

C. W. Hamm
(federführend)
H. Bösenberg
R. Brennecke
F. Daschner
G. Dziekan
R. Erbel
K. Ewen
C. Geffers

G. Hausdorf
M. Kelm
H. Rüden
G. Sauer
B. Strauer
für die
Kommission
Klinische
Kardiologie

Leitlinien zur Einrichtung und zum Betreiben von Herzkatheterräumen (1. Neufassung)

Herausgegeben vom Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung
Bearbeitet im Auftrag der Kommission für Klinische Kardiologie

Einleitung

Herzkatheterräume dienen der invasiven kardiologischen Diagnostik und Therapie. Die weiterhin steigende Zahl der invasiven Untersuchungen und der interventionellen Maßnahmen (12), das damit verbundene Risiko und der technische Fortschritt verlangen eine regelmäßige Aktualisierung von Leitlinien. „Richtlinien“* zur Einrichtung und zum Betreiben von Herzkatheterräumen wurden erstmals 1994 publiziert (19). Diese sind in der vorliegenden Fassung überarbeitet worden. Insbesondere wurden Empfehlungen zur Hygiene aufgenommen und die Fortschritte in der digitalen Bildverarbeitung berücksichtigt. Ziel dieser Leitlinien ist es, Betreibern von Herzkatheterräumen eine Orientierung für den aktuellen Qualitätsstandard zu geben. Die Leitlinien werden auch weiterhin fortlaufend aktualisiert werden.

1. Räumliche Ausstattung

Die Herzkatheter-(HK-)Räume sollten als Funktionseinheit vom übrigen Krankenhausbereich abgetrennt sein. Die räumliche Nähe zu einer Intensiveinheit ist bei der Neuplanung zu berücksichtigen. Falls im Krankenhaus auch eine herzchirurgische Abteilung vorhanden ist, wäre auch die Nähe zu den OP-Räumen wünschenswert. Bei der Planung von Herzkatheterräumen ist die Kompetenz der folgenden

Stellen einzubeziehen: Krankenhaushygiene, betriebsärztlicher Dienst, Sicherheitsbeauftragter, Strahlenschutzbeauftragter, Brandschutz, Arbeitsschutz.

Die Größe des HK-Raumes richtet sich nach den gegebenen baulichen Möglichkeiten und der jeweiligen Konzeption. Die Fläche des eigentlichen HK-Raumes sollte in der Regel nicht unter 30 m² betragen, um ausreichend Platz für Reanimationsmaßnahmen zu haben. Der eigentliche HK-Raum ist vom Registrierraum zu trennen, mit diesem jedoch visuell über eine Bleiglasscheibe und durch eine Tür zu verbinden. Diese Trennung ist wegen des Strahlenschutzes und aus hygienischen Gründen erforderlich. Die Installation einer Gegensprechanlage ist dringend zu empfehlen.

Der HK-Raum, der Registrier- und ggf. der Überwachungsraum müssen an ein Notstromsystem angeschlossen sein. Die Kabelverlegung sollte gut zugänglich in separaten Kabelkanälen im Boden, an den Wänden bzw. in der Decke oder unter aufgeständertem Fußboden erfolgen. Im HK-Raum selbst müssen ausreichend Steckdosen über den Raum verteilt zur Verfügung stehen. Bei der Stromversorgung sind die Vorschriften für die Patientensicherheit zu berücksichtigen. Defibrillator- und Schrittmacher-Geräte mit Akku- bzw. Batteriebetrieb müssen im HK-Raum vorhanden sein. Die Beleuchtung des HK-Raumes muss regelbar sein. Mindestens eine Operationsleuchte mit steriler Abdeckmöglichkeit und ausreichender Helligkeit (> 20 000 Lux) ist vorzusehen. Möglichkeiten zur maschinellen Beat-

Prof. Dr. C. W. Hamm (✉)
Kerckhoff-Klinik
Abteilung für Kardiologie
Benekestr. 2–8
61231 Bad Nauheim, Germany

* Im Hinblick auf die Unterscheidung zwischen Richtlinien und Leitlinien sei auf die Methodischen Empfehlungen („Leitlinie für Leitlinien“) der AWMF (awmf@uni-duesseldorf.de) verwiesen. Entsprechend der heute üblichen Nomenklatur handelte es sich um Leitlinien

mung sowie Sauerstoff- und Druckluftversorgung müssen vorhanden sein, wobei deckenhängende Systeme am Kathetertisch zu bevorzugen sind.

Für den HK-Raum ist aus arbeitsphysiologischen Gründen eine Klimaanlage entsprechend DIN 1946 wünschenswert. Nach Vorgaben der Hersteller sind temperaturregulierte Räume für die Technik (Schalt-raum) vorzuhalten. Im Vorraum zum HK-Raum sind die Registriergeräte für Hämodynamik und EKG sowie das Röntgen-Bedienpult unterzubringen. Entsprechend den räumlichen Gegebenheiten sind auch eine CD-Betrachtungsstation und CD-Brenner hier zu platzieren. Die Richtlinien für EDV-Arbeitsplätze sind zu beachten (3, 9).

Ein Raum zur Vorbereitung und Nachbeobachtung der Patienten ist zu empfehlen, der auch die Möglichkeit zur Monitorüberwachung bietet und über einen Sauerstoffanschluss sowie Rufanlage verfügt. Bei ambulanten Eingriffen kann darauf nicht verzichtet werden. Sämtliches Material zur Herzkatheteruntersuchung bzw. Koronarintervention müssen im Herzkatheterraum selbst bzw. in den unmittelbaren Nebenräumen oder im Vorraum in genügender Menge verfügbar sein. Die Vorratshaltung kann in dem Raum stattfinden, der sich nach den lokalen Gegebenheiten am besten dafür eignet und auch gleichzeitig für die Vorbereitung der Beistellische genutzt wird. Notfallinstrumente (Intubationsbesteck) und Notfallmedikamente sind griffbereit im HK-Raum an dafür ausgewiesener Stelle zu platzieren. Ein Kühlschrank für Medikamente ist an geeigneter Stelle aufzustellen, ein Wärmeschrank für Kontrastmittel sollte im HK-Raum untergebracht werden. Weiterhin besteht Raumbedarf für:

- Umkleidemöglichkeit für Patienten,
- Umkleideräume für das Personal,
- Personalaufenthaltsraum,
- Arztzimmer für im Herzkatheterlabor tätige Ärzte,
- Patienten-Toiletten und Spüleinrichtungen für Urinflaschen bzw. Bettpfannen,
- Personal-Toilette,
- Demonstrations- und Besprechungsraum,
- Archivraum.

