**Strahlenschutzplanung**

**Nuklearmedizinische Therapie**

**Konzeption**

(DAMP; 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 Therapiestation 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 Gesetzes- und Normenlage abhängig.

# Grundlagen, Ausgangsvoraussetzungen

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

1. Atomgesetzt
2. StrlSch-Verordnung
3. Richtlinie StrlSch in der Medizin
4. DIN 68xx (insbes. DIN 6844)
5. DIN 25422

§\_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:

1. bauliche StrlSch
2. organisatorische StrlSch

Neben diesen beiden für den StrlSch entscheidenden Gesichtspunkten ist die Entsorgung radioaktiver Abfälle, insbesondere aber der radioaktiven Ausscheidungen der Therapiepatienten (Abwasserschutzanlage; Abklinganlage) für eine Therapiestation 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 Therapie**

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 Behandlung, 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 aus der Pflege ergebenden Tätigkeiten.

Im allgemeinen kann bei Nuklearmedizinischen Therapiepatienten davon ausgegangen werden, daß die Patienten nicht pflegebedürftig sind, so daß sich der Kontakt des Personals mit den Patienten im wesentlichen auf die Versorgung mit Verpflegung beschränken kann. Eine Besonderheit muß dabei jedoch berücksichtigt werden: Patienten mit einer Schilddrüsen-Fehlfunktion (nicht maligne) müssen vor der Therapie ihre bis dahin eingenommenen Medikamente absetzen. Dies hat in aller Regel zur Folge, daß diese Patienten übersensibel und nervös reagieren können. Damit steht das Krankheitsbild dieser Patienten in krassem Widerspruch zu der Art der Unterbringung (Kasernierung). Diese Patienten benötigen deshalb die besondere Zuwendung und den Kontakt mit dem Pflegepersonal, insbesondere, da Besuche auf nuklearmedizinischen Stationen nicht erlaubt sind.

Neben den vorzuhaltenden baulichen Einrichtungen zur Abschirmung der Strahlung ist es besonders für diese Patienten wichtig, die Patientenzimmer mit Einrichtungen wie Fernseher, Radio, Telefon etc. auszurüsten, damit sie nicht aufgrund ihres Gemütszustandes zu einer unkontrollierbaren wandelnden radioaktiven Belastung oder sogar Gefährdung für das Personal werden. Die Einrichtungen sollen dazu führen, daß die Patienten die Zimmer möglichst nicht verlassen und auf den Fluren wandeln und den Kontakt mit dem Personal soweit als möglich reduzieren helfen. Sie sind insofern, so kurios das erscheinen mag, als StrlSch-technische Einrichtungen zu sehen. Die übrige Aufmachung und Gestaltung der Patientenzimmer soll in diesem Zusammenhang nicht vergessen werden.

Ausgangspunkt der Planung einer Nuklearmedizinischen Therapiestation sollten deshalb die unmittelbar durch diesen Ablauf zwingend erforderlichen Räume sein:

INAKTIVER Bereich: (im allgemeinen nicht erforderlich)

1. Anmeldung
2. Wartebereich des inaktiven Patienten

AKTIVER Bereich:

1. Applikationsraum (min. 10 m2; bei Applikation im Bett min. 15 m2; DIN 6844 T1)
2. Patientenzimmer (Einzelzimmer mind. 12 m2; Doppelzimmer mind. 16 m2), ausgerüstet mit Naßzellen, Anschluß für Telefon, Fernseher, Radio
3. Schwesternstützpunkt
4. Aufenthaltsraum für Pflegepersonal mit Küchenzeile (nur Personal)
5. Personalumkleiden mit Duschen (z. Dekontamination), getrennt nach Geschlechtern
6. Personaltoiletten, getrennt nach Geschlechtern
7. Teeküche; komplette Küchenausrüstung (nur Patienten)
8. unreiner Raum mit Fäkalspüler (das Reinigungsgerät muß innerhalb der Station gehalten werden; Gegenstände, die die Station verlassen, müssen von einem StrlSch-Beauftragten auf Kontaminationen hin untersucht werden)
9. reiner Raum (Lagerung von Bettwäsche etc.)
10. Abfallraum (kann bei geeigneter Organisation auf der Station entfallen, wenn die Abfälle täglich entsorgt werden; DIN 25422 beachten)
11. Hot-Labor (kann auf der Station entfallen, wenn die Aktivitäten anderweitig gelagert und portioniert werden und erst zum Zeitpunkt der Applikation in die Station verbracht werden; DIN 25 422 beachten).

