

Gemeinsame Empfehlung
Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene e.V. (DGKH)
Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und
Intensivmedizin e.V. (DGAI)**

**Infektionsprävention bei
 der Narkosebeatmung
 durch Einsatz von
 Atemsystemfiltern***

Unter maßgeblicher Mitarbeit von:

**Deutsche Gesellschaft für
 Krankenhaushygiene e.V.**

A. Kramer, Greifswald
 O. Assadian, Greifswald
 G. Daeschlein, Greifswald
 N.-O. Hübner, Greifswald
 E. Dietlein, Bonn
 M. Exner, Bonn

**Deutsche Gesellschaft für
 Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V.**

R. Kranabetter, Nürnberg
 J. Rathgeber, Hamburg
 K. Züchner, Göttingen (Red.)
 M. Gründling, Greifswald
 Ch. Lehmann, Greifswald
 M. Wendt, Greifswald
 M. Graf, Regensburg
 D. Holst, Hamburg
 L. Jatzwauk, Dresden
 B. Puhmann, Berlin
 T. Welte, Hannover

A. R. Wilkes, Cardiff/Großbritannien

* Die Empfehlung wurde auch in „GMS
 Krankenhaushygiene Interdisziplinär“
 veröffentlicht:
[http://www.egms.de/static/en/journals/
 dgkh/2010-5/dgkh000156.shtml](http://www.egms.de/static/en/journals/dgkh/2010-5/dgkh000156.shtml)

** Beschluss des Engeren Präsidiums der
 DGAI vom 16.04.2010 in Bremen

Schlüsselwörter

Anforderungen an Atem-
 systemfilter – Wechsel von
 Narkoseschlauchsystem –
 Händehygiene – Desinfektion –
 Handkontaktflächen

Keywords

Requirements for Breathing
 System Filters – Changing of
 Anaesthesia Breathing System –
 Disinfection – Hand Contact
 Surfaces

Zusammenfassung

Von einer gemeinsamen Arbeitsgruppe der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene e.V. (DGKH) und der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI) wurden nachfolgende Grundsätze zur Infektionsprävention bei der Narkosebeatmung erarbeitet. Der Atemsystemfilter (ASF) ist nach jedem Patienten zu wechseln. Für die Abscheideleistung des ASF werden für luftgetragene Partikel Filtrationswerte >99%, für Flüssigkeit Retentionswerte bis zu Drücken von mindestens 60 hPa (=60 mbar) oder 20 hPa oberhalb des gewählten maximalen Beatmungsdrucks im Narkosesystem empfohlen.

Das Narkoseschlauchsystem kann bis zu 7 Tagen eingesetzt werden, sofern seine Funktionalität weiterhin gegeben ist und der Hersteller das in der Gebrauchsanweisung erlaubt.

Der sofortige Wechsel von Schlauchsystem und Handbeatmungsbeutel nach der Narkose ist erforderlich bei Vorliegen oder Verdacht einer meldepflichtigen Infektionskrankheit mit Übertragungsmöglichkeit (z.B. Tuberkulose, akute Virushepatitis, Masern, Virusgrippe), bei Infektion und/oder Kolonisation der Atemwege mit multiresistenten Erregern oder bei Infektion der oberen bzw. tiefen Atemwege.

Ebenso sind bei sichtbarer Verschmutzung, z.B. Blut, oder bei Defekt der ASF und das Narkoseschlauchsystem zu wechseln und die Atemgas führenden Komponenten des Narkosegeräts hygienisch aufzubereiten.

Die indikationsgerechte Durchführung der Händedesinfektion besitzt einen hohen Stellenwert.

Alle Handkontaktflächen an der Narkosegerätschaft sind nach jedem Patienten desinfizierend aufzubereiten.

Summary

An interdisciplinary working group from the German Society of Hospital Hygiene (DGKH) and the German Society for Anaesthesiology and Intensive Care (DGAI) worked out the following recommendations for infection prevention during anaesthesia by using breathing system filters (BSF). The BSF shall be changed after each patient. The filter retention efficiency for airborne particles is recommended to be >99% (II). The retention performance of BSF for liquids is recommended to be at pressures of at least 60 hPa (=60 mbar) or 20 hPa above the selected maximum ventilation pressure in the anaesthetic system.