2. Röntgeneinrichtung

■ 2.1 Röntgenanlage

Nur speziell für die kardiale Angiographie entwickelte Anlagen erfüllen die Voraussetzungen, die eine für die Diagnostik und die interventionellen Maßnahmen ausreichend hohe Bildqualität und Projektionsvielfalt garantieren. Biplane Anlagen sind bei komplexen angeborenen Herzfehlern, insbesondere im Kindesalter,

erforderlich. Bei erworbenen Herzfehlern sowie bei komplexen interventionellen Eingriffen (Rekanalisationen) haben biplane Anlagen den Vorteil, dass sie im schnellen Wechsel unterschiedliche Projektionen für die Durchleuchtung und Bilddokumentation erlauben und darüber hinaus Kontrastmittel einsparen. Die Röntgengeräte müssen schnell verschiedene Einstellungen einschließlich halbaxialer Aufnahmen erlauben, ohne dass der Patient dabei bewegt wird. Mehrzweckanlagen sind ungeeignet.

Der Röntgentisch muss jederzeit und ohne Hindernisse, insbesondere bei Reanimationssituationen, einen guten Zugang zum Patienten gestatten. Er sollte daher frei schwimmend gelagert und höhenverstellbar sein. Für die pädiatrische Kardiologie sind Vorrichtungen zur sicheren Fixierung der Patienten durch Schlingen an Armen und Beinen erforderlich. Wärmemöglichkeiten für Säuglinge über Lampen bzw. Wärmematten müssen vorhanden sein. Die Bildverstärker müssen einen variabel verstellbaren Abstand aufweisen mit eingebautem Kollisionsschutz und Auffahrschutz gegenüber dem Patienten.

Zur Reduktion der Strahlenexposition und zur Verbesserung der Bildqualität müssen alle technischen Möglichkeiten ausgeschöpft werden. Dies umfasst einen zusätzlichen Untertischschutz sowie einen separat aufgehängten Deckenschutz. Die Einstellung variabler Nutzstrahlenfelder sollte mit möglichst kleinen Brennflecken und automatischen Tiefenblenden und adaptiver Filterung (Erwachsene: 0,2–0,3 mm Cu; Kinder: 0,5 mm Cu) verbunden sein. Bei Neuinstallationen sollten halbtransparente Blenden (360° drehbar) und Rechteckblenden strahlungsfrei einstellbar sein. Bei biplanen Anlagen sollte auch bei extremen Angulationen das Isozentrum zur Reduktion von Streustrahlung erhalten bleiben.

Leistungsfähige, hochstabilisierte Röntgeneratoren (möglichst Hochfrequenz-Röntgeneratoren) sind unverzichtbar. Nur sie ermöglichen mit hoher Leistung auch in extremen Projektionen eine gute Bildqualität, d.h. zum Beispiel einen ausreichenden Bildkontrast. Bei Neueinrichtungen müssen die Generatoren gepulste Durchleuchtung erlauben. Im Einzelnen sollte die Röntgenanlage folgende Bedingungen erfüllen:

Röntgenstrahler/-röhre:

- Nennwert der Brennfleckgröße $\leq 1,2$
- Zusatzfilterung: mindestens 0,1 mm Cu
- Spezialraster ($m \leq 1,8$)
- Raster für pädiatrisch genutzte Anlagen entfernbar

Generator:

- Mindestgeneratorleistung: 100 kW, bei gittergesteuerter Röhre mindestens 80 kW
- Dauerleistung > 2 kW

- Pulszeiten (1–10 ms einstellbar)
- digitale, gepulste Durchleuchtung in den einstellbaren Bildfrequenzen von 3 bis 25/s unter Verwendung eines digitalen „gap fillings“

Stativ:

- variabler BV-Abstand
- Rotationsbereich $\pm 90^\circ$
- Angulationsbereich $\pm 40^\circ$

Bildverstärker-Fernsehkette

- BV mit mindestens 3 BV-Eingangsformaten (z. B. ca. 13, 17 und 23 cm)
- Bildschirmauflösung mit mindestens 625 Zeilen
- bei pädiatrisch genutzten Anlagen Einstellung einer dosissparenden Kennlinie („Kinderkennlinie“).

Umschaltbare Bildverstärkereingangsformate haben sich bewährt. Die Auflösung digitaler Röntgenanlagen in der Bildakquisition und Speicherung sollte mit $512 \times 512 \times 8$ bit erfolgen. Bei Neuinstallationen ist eine Auflösung von 1024×1024 anzustreben. Pro Röntgenebene ist mindestens je ein Fernsehmonitor im HK-Raum und ein Kontrollmonitor im Registrierraum notwendig. Idealerweise sollte im HK-Raum für jede Ebene neben dem primären Durchleuchtungsmonitor ein weiterer Referenzmonitor installiert sein, um die Wiedergabe und Abspeicherung vorausgegangener Szenen und Bilder simultan zu ermöglichen. Für koronare Interventionen sollte der Koronarbefund mittels digitalem Bildspeicher für je ein Standbild in zwei unterschiedlichen Projektionen neben dem aktuellen Durchleuchtungsbild verfügbar sein. Ältere Anlagen sollten hier alternativ über die Splitscreen-Technik verfügen. Bei koronaren Interventionen sollten die vorausgegangenen Bildszenen variabel abrufbar und abspielbar sein. Optional sollte hier auch eine ‚on-line‘ quantitative Analyse (QCA) möglich sein. Der Diagonaldurchmesser der Fernsehmonitore sollte im HK-Raum nicht unter 50 cm betragen. Die Monitore sollten in Augenhöhe bis an den Kathetertisch frei verschiebbar sein.

Die Betreiber von Herzkatheteranlagen müssen die Aufzeichnungen über die Abnahmeprüfung (bei Inbetriebnahme oder wesentlichen Änderungen), die regelmäßig (initial in monatlichen und später nach Rücksprache mit den verantwortlichen Ärzten in 3-monatigen Abständen) durchzuführenden Konstanzprüfungen sowie exemplarische, anonymisierte Herzkatheterfilme regelmäßig der ärztlichen Prüfstelle (meist der regionalen Ärztekammer) zur Verfügung stellen (20).