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

1. Aktiver Bereich / inaktiver Bereich
2. Kontrollbereich / Überwachungsbereich
3. 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 Therapiestation würde dies bedeuten, daß der Zutritt zu den Patientenzimmern 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 des Schwesternstützpunktes zu verlegen.

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 Schwesternstützpunkt, Aufenthalts-, Sozial- , Sanitärräume und die Teeküche. Das Betreten eines inaktiven Raumes innerhalb der Abgrenzung bedarf somit keiner neuerlichen Zugangskontrolle sondern lediglich einer Kontaminationskontrolle. Auf einer Nuklearmedizinischen Station sollte nach jedem Verlassen eines Patientenzimmers oder nach Applikation eine Kontrolle auf Kontamination erfolgen. Entscheidend für die Beachtung dieses Gesichtspunktes ist die Anordnung des Hand-Fuß-Monitors innerhalb der Station. Es bietet sich an, die inaktiven Räume zu konzentrieren und den Hand-Fuß-Monitor im Übergang von den Patientenzimmern zu diesem Bereich anzuordnen. Dabei darf jedoch nicht vergessen werden, daß ein Verlassen der Station ebenfalls eine Messung auf Kontaminationsfreiheit bedingt (in der Regel in Privatkleidung), so daß der Hand-Fuß-Monitor nicht zu weit innerhalb der Station und größerer Entfernung zum Zugangsbereich angeordnet werden darf.

Zum Betreten des Kontrollbereichs bedarf es besonders ausgebildeten Personals, die mit dem Umgang und den Gefahren radioaktiver Stoffe vertraut sind. Bei fehlenden separaten Zugangskontrollen zu den aktiven Bereichen innerhalb des erweiterten Kontrollbereiches (Patientenzimmer; Applikation- und Lagerraum), muß anderen Personen der Zugang zum erweiterten Kontrollbereich verwehrt bleiben.

Dem Schwesternstützpunkt angeschlossen sein sollten ein

1. Handarchiv und ein
2. Aufenthaltsbereich für das Personal.

Innerhalb des Schwesternstützpunktes ist ausreichend Platz vorzuhalten, den administrativen Tätigkeiten nachzukommen (Schreibarbeitsplatz etc.). Vom Schwesternstützpunkt aus sollten der Flur zu den Patientenzimmern wie auch der Zugangsbereich der Station überblickt werden können.

Eine Untersuchung des inaktiven Patienten unmittelbar vor der Applikation 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 T1 (Diagnostik), die für einen Applikationsraum 10\_m2, bei Applikation in Betten 15\_m2 fordert. Die Applikation bei einem bettlägerigen Patienten kann jedoch mit Zustimmung der Behörde auch im Patientenzimmer erfolgen. 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.

In 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 darin befindlichen Gegenstände **leicht dekontaminierbar** sein, d.h., es sind Materialien zu verwenden oder entsprechend zu beschichten, die keine Feuchtigkeit aufnehmen und leicht abwaschbar sind. Alle weiteren Gesichtspunkte der Einrichtung des Raumes ergeben sich aus den medizinischen Erfordernissen.

Eine Besonderheit stellen in diesem Zusammenhang die **Naßzellen** der Patientenzimmer dar. Fliesen sind, insbesondere aufgrund der Verfugung, nicht ohne weiteres als leicht dekontaminierbar anzusehen. Die **Fliesen** dürfen ebenso wie die Fugen nicht saugfähig sein (Versiegelung). Gerade dieser Punkt wird von den unterschiedlichen Genehmigungsbehörden sehr unterschiedlich gesehen und sollte deshalb zu einem sehr frühen Zeitpunkt bei der atmrechtlichen Genehmigungsbehörde angesprochen werden.

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 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.

Die Applikation radioaktiver Stoffe erfordert eine Einrichtung zur Lagerung frisch angelieferter Radiopharmaka (**HOT-Labor**). Für die Lagerung radioaktiver Stoffe gelten besondere Vorschriften (DIN 25422 und Richtlinie für den **vorbeugenden Brandschutz** in Anlagen zum Umgang mit radioaktiven Stoffen) hinsichtlich Diebstahl- und Brandschutz. Die Lage ist, wenn möglich, so zu wählen, dass Frischaktivitäten direkt in diesen Raum angeliefert werden können. Auf jeden Fall ist darauf zu achten, dass die **Anlieferung** außerhalb der Nuklearmedizinischen Abteilung auf möglichst kurzem Weg und nicht an oder durch andere Stationen, insbesondere Neonatologie, Pädiatrie und Gynäkologie, vorbei- oder durchführen.

