzeslage ergebenden Änderungen oder Erweiterungen des Untersuchungsspektrums mit radioaktiven Gasen ohne nennenswerten Aufwand anpassen zu können.

Die Untersuchungsräume sollten ausreichend Stauraum zur Verfügung stellen, in denen das bei der Untersuchung erforderliche Verbrauchsmaterial gelagert werden kann. Alle Schränke sollten zur besseren Reinigung und leichten Dekontamination hängend vorgesehen werden. Bei intensiver Nutzung von Hängeschränken kann in aller Regel auf einen separaten reinen Lagerraum verzichtet werden.

In der Decke empfiehlt es sich, eine Vorrichtung vorzusehen, die eine leichte Verlagerung aus dem Patientenbett auf die Untersuchungsliege ermöglicht.

Die Beleuchtung sollte außer in Lager- und Warteräumen auf die Arbeit an einem Datensichtgerät ausgelegt werden.

Alle Wände, Böden und Einrichtungsgegenstände müssen dem Gesichtspunkt der leichten Dekontaminierbarkeit entsprechen. Für den Fall einer Kontamination muss die Möglichkeit bestehen Hilfe herbei zu holen (Telefon, Gegensprechanlage). Die Böden der Kameraräume müssen mindestens in der Lage sein, die statische Last der Untersuchungsgeräte aufzufangen. Für die Gammakameras ist dabei zu beachten, dass eine Reihe dieser Geräte Laufschienen im Boden erfordern. Dies ist mit dem Hersteller/Lieferanten der Geräte im Vorfeld abzustimmen.

Bei den **Türen** ist darauf zu achten, dass sie die Einbringung des Gerätes und später von Patientenbetten zulassen. Wir empfehlen die Türen als Schiebetüren auszubilden. Diese sind bei den zu erwartenden Pb-Einlagen (ca. 6\_mm) am leichtesten zu bedienen.

Die Applikation radioaktiver Stoffe erfordert eine Einrichtung zur **Lagerung** und Abfüllung/Markierung der Radiopharmaka. Für diese Räume gelten besondere Vorschriften hinsichtlich Diebstahl- und Brandschutz (siehe oben). Im allgemeinen erfordern die umgebenden Wände auch die stärksten baulichen StrlSch-Maßnahmen. Die Lage ist so zu wählen, dass Frischaktivitäten direkt in diesen Raum angeliefert werden können. Auf jeden Fall ist darauf zu achten, dass die Anlieferung nicht an diagnostischen Messgeräten vorbeiführt. Die **Anlieferung** der Frischaktivitäten sollte außerhalb der Nuklearmedizinischen Abteilung auf möglichst kurzem Weg und nicht an oder durch andere Stationen, insbesondere Neonatologie, Pädiatrie und Gynäkologie, vorbei- oder durchführen.

Bei sogenannten Ionisations-**Brandmeldeanlagen** ist darauf zu achten, dass sie nicht aufgrund der vorhandenen oder transportierten Aktivität Fehlalarm auslösen.

Bei der Applikation und anschließenden Untersuchung der Patienten fallen eine Reihe kontaminierter **Abfälle** und radioaktiver Reststoffe an. Diese sind fachgerecht zu entsorgen, d.h. am Ort der Entstehung in zur Lagerung geeignete Abfallgebinde, nach HWZ sortiert, einzubringen. Die Lagerung bis zum Abklingen der kontaminierten Gegenstände oder Abholung durch eine autorisierte Firma bzw. Abgabe an die zuständige Landessammelstelle erfolgt in einem oder mehreren separaten Räumen, im allgemeinen im Keller. Die Räume sollten ausreichend gekühlt werden. In diesen Räumen sollte immer ein leichter Unterdruck bestehen, so dass keine radioaktiv kontaminierte Abluft in die Umgebung entweichen kann. Diese Maßnahme ist im übrigen für alle Bereiche, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird in begrenztem Maße sinnvoll, teilweise auch von den Behörden gefordert. Es muss sichergestellt werden, dass keine Abluft aus Kontrollbereichen in außerbetriebliche Bereiche überströmen kann. Die Abluft ist kontrolliert und separat von inaktiven Luftströmen über Dach abzuführen.

**Reinigungsgeräte**, die im Kontrollbereich verwendet werden, dürfen nicht aus diesem Bereich entfernt werden, es sei denn, eine Messung hat deren Kontaminationsfreiheit ergeben. Innerhalb der Kontrollbereiche sind deshalb unreine Räume zur Aufbewahrung des Reinigungsgerätes vorzusehen.

Innerhalb von Kontrollbereichen ist eine ausreichende Anzahl von Messgeräte bereitzuhalten. In einem **Dekontaminationsschrank** sollten alle für die Absicherung und Dekontamination eines Bereiches oder einer Person erforderlichen Mittel bereitgehalten werden.

Allgemeine **Personenaufzüge und Treppenaufgänge** dürfen nicht unmittelbar in den aktiven Bereich (Kontrollbereich) münden.

Darüber hinaus muss eine Kleiderablage vorgesehen werden, da das Personal den Kontrollbereich nicht mit der Kleidung verlassen darf, die innerhalb des Kontrollbereiches getragen wird.

Alle weiteren noch notwendigen Räume, die alle inaktiven Charakter haben (Arztzimmer, Untersuchungsräume, Sekretariat, Bibliothek, Aufenthaltsräume, Besprechungszimmer, Rechnerraum, Toiletten etc.) sollten außerhalb des Kontrollbereiches angeordnet werden. Bei ausreichenden Kommunikationsverbindungen sind weite Wege nicht zu erwarten.