■ 2.2 Strahlenschutz

Der Strahlenschutz richtet sich nach den jeweiligen gesetzlichen Bestimmungen (Röntgenverordnung, ihr zugeordnete Richtlinien, radiologische Normen). Er wird von einem seitens des Betreibers der Röntgen-einrichtung bestellten Strahlenschutzbeauftragten überwacht. Für diesen muss ein offiziell benannter Vertreter zur Verfügung stehen, damit auch in seiner Abwesenheit die Strahlenschutzsicherheit gewährleistet ist. Personen, denen der Zutritt zum Kontrollbereich erlaubt ist, und solche, die Röntgenstrahlen anwenden, müssen vorher über die Arbeitsmethoden, die möglichen Gefahren, die anzuwendenden Schutzmaßnahmen, den für ihre Tätigkeit wesentlichen Inhalt der Röntgenverordnung und die eventuell vorliegenden Genehmigungsaufgaben unterwiesen werden. Diese Unterweisung ist halbjährlich zu wiederholen. Über den Inhalt und das Datum der Unterweisung müssen Aufzeichnungen geführt werden. Die Teilnahme der einzelnen Mitarbeiter ist schriftlich zu dokumentieren und von der unterwiesenen Person zu unterzeichnen. Die Aufzeichnungen sind 5 Jahre aufzubewahren und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen.

Nach der geltenden Richtlinie (16) „Sachverständigenprüfungen nach RöV“ (Rw 13), die auch den Strahlenschutz an Herzkatheterarbeitsplätzen umfasst, müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Verfügbarkeit von Dosisinformationen während der Untersuchung (z. B. über ein Dosisflächenproduktmessgerät),
- Einhaltung der Grenzwerte der Bildempfängerdosis bzw. -dosisleistung und des visuellen Auflösungsvermögens,
- Anzeige der High-Level-Mode,
- Untersucherstrahlenschutz, Unterkörperstrahlenschutz,
- Schutzzonen („Streustrahlenschutz“),
- Schutzkleidung (z. B. Mantelschürze, Schutzbrille, Schilddrüsenkragen),
- organisatorische Maßnahmen (z. B. zu Arbeitsabläufen, Aufenthaltsorten).

Ferner muss gemäß Röntgenverordnung erfüllt sein:

- eine spezielle Fachkunde im Strahlenschutz (in der Fachkunde-Richtlinie Medizin festgelegt),
- Durchführung der Qualitätssicherung.

Bei der Durchführung von Interventionen sind weitere Maßnahmen erforderlich (s. Anlage I zur Richtlinie für Sachverständigen-Prüfungen nach RöV, Rw 13 (16)):

- Dosisbegrenzung (Gy/min) im High-Level-Mode durch SID-Tracking (Dosisleistungs-Abstands-Kompensation),
- gepulste Durchleuchtung,
- Last Image Hold bzw. Last Image Run/Bildspeicherung,
- gerätetechnische Orientierungshilfe für Katheterführung (z. B. Roadmapping),
- Card-Blende (Irisblende; bei Overframing: Rechteck- und halbtransparente Blende).

■ 2.3 Bilddokumentation und Bildkommunikation

Für Neueinrichtungen kommen ausschließlich digitale Verfahren der Bilddokumentation, Bildkommunikation und Bildarchivierung in Frage (21). Die Bildqualität der verwendeten Anlage muss bei der Abnahme und bei den Konstanzprüfungen der IEC-Vorschrift 61223-3 entsprechen. Die Abspeicherung der im Labor erfassten Bilddaten auf ‚recordable‘ CD-Medien (CD-R) nach dem DICOM-XA-Applikations-Profil muss ebenso wie die Wiedergabe solcher DICOM-CD möglich sein (DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine, XA: X-ray angiography). Die CD-R-Medien dienen primär der Bilddaten-Kommunikation, sie werden aber sehr häufig auch für die Langzeitarchivierung verwendet.

Die ausschließliche Dokumentation der Bilddaten eines Herzkatheterlabors auf Videobändern (S-VHS) ist nicht vertretbar, da die erreichte Bildqualität unzureichend ist (21). Ein Übergang auf ein digitales Bildsystem durch eine nachträglich eingerichtete externe Digitalisierung des normalen Videosignals (sog. „digitalisierte“ Bilder statt „digitale“ Bilder) kann oft nicht die Qualität einer in das Röntgensystem von vornherein integrierten digitalen Speicherung garantieren.

Im digitalen Bildsystem sind die Qualität der verwendeten Monitore und der DICOM-Betrachtungs-Software ausschlaggebend für die Bewertung der Bilddaten durch den Arzt. Für die primäre Befundung der digitalen Bilder sind bevorzugt spezielle Schwarzweiß-Monitore mit hoher Helligkeit und Auflösung zu verwenden. Die Abnahmeprüfung der Monitore ist in DIN 6868, Teil 57 geregelt. Die klinisch vertretbaren Grenzen der Datenreduktion durch digitale verlustbehaftete Bilddatenkompression sind vom Anwendungsbereich abhängig und lassen sich für das standardisierte JPEG-Verfahren je nach Anwendung aus den Ergebnissen einer internationalen kardiologischen Studie (4, 11, 22) ableiten. Speziell für die Befundung im Rahmen des primären Entscheidungsprozesses sollte ein Kompressionsfaktor von 6 für die JPEG-Bilddatenreduktion nicht überschritten werden. Für wissenschaftliche Auswer-

tungen durch zentrale Institute kann es notwendig sein, die übersandten digitalen Bilddaten verlustfrei komprimiert einzusenden. Über den Einfluss anderer Kompressionsverfahren (z. B. Wavelet) gibt es bisher keine ausreichend gesicherten Erkenntnisse. Komprimierte Bildsequenzen müssen bei ihrer Wiedergabe als solche gekennzeichnet sein.

In das digitale Bildsystem (mit Kurzzeitspeicher) sollten Verfahren integriert sein, die rechnerunterstützt die Bestimmung der Ejektionsfraktion, der ventrikulären enddiastolischen und endsystolischen Volumina sowie eine Stenose-Vermessung während und nach der Untersuchung erlauben. Der Nachweis einer sorgfältigen klinischen Validierung der Software ist zu erbringen.

■ 2.4 Bildarchivierung

Bei der digitalen Bildkommunikation und -Archivierung können prinzipiell drei Stufen unterschieden werden: Kurzzeit-, Zwischen- und Langzeitspeicher.