Idealerweise werden **Applikationsraum** und **HOT-Labor** kombiniert (hintereinander) angeordnet. Neben dem Lagerraum für radioaktive Abfälle ist das HOT-Labor der zweite Raum in dem radioaktive Stoffe im Sinne der DIN 25 422 vorkommen. Bei diesen Räumen muss mit einer Brandschutztüre T30 (Brandschutzklappen? im Abluftzweig) gerechnet werden.

In seltenen Fällen werden von der Feuerwehr und/oder der atomrechtlichen Genehmigungsbehörde auch die **Patientenzimmer** als „Lagerung radioaktiver Stoffe“ angesehen und sie entsprechend **DIN 25422** behandelt wissen. Beachtet man jedoch die eigentliche Bestimmung der Norm (*„Anforderungen an Aufbewahrungseinrichtungen und deren Aufstellungsräume zum Strahlen-, Brand- und Diebstahlschutz“*), so ist es obsolet diese Norm anzusetzen. Die Patienten werden in einem Brandfall als erstes evakuiert; Die Feuerwehr findet beim Brandeinsatz nur mehr leere (aktivitätsfreie) Zimmer vor (von Kontaminationen abgesehen). Eine entsprechende Kennzeichnung durch Warnschilder mit Angabe der Gefahren- und Strahlenschutzklasse ist für die Dauer des Routinebetriebes korrekt, nicht aber für den Einsatzfall, für den sie als Information der Einsatzkräfte eigentlich vorgesehen sind.

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.

Beachtet werden muß, daß Räume, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, die **Abluft** separat von allen übrigen Leitungen über Dach abgeführt werden muß. Dies gilt im wesentlichen für die Zimmer mit Hochtherapiepatienten (maligne). Auf Rückhaltevorrichtungen für die sich in der Luft befindlichen Aktivitäten kann bei einer Nuklearmedizinischen Therapiestation nur mit Zustimmung der atomrechtlichen Behörde verzichtet werden. Für diesen Fall ist dennoch empfehlenswert, den Platz für derartige Vorrichtungen vorzuhalten, um sich in der Gesetzeslage ergebenden Änderungen oder Erweiterungen des Therapiespektrums ohne nennenswerten Aufwand anpassen zu können. Es empfiehlt sich, die Station über die Naßzellen der Patientenzimmer zu entlüften. Dadurch wird ein Luftstrom von den inaktiven Bereichen über die aktiven Bereiche bewirkt, der ein Überströmen radioaktiv kontaminierter Luft in inaktive Bereiche verhindert.

Darüber hinaus sollte bei der Klimatisierung der Patientenzimmer darauf geachtet werden, daß im Sommer keine zu hohen Temperaturen entstehen.

Für die Belegung eines **Patientenzimmers** als **Doppelzimmer** wird von der Behörde oftmals eine Beschränkung der den Patienten applizierten Aktivitätsmenge vorgegeben. Funktionstherapien (0,2 bis 2 GBq) sollten in jedem Fall die Belegung als Doppelzimmer zulassen. Therapien maligner Schilddrüsenerkrankungen (Tumoren; 1 bis 8 GBq) in aller Regel nicht (ssk9613.pdf).

Die **Patientenzimmer** sollten ausreichend Stauraum zur Verfügung stellen, in denen die persönlichen Gegenstände der Patienten gelagert werden können, insbesondere Kleidung. Die in der DIN angegebenen Raumgrößen sind als **Mindestraumgrößen** zu sehen. Sie reichen in aller Regel nicht, diesem Umstand ausreichend Rechnung tragen zu können. Alle Schränke sollten zur besseren Reinigung und leichten Dekontamination hängend vorgesehen werden.

Alle Wände, Böden und Einrichtungsgegenstände müssen dem Gesichtspunkt der **leichten Dekontaminierbarkeit** (glatt, nicht saugfähig, nass abwaschbar) entsprechen. Für den Fall einer Kontamination muß die Möglichkeit bestehen Hilfe herbei zu holen (Telefon, Gegensprechanlage).