The anaesthesia breathing system may be used for a period of up to 7 days provided that the functional requirements of the system remain unchanged and the manufacturer states this in the instructions for use. Breathing system and the manual ventilation bag are changed immediately after the respective anaesthesia if the following situation has occurred or it is suspected to have occurred: Notifiable infectious disease involving the risk of transmission via the breathing system and the manual bag, e.g. tuberculosis, acute viral hepatitis, measles, influenza virus, infection and/or colonisation with

a multi-resistant pathogen or upper or lower respiratory tract infections.

In case of visible contamination e.g. by blood or in case of defect, it is required that the BSF and also the anaesthesia breathing system is changed and the breathing gas conducting parts of the anaesthesia ventilator are hygienically reprocessed.

Observing of the appropriate hand disinfection is very important. All surfaces of the anaesthesia equipment exposed to hand contact must be disinfected after each case.

Präambel

In der Verantwortung der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene e.V. (DGKH) und der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGA) wurde eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe zur Erarbeitung von Empfehlungen für die Infektionsprävention bei der Narkosebeatmung durch Einsatz von Atemsystemfiltern (ASF) gebildet. Als externer Berater hat Dr. A. R. Wilkes, Cardiff, UK mitgewirkt.

Kategorisierung der Empfehlungen

Die jeweilige Evidenz der Empfehlungen wird mittels Kategorisierung gemäß der Richtlinie der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, herausgegeben vom Robert Koch-Institut Berlin, verdeutlicht. Zum Zeitpunkt der Endredaktion der vorliegenden Empfehlung war die 2010 veröffentlichte Neufassung der Kategorien des RKI noch nicht bekannt. Es bedeuten:

Kategorie I:

Nachdrückliche Empfehlung.

IA: Die Empfehlungen basieren auf gut konzipierten experimentellen oder epidemiologischen Studien,

IB: Die Empfehlungen werden von Experten und aufgrund eines Konsensusbeschlusses der Arbeitsgruppe als effektiv angesehen und basieren auf gut begründeten Hinweisen für deren Wirksamkeit. Eine Einteilung ist auch dann möglich, wenn noch keine Studien vorliegen.

Kategorie II:

Eingeschränkte Empfehlung.

Die Empfehlungen basieren teils auf

hinweisenden klinischen oder epidemiologischen Studien, teils auf nachvollziehbaren theoretischen Begründungen oder Studien.

Kategorie III:

Keine Empfehlung oder ungelöste Frage:

Maßnahmen, über deren Wirksamkeit nur unzureichende Hinweise vorliegen oder bislang kein Konsens besteht.

Kategorie IV:

Rechtliche Vorgaben.

Zielsetzung

Die Narkosebeatmung ist durch die hohe Wechselfrequenz der Patienten an den Narkosegeräten mit dem Risiko der Kreuzkontamination und nachfolgenden Infektion gekennzeichnet. Da sowohl in der CDC Guideline [1] als auch in der Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim RKI der Gesamtkomplex der Präventionsmaßnahmen nosokomialer Pneumonien behandelt wird [2], beschränkt sich die vorliegende Empfehlung auf die Auswertung des inzwischen erschienenen Schrifttums zur Anwendung von Atemsystemfiltern als Alternative zum Wechsel des Narkoseschlauchsystems nach Verwendung an einem Patienten und zur hygienischen Aufbereitung der Atemgas führenden Systeme des Narkosegeräts. Aus dieser Zielsetzung des Filtereinsatzes werden die Anforderungen an ASF und ihre Einsatzmöglichkeiten abgeleitet. Auf weitere Präventionsmaßnahmen wird nur hingewiesen, sofern sie als Voraussetzung für den sicheren Einsatz von ASF ohne Wechsel des Narkoseschlauchsystems anzusehen sind.

Anwendungshinweise

Wechsel des Atemsystemfilters

Der ASF ist nach jedem Patienten zu wechseln (IB, IV). Die Herstellerangaben bezüglich der Standzeiten sind einzuhalten (IV). Der ASF kann beim Transport des Patienten und zur Nachbeatmung auf der Intensivstation weiterhin eingesetzt werden. Für die Dauer des Einsatzes des ASF bei Nachbeatmung ohne Rückatmung, z.B. im Aufwachraum oder auf der Intensivstation, ist zu bedenken,

dass ASF in der Regel selbst keine guten Wärme und Feuchtigkeit austauschenden Eigenschaften besitzen. Bei längerer Nachbeatmung muss für ausreichende Atemgasklimatisierung Sorge getragen werden, z.B. mit HME oder aktiven Anfeuchtern.