Der Kurzzeitspeicher ist unmittelbar an die Röntgenanlage gekoppelt. Seine Speicherkapazität sollte für mindestens einen Tag ausreichen. Er sollte vor allem so dimensioniert sein, dass er eventuelle Ausfallzeiten derjenigen Komponenten überbrücken kann, die für die endgültige Langzeit-Archivierung der Bilddaten benötigt werden. Eine parallele automatische Videobandaufzeichnung (S-VHS) wird als zusätzliches Ausfallkonzept empfohlen. Wünschenswert ist es, dass der Kurzzeitspeicher der Röntgenanlage einen bidirektionalen Datentransfer erlaubt, d. h. neben der Wiedergabe der aktuell aufgenommenen Szenen auch das Einspielen älterer Aufnahmen z. B. aus dem Langzeitarchiv. In jedem Fall muss die Wiedergabe von Voruntersuchungen im Bereich des Labors mit vergleichbarer Bildqualität wie während der Aufnahme möglich sein.

Besteht parallel zum digitalen Bildsystem ein klinisches Datenbanksystem („Herzkatheterdatenbank“), so sollte das Bildsystem die Patientendaten von diesem System übernehmen, um Doppelaufgaben zu erübrigen und um eine korrekte automatische Zuordnung der übrigen Untersuchungsdaten zu den Bilddaten zu ermöglichen. In jedem Fall muss die Eingabe der Patienten- und Untersuchungsdaten sehr sorgfältig erfolgen. Fehlerhafte Daten einer Untersuchung, die auf der CD-R gespeichert wurden, können nachträglich nicht mehr berichtigt werden.

Die Anforderungen an die Langzeit-Speicherung und -Lesbarkeit der Daten ergeben sich aus dem aktuellen Stand der Röntgenverordnung (10 Jahre) sowie zivilrechtlich aus der Verjährungsfrist für Schadensersatzansprüche (30 Jahre). Zu beachten sind die gültigen Erfordernisse bezüglich der Daten-

verfügbarkeit (10 Jahre nach der letzten Untersuchung innerhalb von 24 Stunden, auch an Wochenenden und Feiertagen) sowie bezüglich des Datenschutzes bzw. der Datensicherheit (Vertraulichkeit, Datenintegrität, Datenidentität). Zur Zeit gibt es mehrere Strategien für die technische und organisatorische Realisierung entsprechender Archive.

Werden zur Langzeitspeicherung die im DICOM-Standard (bzw. DICOM-Applikations-Profil) festgelegten CD-R-Datenträger (recordable CD) eingesetzt (off-line Archiv), so sind vor allem folgende Punkte zu beachten:

- Der Verlust von Daten hat ungünstige klinische und evtl. auch rechtliche Konsequenzen. Bei einer geforderten Verfügbarkeit der Daten für 10 bis 30 Jahre ist eine sorgfältige Auswahl der CD-Medien notwendig und die garantierte Archivzeiten der Hersteller zu beachten. Voraussetzung dafür sind neben der geeigneten Auswahl der Medien eine entsprechend sorgfältige Handhabung und Lagerung (ideal: 10–25 °C, rel. Luftfeuchtigkeit 20–50%). Unter unzureichenden Bedingungen kann ein Datenverlust schon nach kurzer Aufbewahrung eintreten (z. B. Lagerung in ungeeigneten Plastiktaschen) (14).
- Um einem Datenverlust vorzubeugen, dürfen die Originalmedien nicht aus dem Labor bzw. dem Archiv weitergegeben werden. Dies ist zumutbar, da die Herstellung identischer digitaler CD-Kopien – oder innerhalb einer Institution die Übertragung der Bilddaten über ein Computer-Netzwerk – mit vertretbarem Aufwand möglich ist.
- Die vergleichsweise einfache Technologie dieser Archive auf der Basis von CD-R und der extrem hohen Verbreitungsgrad der CD-Medien und CD-Abspielgeräte lässt eine lange Verfügbarkeit dieser Technologie erwarten.

Nachteilig ist vor allem der mit einem off-line-Archiv verbundene Handhabungsaufwand für die Herstellung und die Verteilung der CD-R. Diesen Nachteil vermeiden Langzeit-Bildarchive, die auf einem vernetzten Computersystem beruhen. Ein solches PACS (Picture Archiving and Communication System) besteht im allgemeinen aus einem on-line-Archiv mit schnellem Zugriff („Zwischenspeicher“ für die aktuellen Untersuchungsdaten auf der Basis eines speziellen Magnetplatten-Speichers) und einem langsameren Langzeit-Archiv (typisch auf der Basis von Robotersystemen mit optischen Platten oder Magnetbändern). Das Langzeit-Archiv enthält die länger zurückliegenden Fälle. Das Zwischenspeicher-System (on-line-System) ist gleichzeitig als Server für die Bildbetrachtungs-Stationen (typisch: vernetzte PCs mit DICOM-Betrachtern) vorgesehen. Das Zwischenspeicher-System ist jedoch wegen der relativ großen Gefahr des Datenverlustes bei Magnetplattensyste-

men und wegen deren Kosten nicht für die Langzeitspeicherung (10 bis 30 Jahre) geeignet, sondern muss in einem PACS durch einen Langzeitspeicher ergänzt werden.

Im Rahmen des Entscheidungsprozesses für eine Realisierung des Langzeit-Bildarchiv auf der Basis eines solchen PACS sind folgende Empfehlungen zu beachten:

- Sind mehrere Röntgenanlagen vorhanden, sollte der Zwischenspeicher-Server mit den Kurzzeitspeichern aller Anlagen (unabhängig vom Hersteller der Anlagen), auf der Basis von DICOM-Netzwerksservices, kommunizieren.
- Die gespeicherten Daten müssen an einer Netzwerk-Schnittstelle im DICOM-Format verfügbar sein (DIN 6878-1). Die Beachtung der wesentlich anspruchsvolleren Schnittstellen-Anforderungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft ist empfehlenswert und die Erfüllung dieser Anforderungen ist Voraussetzung für Beschaffungen nach dem HBBG-Verfahren.
- Es muss ein detailliertes Ausfallkonzept bestehen (z. B. gezielter Zugriff auf die Speichermedien bei einem Ausfall des Robotersystems, der länger als 24 h dauert; unterbrechungsfreie Stromversorgung).
- Im Langzeitarchiv des PACS müssen Medien mit einer entsprechenden Lebensdauer (mind. 10 Jahre – bis zu 30 Jahre) verwendet werden oder ein rechtzeitiges Umkopieren der Daten („Migration“) muss von vornherein sichergestellt sein.
- Das noch darüber hinausgehende Langzeitkonzept erfordert eine konkrete Absicherung für den entsprechend langfristigen Ersatz der Rechenhardware und -software des PACS-Langzeitarchivs und ggf. rechtzeitige Übertragung der Bilddaten auf ein neues System.
- Es muss die Frage von kurzfristigen und mittelfristigen Integrationsnotwendigkeiten, z. B. mit dem Ultraschall-Labor oder mit anderen Krankenhausabteilungen, geklärt worden sein.