Die **Fenster** Nuklearmedizinischer Therapiestationen bestehen in der Regel aus StrlSch-Glas (Pb-Glas), weshalb sie zur Aufrechterhaltung der Schutzwirkung nicht ohne weiteres zu öffnen sind. Der StrlSch in den Fenstern wird sinnlos, wenn die Patienten die Fenster im Sommer öffnen und sich womöglich noch zum Fenster hinauslehnen.

Zu beachten ist, dass Pb-Glas nur in relativ kleinen Abmessungen lieferbar ist. Je höher der Pb-Gleichwert der Gläser ist, um so geringer sind die lieferbaren Größen. Dabei ist mit einem Preis von etwa 2.000 - 4.000 Euro/m2 zu rechnen. Das Glas hat in normaler Ausführung die Eigenschaft, daß es insbesondere von der Wetterseite her fast bis zur Blindheit vergilbt. Spezielle Gläser zeigen aufgrund einer besonderen Oberflächenbehandlung fast kein vergilben, sind aber auch entsprechend teurer.

Bei den **Türen** ist darauf zu achten, daß sie die Einbringung von Patientenbetten zulassen. Der den umgebenden Wänden entsprechende bauliche StrlSch in den Türen (als Pb) würde diese sehr schwer und nur mit zusätzlichen technischen Mittel beweglich machen. Der StrlSch der Türen zu den Patientenzimmern muß deshalb durch andere Maßnahmen unterstützt werden. Dazu gehören die Gestaltung des Patientenzimmers selbst mit Naßzellen, die StrlSch-Charakter haben und StrlSch-Mauern (etwa 1,30 m) an den Patientenbetten, die einen Strahlschatten auf die Tür bewirken sollen genauso wie die Anordnung der Patientenzimmer innerhalb der Station. Bei geeigneten derartigen Maßnahmen und **Raumfunktionsplanung** kann teilweise komplett auf Bleieinlagen zum StrlSch in den Türen verzichtet werden. Es sollte jedoch davon ausgegangen werden, daß die Türen über eine Pb-Einlage von 3 mm verfügen. Damit haben sie gegenüber J-131 einen Schwächungsfaktor von 2, d.h., daß die Strahlung auf die Hälfte geschwächt wird, und die Türen ohne besondere weitere Maßnahmen beweglich sind. Sind die Türen zu unbeweglich, so ergibt sich ein besonderer Aufwand zum Öffnen und Schließen und damit längere Verweilzeiten des Personals in einem Bereich erhöhter Strahlung, was zu einer höheren Strl-Belastung des Personals führt. Die Türen zu den Nassräumen müssen so angeschlagen sein, dass sie in geöffnetem Zustand den Zugang zum Patientenzimmer nicht blockieren können. Die Anordnung der **Naßzellen** zweier benachbarter Patientenzimmer nur durch eine Zwischenwand getrennt vorzusehen mag aus anderer Sicht (sanitäre Installationstechnik) durchaus sinnvoll sein, vom StrlSch-technischen Gesichtspunkt jedoch als absolut ungünstig anzusehen.

DIN 6844 T2 fordert „zur lokalen Abschirmung je Krankenzimmer eine **verschiebbare Bleiwand mit einem Schwächungsgrad > 20**“ ohne Nennung einer Belegungsaktivität oder Abstand. Das bedeutet eine Wandstärke von 1,6 cm (FN=20,12; techn. Pb; 11 g/cm3). Eine derartige Bleiwand hat bei einer angenommenen Höhe von 70 cm bis 1,50 m und einer Breite von 70 cm ein Gewicht von 98,5 kg (ohne Rahmenhalterung für das Pb und ohne Stativ).

Eine 100 kg Pb-Wand bewegt eine Schwester nicht so ohne weiteres, insbesondere wenn sie das Zimmer mit einem Tablett o.ä. betritt und die Hände nicht frei hat.

Besser erscheint da eine individuell auf den Abstand zum Patientenbett und der zulässigen Belegungsaktivität berechnete StrlSch-Mauer aus z.B. Baryt-Mauerwerk, die mit einer Höhe von ca. 1,25 m bis 1,30 m auch als Ablagefläche für das oben angeführte Tablett (Verpflegung, Medikation etc.) dient. Ausgelegt auf den Grenzwert des Kotrollbereiches (6 mSv/a) ergibt sich eine Wand stärke von 11,5 bis 20 cm je nach Abstand und Aktivitätsbelegung.