Wechsel des Schlauchsystems

Das Schlauchsystem und der Handbeatmungsbeutel werden sofort im Anschluss an die jeweilige Narkose gewechselt, wenn folgende Situation einschließlich des Verdachts darauf vorliegt:

- meldepflichtige Infektionskrankheit nach § 6 IfSG mit Übertragungsmöglichkeit durch das Schlauchsystem und den Handbeatmungsbeutel, z.B. Tuberkulose, akute Virushepatitis, Masern (IB)
- Infektion und/oder Kolonisation mit einem dokumentationspflichtigen multi-resistenten Erreger nach § 23 IfSG, z.B. MRSA, VRE, ESBL (II)
- Infektion der oberen bzw. tiefen Atemwege (II).

Solche Patienten sollen - wenn möglich - am Ende des OP-Programms operiert werden, danach erfolgt der Austausch von Schlauchsystem und Handbeatmungsbeutel.

Bei Einhaltung dieser Maßnahmen kann das Narkoseschlauchsystem beim aktuellen Wissensstand bis zu 7 Tagen eingesetzt werden, sofern es seine übrige Funktionalität, z.B. Dichtigkeit, weiterhin erfüllt (IB) und es der Hersteller in der Gebrauchsanweisung gestattet. Des Weiteren gelten uneingeschränkt die Empfehlungen zur Prävention der nosokomialen Pneumonie [1,2].

Aufbereitung des Narkosegeräts

Wird kein ASF eingesetzt oder wurden die obigen Grundsätze nicht eingehalten, muss das Narkoseschlauchsystem nach jedem Patienten gewechselt und das Narkosekreissystem (Atemsystem) entsprechend den Herstellerangaben aufbereitet werden (IV).

Ansonsten ist beim Einsatz von ASF eine Aufbereitung des Geräteinneren (Atemsystem) nicht erforderlich.

Ausnahme: Reparatur mit Eröffnung (IB) [2].

Empfehlungen zum Einsatz von Atemsystemfiltern

Der Einsatz geeigneter ASF zwischen Endotrachealtubus und Narkosesystem und die Einhaltung geeigneter Desinfektionsmaßnahmen an allen Kontaktstellen der Narkosegerätschaft stellen, zusammen angewendet, eine sichere und kostengünstige Alternative zur Verwendung jeweils neuer oder frisch aufbereiteter Narkoseschlauchsysteme und zur Aufbereitung der Atemgas führenden Komponenten des Narkosegeräts nach jedem Einsatz am Patienten dar (IB) und tragen zur Prozessoptimierung bei.