Zusätzliche Punkte betreffen den personellen und räumlichen Bereich:

- Eine solche EDV-Aufgabe mit ihren vergleichsweise hohen EDV-spezifischen Anforderungen an die kontinuierliche rationale Anpassung an den Stand der Technik sowie an eine schnelle Fehlerdiagnose und an die Kontrolle der Wartungs- und Reparaturdienste bindet fortlaufend technisches und ärztliches Personal.
- Die zentralen Komponenten eines PACS erfordern im allgemeinen einen eigenen Rechnerraum mit entsprechender Zugangskontrolle und Kühlung.
- Alle diese Aufgaben in rechtlichen und technischen Bereichen müssen mit dem Personal und in den Räumlichkeiten einer kardiologischen Pra-

xis oder Abteilung über Jahrzehnte hinweg kontinuierlich und kompetent gewährleistet werden, damit die Bestimmungen zur langfristigen Datenverfügbarkeit und Datensicherheit erfüllt sind.

Angesichts dieser hohen rechtlichen, technischen und personellen Anforderungen an ein Langzeit-Bildarchiv auf PACS-Basis und angesichts der z.Z. noch geringen Langzeit-Erfahrungen mit solchen Systemen sollte auch geprüft werden, welche Alternativen zum Betrieb eines derart komplexen Systems im Herzkatheterlabor bzw. in einer kardiologischen Praxis oder Klinik bestehen. So können, je nach örtlichen Gegebenheiten, die Übertragung der Aufgabe an eine hausinterne EDV-Abteilung oder an einen externen Anbieter in Frage kommen, soweit diese die genannten Anforderungen an den Betrieb des medizinischen Langzeitarchivs wirtschaftlich vertretbar erfüllen. Dienstleister, die extern archivieren, müssen die zusätzlichen gesetzlichen Regelungen im Rahmen des TDDGS (Teledienste-Datenschutzgesetz) erfüllen.

Anstelle der beiden genannten Alternativen für das digitale Archiv (Kurzzeitspeicher plus off-line-Langzeitarchiv/Kurzzeitspeicher plus PACS) kann unter den jeweiligen lokal gegebenen Bedingungen natürlich auch eine andere Lösung in Frage kommen (z.B. Kurzzeitspeicher vernetzt mit einem Zwischenspeicher-Server plus ein off-line-Langzeitarchiv auf der Basis der zuvor beschriebenen CD-R-Lösung).

■ 2.5 Herzkatheter-Datenbank

Für die Dokumentation des Ablaufs der Herzkatheteruntersuchungen und der Interventionen werden zunehmend rechnergestützte Datenbanksysteme eingesetzt. Diese erlauben die systematische Erfassung der Daten und den kontinuierlichen Zugriff auf die Protokolle und unterstützen eine regelmäßige Qualitätssicherung mit eigenen oder mit einrichtungsübergreifenden Protokollen. Darüber hinaus kann mittels dieser Computersysteme eine automatisierte Arztbriefschreibung, die Patiententerminierung sowie die Materialverwaltung erfolgen. Hingewiesen wird auf die entscheidende Bedeutung einer ausreichenden Schulung der Mitarbeiter, um z.B. die eindeutige Patientenidentifikation und die Vollständigkeit der erforderlichen Eingaben sicherzustellen. Die ausgewählten Programme müssen diese Aufgaben unterstützen (z.B. Zusammenführen von Informationen zu einem Patienten, der mit unterschiedlicher Namensschreibweise mehrmals aufgenommen wurde), diese Programme stellen aber immer auch hohe Anforderungen an die Schulung des mit der Dateneingabe und -verwaltung betrauten Personals. Regel-

mäßige Abfragen der Datenbank zur Prüfung der Vollständigkeit und Widerspruchsfreiheit der eingegebenen Daten werden empfohlen. Die Kontrolle der täglichen Datensicherung ist notwendig. Auch die Beachtung der übrigen Bestimmungen des Datenschutzes muss gewährleistet sein.

Die lokale Datenverarbeitung im Herzkatheterlabor muss Schnittstellen zur Kommunikation mit dem lokalen Hämodynamiksystem, dem oben beschriebenen digitalen Bildsystem und mit der allgemeinen Datenverarbeitung in einer Praxis oder in einem Krankenhaus besitzen.

Vorschläge zur Datensatzbeschreibung („Minimal-Datensatz“) werden von der Projektgruppe „Datenbanken und Register“ der DGK in Zusammenarbeit mit der AG Interventionelle Kardiologie entworfen und regelmäßig aktualisiert.

3. Hämodynamischer Messplatz und Datenregistrierung

Das Registriergerät für die demographischen und hämodynamischen Daten des Patienten sollte nicht im HK-Raum, sondern in einem durch eine bleihaltige Glasscheibe abgetrennten Registrierraum stehen. Der Messplatz muss über einen 6-Kanalschreiber und Monitor verfügen zur Registrierung von mindestens drei EKG-Ableitungen und zwei simultan gemessenen Druckkurven (Frequenzgang 0–250 oder optimalerweise bis 500 Hz auch für elektrophysiologische Untersuchungen). Ferner muss ein hierzu gehörender Satellitenmonitor gut sichtbar im HK-Raum zur simultanen Betrachtung von EKG und Drücken angebracht werden. Der Registrierplatz sollte ferner an die Röntgenanlage angeschlossen sein und patienten- und untersuchungsbezogen den Dosis- und Untersuchungsbericht abfassen, wiedergeben und archivieren können. Dies umfasst Angaben zur Untersuchungszeit und -dauer, verwendete Kontrastmittelmenge. In den akkumulierten Röntgendaten muss wiedergegeben werden: Durchleuchtungszeit (min), Flächendosisprodukt (Gy/cm^2), mittlere Generatorleistung (kV). Optional kann für die einzelnen Szenen die kV-Zahl, der BV-Abstand, die Bildrate der Aufnahme und die Pulsrate der Durchleuchtung angegeben werden.