Bei geeigneter Anordnung und Länge der StrlSch-Mauern schirmen diese auch die Patienten in Doppelzimmern so gegeneinander ab, dass der Effekt des geforderten Bettenabstandes von 3 m für Doppelzimmer erreicht und sogar überschritten wird und ihn damit ersetzt.

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

Bei der Applikation und anschließenden Pflege der Patienten fallen eine Reihe kontaminierter **Abfälle und radioaktiver Reststoffe** (auch Essensreste) an. Diese sind fachgerecht zu entsorgen, d.h. am Ort der Entstehung in zur Lagerung geeignete Abfallbehältnisse, nach HWZ sortiert, einzubringen. Die Lagerung bis zum Abklingen der kontaminierten Gegenstände erfolgt in einem oder mehreren separaten Räumen, im allgemeinen im Keller. Die Räume sollten ausreichend gekühlt werden (gärfähige Essensreste).

Es 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.

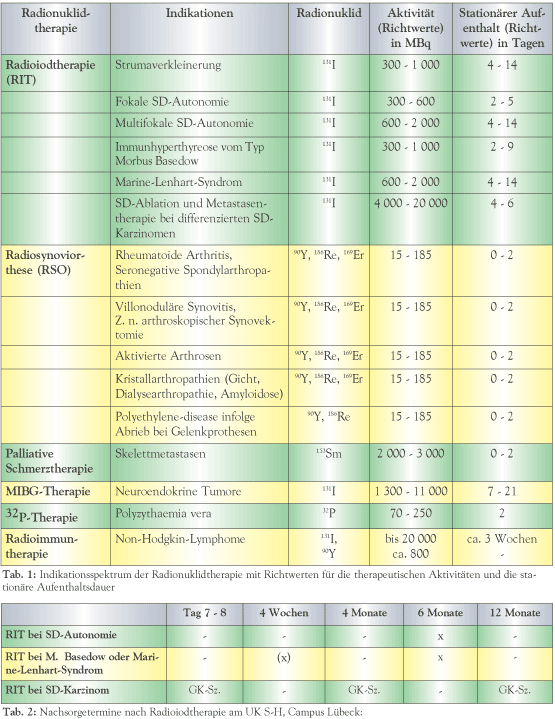
**Reinigungsgeräte**, die im Kontrollbereich verwendet werden, dürfen nicht aus diesem Bereich entfernt werden, es sei denn eine Messung hat deren Kontaminationsfreiheit ergeben. Innerhalb der Kontrollbereiche sind deshalb unreine Räume zur Aufbewahrung des Reinigungsgerätes vorzusehen.

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 Treppenaufgäng dürfen nicht unmittelbar in den aktiven Bereich münden.

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

Alle weiteren noch notwendigen **Räume**, die alle **inaktiven** Charakter tragen (Arztzimmer, Untersuchungsräume, Sekretariat, Bibliothek, Besprechungszimmer, Rechnerraum) müssen außerhalb des Absperrbereiches angeordnet werden. Bei ausreichenden Kommunikationsverbindungen sind weite Wege und Kontaminationsverschleppungen nicht zu erwarten.

Bezüglich StrlSch-Abschirmungen aus **Baryt-Beton** ist zu beachten, daß bei gegossenen Teilen der Beton nicht zu flüssig sein darf. Die schweren Betonzuschlagstoffe, die für den StrlSch die entscheidende Rolle spielen, würden sich zu stark absetzen, so daß der berechnete Schwächungswert im oberen Teil nach dem Austrocknen nicht mehr gegeben wäre. Teilweise kann dies auch ein gewünschter Effekt sein, wenn das Bauteil lediglich zur horizontalen Abschirmung dient und der Schwächungswert im Strahlbereich dadurch verstärkt wird. Nicht jedoch, wenn das Bauteil bei der Abschirmung der darüberliegenden Räume von Bedeutung ist, da hier insbesondere der obere Teil entscheidend ist.



*Dr. Wolfgang Bergter, Dr. Susanne Eckerle, Dr. Isabel Lauer, Prof. Dr. Manfred Bähre, UK S-H, Campus Lübeck, Zentralklinikum, Ebene 01, Leitstelle Nuklearmedizin L 5 a, 23538 Lübeck, Tel. 0451/500-6669;* Schleswig-Holsteinisches Ärzteblatt 07/2004; S. 58 - 61