Im Registrierraum ist ausreichend Platz für die einzelnen Bildschirmarbeitsplätze zur Verfügung zu stellen. Bei Neueinrichtung von EDV-Arbeitsplätzen ist auf eine Gestaltung entsprechend dem Arbeitsschutzgesetz zu achten (3). Dies umfasst im besonderen eine ergonomische Bestuhlung und adäquate Tischhöhe sowie einen ausreichenden Abstand der Tastatur von der Tischkante. Der Bildschirm ist in

ausreichender Höhe (möglichst Augenhöhe) und mit adäquater Beleuchtung zu installieren (3).

Geräte zur Bestimmung des Herzzeitvolumens und zur Bestimmung der Sauerstoffsättigung (und idealerweise einer Blutgasanalyse) sollten vorhanden sein.

Besondere Anforderungen für elektrophysiologische Arbeitsplätze finden sich in gesonderten Leitlinien (18).

4. Dokumentation und Qualitätskontrolle

Der die Untersuchung ausführende Arzt muss seine Befunde und die Therapiemaßnahmen sowie eventuelle Besonderheiten oder Komplikationen sofort sorgfältig in einem Standardprotokoll dokumentieren. Für die Dokumentation des Ablaufs der Herzkatheteruntersuchung und von Interventionen sollten heute rechnergestützte Datenbanksysteme eingesetzt werden. Diese gewähren die systematische Erfassung der Daten und den kontinuierlichen Zugriff auf die Protokolle und erlauben eine regelmäßige Qualitätssicherung. Darüber hinaus kann mittels dieser Computersysteme eine automatisierte Arztbriefschreibung, die Patiententerminierung sowie die Materialverwaltung erfolgen. Hingewiesen wird auf eine ausreichende Schulung der Mitarbeiter. Die Programme sollten eine eindeutige Patientenidentifikation sicherstellen und die Vollständigkeit der Dateneingabe gewährleisten. Regelmäßige Kontrollen der Datenbankqualität werden empfohlen. Eine tägliche Datensicherung ist notwendig.

Als Minimalforderung sind folgende Daten festzuhalten: Personalien des Patienten, Geburtsdatum, Namen der an der Katheteruntersuchung beteiligten Personen, Indikation zum Eingriff und Art der Prozedur, Untersuchungsdauer, Kontrastmittelmenge, Röntgen- bzw. Strahlendaten, vorläufige Diagnosen, Komplikationen und Nebenwirkungen.

5. Kontrastmittelinjektor

Es muss eine Hochdruckspritze zur Kontrastmittelinjektion zur Verfügung stehen. Diese soll heizbar, druck-, fluss- und volumenregulierbar sein. Bei Neuanschaffungen ist ein System zur automatischen Detektion von Luftpartikeln zu fordern. Eine programmierbare externe und interne Steuerung der Injektionsvolumina und -geschwindigkeit ist wünschenswert.

6. Spezielle diagnostische und therapeutische Techniken

Die Durchführung von intravaskulären Ultraschalluntersuchungen (IVUS), Doppler-Fluss- und intrakoronare Druckmessungen haben sich zur morphologischen und funktionellen Evaluierung bei speziellen Fragestellungen bewährt. Falls diese Geräte zum Einsatz kommen, ist für entsprechendes Training des Personals zu sorgen.

Die Hochfrequenz-Rotablation und Laserangioplastie sind therapeutische Techniken, die in ausgesuchten Fällen vorteilhaft sein können (z.B. mit hohen Drücken nicht dilatierbare Stenose, mit Ballon nicht passierbare Stenose). Bei Anwendung der Rotablation ist eine ausreichende Druckluftzufuhr (140 l/min, mind. 6,5 bar) sicherzustellen. Bei Einsatz von Laser sind die entsprechenden Schutzvorschriften einzuhalten und die Beschilderung vorzunehmen sowie ein Laserbeauftragter zu benennen. Beide Techniken verlangen ein spezielles Training des Untersuchers und des Assistenzpersonals.

Sofern im Katheterlabor strahlentherapeutische Eingriffe (Brachytherapie) zum Einsatz kommen, sind die entsprechenden Schutzvorschriften für die Verwendung von β - bzw. γ -Strahlen einzuhalten und Personal mit entsprechender Fachkunde (Strahlentherapeut, Strahlenphysiker) hinzuzuziehen. Eine Umgangsgenehmigung nach der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) ist erforderlich.

7. Patientenüberwachung

Nach diagnostischer Linksherzkatheteruntersuchung ist eine Nachbetreuung von mindestens 4 Std. sicherzustellen (13). Dazu muss eine medizinische Fachkraft anwesend sein und ein approbierter Arzt unmittelbar zur Hilfestellung zur Verfügung stehen. Nach therapeutischer Koronarintervention ist der Patient mindestens bis zum nächsten Tag und in der Regel 24 Stunden nachzubetreuen. (Dazu wird auf die speziellen Leitlinien verwiesen (13, 17).)

8. Hygiene-Empfehlungen

Das Infektionsrisiko durch Herzkatheteruntersuchungen und interventionelle Eingriffe im Koronarbereich ist bei aseptischer Technik gering, solange allgemeine und spezielle Anforderungen eingehalten werden (2, 6–8, 15).

■ 8.1 Organisatorische Hygiene-Anforderungen

Die Herzkatheterabteilung sollte räumlich vom übrigen Krankenhausbereich abgetrennt sein. Einzuplanen ist ein Vorbereitungsraum mit einem Waschplatz zum Händewaschen sowie zur Händedesinfektion. Sicher zu stellen ist, dass sterile von unsterilen Bereichen strikt getrennt sind.

Die Zahl der anwesenden Personen ist auf ein Minimum zu begrenzen. Häufige Personalbewegungen, d.h. auch Verlassen und erneutes Betreten des Untersuchungsraumes, sind zu vermeiden. Über die Notwendigkeit von Mundschutz und Kopfhaube ist in Abhängigkeit vom Gefährdungsgrad des Patienten (z.B. bei Immunschwäche, Kleinkindern) zu entscheiden (23). Offen getragenes Haar ist zu vermeiden. Das Personal sollte über einen Hepatitis-B-Impfschutz verfügen.

Die Gefäßschleuse kann im Untersuchungsraum oder im Vorbereitungsraum entfernt werden. Ein Vorrichten von Kathetermaterial ist möglichst zu vermeiden. Ist dies aus organisatorischen Gründen notwendig, müssen die Wagen nach dem Vorrichten einfach steril abgedeckt werden. Diese dürfen nur kurzzeitig an geeigneter Stelle ohne Durchgangsverkehr abgestellt werden.

Zwischen den Eingriffen ist Zeit für eine ausreichende Reinigung und ggf. Desinfektion zu gewähren. Blutkontaminierte Flächen müssen mit einem viruswirksamen Desinfektionsmittel wisch-desinfiziert werden. Am Ende des Arbeitstages hat eine gründliche Reinigung und ggf. Desinfektion zu erfolgen.

Blutkontaminierte Abfälle müssen entsprechend den Richtlinien als Abfälle der Gruppe B entsorgt werden.

■ 8.2 Allgemeine Hygienemaßnahmen

Die Kathetereinstichstelle sollte mindestens durch eine 1-minütige Hautdesinfektion mit einem alkoholischen Desinfektionsmittel desinfiziert werden. Eine Haarentfernung ist möglichst zeitnah zur Prozedur vorzunehmen. Die Arbeitsfläche und Bedienelemente müssen großzügig abgedeckt sein, um ausreichend Platz für das Ablegen von Arbeitsmaterialien zu haben. Schleusen sollten so kurz wie vertretbar in den Gefäßen belassen werden, da sich andernfalls das Infektionsrisiko deutlich erhöht.

Eine routinemäßige Antibiotikaprophylaxe ist bei der Koronarangiographie und koronar-interventionellen Eingriffen nicht notwendig. Vor dem Eingriff muss vom Arzt und von der assistierenden Person eine hygienische Händedesinfektion mit einem alkoholischen Mittel von mindestens 30 Sekunden Einwirkungszeit durchgeführt werden. Der durchfüh-

de Kardiologe und die direkte Assistenz am Tisch haben einen sterilen Kittel sowie sterile Handschuhe zu tragen. Wenn mit Verspritzen von Blut gerechnet werden muss, ist das Tragen von Mund- bzw. Atemschutz und eine Schutzbrille aus Gründen des Arbeitsschutzes angebracht.

Das mehrfache Anstechen von Kontrastmittelflaschen kann zu mikrobiellen Verunreinigungen führen. Zur Vermeidung einer Kontamination sind die folgenden Schutzmaßnahmen als Mindeststandard sicherzustellen: Spritzschutz für den Anstechbereich der Kontrastmittelflaschen, langes Schlauchsystem mit Rückschlagventil sowie Tropfkammer für den einmaligen Gebrauch. Kann eine Kontamination nicht sicher ausgeschlossen werden, ist nach jeder Untersuchung das gesamte Kontrastmittelsystem einschließlich der Vorratsflasche zu verwerfen. Das Überleitungssystem ist auf jeden Fall komplett zu ersetzen. Von großen Kontrastmittelvorratsflaschen (500 ml) ist aus hygienischen Gründen abzuraten. Am Ende des Tages sind angebrauchte Kontrastmittelflaschen auf jeden Fall zu verwerfen.

Dieselben Regeln wie für das Kontrastmittelsystem sind beim Druckaufnahmesystem einzuhalten. Sobald der geringste Verdacht auf Rücklauf von Flüssigkeit in das Schlauchsystem besteht, ist das gesamte System einschließlich Druckwandler aus Vorsichtsgründen auszutauschen. Um das Risiko einer Verunreinigung zu minimieren, sind lange Schlauchsysteme zu bevorzugen.

Die Kolben von Kontrastmittelinjektoren sind nach jeder Untersuchung zu verwerfen und durch neue zu ersetzen.

■ 8.3 Spezielle hygienische Maßnahmen

Bei langer Untersuchungsdauer bei erworbenen oder angeborenen Herzfehlern, Eingriffen an Herzklappen (Valvuloplastie) sowie bei größeren Implantaten (z.B. Vorhofseptum-Okkluder) sind spezielle Hygienemaßnahmen angebracht, d.h. chirurgische Händedesinfektion, Nase-/Mundschutz, Kopfhaube und Antibiotikaprophylaxe (5, 10).

Eine Herzkatheteruntersuchung an Hepatitis- oder HIV-infizierten Patienten sollte unter Anwendung von Nase-/Mundschutz, Schutzbrille und ggf. doppelten Handschuhen und Schutzschirmen erfolgen.

9. Personal

Der ärztliche verantwortliche Betreiber des Herzkatheterlabors muss die Anerkennung als Facharzt für Innere Medizin mit der Teilgebietsbezeichnung Kardiologie haben, sowie über die Fachkunde nach

RöV nachweisen. Er muss über eine mehrjährige Erfahrung in der invasiven kardiologischen Diagnostik, den interventionellen Techniken, in der kardiologischen Intensivmedizin und in der Indikationsstellung zu kardiochirurgischen Eingriffen verfügen (1, 13, 18).

Von der fachlichen Befähigung, ein Herzkatheterlabor eigenverantwortlich zu leiten, kann ausgegangen werden, wenn folgende Voraussetzungen gegeben sind:

- Nachweis einer wenigstens 3-jährigen kontinuierlichen ganztägigen Tätigkeit in der invasiven Kardiologie unter Anleitung. Der weiterbildende Arzt muss nach der Weiterbildungsordnung in vollem Umfang für die Weiterbildung im Schwerpunkt Kardiologie befugt sein.
- Selbständige Indikationsstellung, Durchführung und Befundung von wenigstens 1000 diagnostischen Katheterisierungen des linken Herzens, der Koronararterien und der großen herznahen Gefäße unter Anleitung in den letzten 4 Jahren.
- Selbständige Indikationsstellung, Durchführung und Befundung von wenigstens 300 therapeutischen Katheterinterventionen an Koronararterien unter Anleitung in den letzten 3 Jahren.

Bei in der Weiterbildung befindlichen Ärzten können diagnostische und therapeutische Herzkatheteruntersuchungen nur unter Aufsicht eines Arztes erfolgen, der über eine ausreichende persönliche Erfahrung und Kompetenz auf diesem Gebiet verfügt. Vor Beendigung der Untersuchung müssen die hämodynamischen und angiographischen Befunde von ihm auf Vollständigkeit und Aussagefähigkeit überprüft werden, um Doppeluntersuchungen zu vermeiden.

Bei Herzkatheteruntersuchungen sollte neben dem untersuchenden Arzt für evtl. auftretende Notfälle ein approbierter Arzt auf Abruf zur unmittelbaren Hilfestellung zur Verfügung stehen und bei Durchführung von therapeutischen Katheterinterventionen im Herzkatheterlabor anwesend sein. Des Weiteren sollte wenigstens eine medizinische Fachkraft im Katheterraum anwesend sein und eine weitere Fachkraft zur Bedienung der Röntgenanlage und der Registriereinheit zur Verfügung stehen. Die medizinische Fachkraft muss über spezifische Kenntnisse und Erfahrungen in der Intensivmedizin sowie der Betreuung von Patienten nach der Durchführung von Katheterisierungen verfügen.

Erst ab einer Zahl von etwa 800 diagnostischen und/oder therapeutischen Eingriffen pro Herzkatheterlabor und Jahr kann von einem genügenden Trainings- und Übungsstand des ärztlichen, pflegerischen und technischen Personals ausgegangen werden. Von den eigenverantwortlich tätigen Ärzten sollte zum Nachweis eines ausreichenden Trainings- und Übungszustandes innerhalb eines Jahres mindestens 150 Katheterisierungen, bei Durchführung von Katheterinterventionen davon mindestens 50 therapeutische Eingriffe pro Jahr gefordert werden (13).

Der Personalschlüssel errechnet sich aus Art und Anzahl der Untersuchungen, dem Personaleinsatz außerhalb der normalen Dienstzeit und der Strahlenbelastung der einzelnen Personen. Darüber hinaus ist zusätzliches Personal für die notwendigen Sekretariatsarbeiten, das Bestellwesen, die Materialbeschaffung, die Patienteneinbestellung, die Befunddokumentation und die Archivierung sowie die Korrespondenz mit den Stationen, den zuweisenden Ärzten und der herzchirurgischen Klinik erforderlich.

Literatur

1. ACC/AHA (1999) Guidelines for coronary angiography. *J Am Coll Cardiol.* 3:1757-1817
2. Anforderungen der Krankenhaushygiene bei Infusionstherapie und Katheterisierung von Gefäßen (1985) Bundesgesundhbl. 28 187. Richtlinie Krankenhausinfektion. Lieferung 7, April 1986
3. Arbeitsschutzgesetz vom 7.8.1996 (BGBl. I S. 12346) incl. der Verordnung vom 4.12.1996 (BGBl. I S. 1841) über „Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten“.
4. Brennecke R, Bürgel, U, Simon R et al (2000) Measurement of image quality differences at varying levels of data compression. *Eur Heart J* 21: 687-696
5. da Costa A et al (1998) Antibiotic prophylaxis for permanent pacemaker implantation: a meta-analysis. *Circulation* 97:1796-1801
6. Daschner F (Hrsg) (1997) Praktische Krankenhaushygiene und Umweltschutz. 2. Auflage, Springer, Berlin Heidelberg
7. Daschner FD (1999) Nosocomial infections associated with cardiac catheterization and other invasive procedures in cardiology. In: C Glen Mayhall (ed) *Hospital Epidemiology and Infection Control*. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia Baltimore New York London Buenos Aires Hong Kong Sydney, Tokyo
8. Dehmer GJ et al (1999) Lessons learned from the review of cardiac catheterization laboratories: a report from the Laboratory Survey Committee of the Society for Cardiac Angiography and Interventions. *Catheter Cardiovasc Interv* 46:24-31

9. EG-Richtlinie 90/270/EWG vom 27. 5. 1990: „Mindestvorschrift zur Sicherheit und zum Gesundheitsschutz bei der Bildschirmarbeit
10. Heupler FA JR et al (1992) Infection prevention guidelines for cardiac catheterization laboratories. Society for Cardiac Angiography and Interventions Laboratory Performance Standards Committee. *Cathet Cardiovasc Diagn* 25:260–263
11. Kerensky RA, Cusma JT, Kubilis P et al (2000) The effect of lossy compression on recognition of diagnostic features in digital coronary angiography. *Eur Heart J* 21:668–678
12. Mannebach H, Hamm Ch, Horstkotte D (2000) 15. Bericht über die Leistungszahlen der Herzkatheterlabors in der Bundesrepublik Deutschland. *Z Kardiol* 89:55–61
13. Neue Qualitätssicherungsvereinbarung zur invasiven und interventionellen Kardiologie (1999) *Dt Ärzteblatt* 96: A-2384–A-2386
14. Nissen SE, Hirsheld JW, Simon R (2000) Editorial: The international angiographic compression study. *Eur Heart J* 21:601–603
15. Ribner BS (1999) Nosocomial infections associated with procedures performed in radiology. In: C Glen Mayhall (ed) *Hospital Epidemiology and Infection Control*. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia Baltimore New York London Buenos Aires Hong Kong Sydney Tokyo
16. Richtlinie für Sachverständigenprüfungen nach Röntgenverordnung. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Regelwerk 13) (1998) *Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven*
17. Richtlinien der interventionellen Koronartherapie – Deutsche Gesellschaft für Kardiologie (1997) *Z Kardiol* 86:1040–1063
18. Richtlinien für die Durchführung invasiver elektrophysiologischer Untersuchungen (1998) *Z Kardiol* 87:502–512
19. Richtlinien zur Einrichtung und zum Betreiben von Herzkatheterräumen – Deutsche Gesellschaft für Kardiologie (1994) *Z Kardiol* 83:525–528
20. Röntgenverordnung, Entwurf Novelle RöV, Stand Oktober 2000
21. Simon R, Brennecke R, Meier B et al (1994) Recommendations for digital imaging in angiocardiology. *Eur Heart J* 15:1332–1334
22. Tuinenburg JC, Koning G, Hekking E et al (2000) The effect of varying JPEG data compression levels on the quantitative assessment of the degree of stenosis in digital coronary angiography. *Eur Heart J* 21:679–686
23. Tunevall TG (1991) Postoperative wound infections and surgical face masks: a controlled study. *World J Surg* 15 (3):383–387