Grundsätze

- Der ASF ist nach jedem Patienten zu wechseln (IB, IV). Die Herstellerangaben bezüglich der Standzeiten sind einzuhalten (IV).
- Für die Abscheideleistung für luftgetragene Partikel, gemessen nach ISO 23 328-1, werden Filtrationswerte >99 % empfohlen (II).
- Für die Rückhalteleistung des ASF für Flüssigkeit [25] werden Retentionswerte bis zu Drücken von mindestens 60 hPa (= 60 mbar) oder 20 hPa oberhalb des gewählten maximalen Beatmungsdrucks im Narkosesystem empfohlen (II). Dieser Wert kann sich ändern, wenn die minimale Rückhalteleistung in einem internationalen Standard definiert wird.
- Die absaugende Atemgasmessung und/oder die Atemwegdruckmessung sollen auf der Maschinenseite des ASF erfolgen (II).
- Bei der Narkosebeatmung soll ausreichende Atemgasklimatisierung gewährleistet sein; ASF allein gewährleisten das in der Regel nicht. Die Atemgasklimatisierung kann bei der Narkosebeatmung dadurch sichergestellt werden, dass der Frischgasflow so gering wie möglich gewählt wird [28,29] (IB).
- In der Pädiatrie bzw. Neonatologie ist die Atemgasklimatisierung besonders sorgfältig zu beachten. Bei kleinen Tidalvolumina ist dafür die Reduzierung des Frischgasflows allein nicht ausreichend, sie muss daher mit anderen Methoden sichergestellt werden, z.B. mit geeigneten HME, die aber möglicherweise keine oder nur begrenzte Filtrations- und Flüssigkeitsretentionseigenschaften aufweisen. Zur Vermeidung der CO₂-Rückatmung muss der Totraum bei diesen Patienten außerdem sehr gering sein; in der Neonatologie verbietet sich oft jeder zusätzliche Totraum überhaupt. In diesem Dilemma ist der Atemgasklimatisierung mit HME, ggf. als Einlage im Tubusadapter, der Vorzug zu geben und der hygienische Schutz des Patienten durch Verwendung eines neuen bzw. frisch aufbereiteten Schlauchsystems zu gewährleisten (II).
- Der Atemwiderstand der Filter sollte so gering wie möglich sein. (Ermittlung der Kennwerte gemäß ISO 9360-1 oder EN ISO 23328-2). Dabei muss beachtet werden, dass gemäß ISO 8835-245 im kompletten Schlauchsystem einschließlich ASF ein Atemwiderstand <6 hPa/l/s einzuhalten ist (<6 mbar/l/s).
- Das Totraumvolumen soll so gering wie möglich sein (Ermittlung der Kennwerte gemäß ISO EN DIN 14644-1) (Kennwerte gemäß ISO 9360-133 oder EN ISO 23328-219). Da es noch keine Norm zur Bestimmung des Totraumvolumens von ASF und HME für Atemzugvolumina <250 ml gibt, muss beim beabsichtigten Einsatz in diesem Bereich der ASF vom Hersteller dafür zugelassen sein (IV).
- Der Einsatz steriler ASF ist nicht erforderlich, eine Herstellung unter Reinraumbedingungen ist ausreichend (II). Bei mehrstündiger Operationsdauer (ab etwa 2-3 h) ist der Einsatz von Wasserfallen sinnvoll (II).
- Alle Handkontaktflächen an der Narkosegerätschaft sind gemäß den Anforderungen an die Aufbereitung von Medizinprodukten der semikritischen Einstufung A (51) desinfizierend aufzubereiten (IB).
- Bei sichtbarer Verschmutzung, z.B. Blut oder bei Defekt, sind der ASF und ebenso das Narkoseschlauchsystem zu wechseln und die das Atemgas führenden Komponenten des Narkosegeräts nach Herstellerangaben hygienisch aufzubereiten (IB).
- Zur Ausschaltung von Übertragungsrisiken bei der Narkosebeatmung sind die in der Tabelle zusammengefassten Grundsätze der Händehygiene sorgfältig einzuhalten.

Infektionsprävention bei der Narkosebeatmung durch Händehygiene [1,2].

| Maßnahme | Empfehlung | Grad der Empfehlung |
|-------------------------------|---|---------------------|
| Schulung und Training | für gesamtes Team differenziert nach Qualifizierung erforderlich | IA |
| Hygienische Händedesinfektion | vor und nach jedem Patientenkontakt sowie Kontakt mit Schleimhäuten, respiratorischem Sekret oder Gegenständen, die mit solchem kontaminiert sind | IA |
| Keimarme Einmalhandschuhe | bei Kontakt mit Schleimhäuten, resp. Sekret, kontaminierten Gegenständen | IV |
| | zur Intubation zu endotrachealem Absaugen | IA/IV IB/IV |
| | Handschuhwechsel zwischen zwei Patienten | IA |
| | sterile Einmalkatheter innerhalb desselben Absaugvorgangs bei Reinsertion mit steriler Flüssigkeit spülen, aseptische Arbeitsweise | IA |

Erläuterungen

1. Infektionsrisiken durch die Narkosebeatmung

1.1 Exogen

Freisetzung von Tröpfchenkernen bzw. Aerosolen:

Krankheitserreger können direkt vom Patienten in die Umgebung freigesetzt oder über das Personal übertragen werden. Nach Anwendung am Patienten können daher alle atemgasführenden Teile des Narkosesystems mit Krankheitserregern kontaminiert sein, wobei die höchste Belastung patientennah nachweisbar ist [3-6]. Nach Inhalationsnarkosen ohne ASF betrug die Kontaminationsrate von Narkoseschlauch- und Atemsystem 8-13 % [7-10], darunter jedoch nur selten lungenpathogene Erreger [9]. Das virale Übertragungsrisiko wird als vergleichsweise gering eingeschätzt [1,2].

In der Ära der insuffizienten Aufbereitung der atemgasführenden Teile des Narkosesystems, speziell der Endotrachealtuben und des Narkoseschlauchsystems, wurden daher vereinzelt Infektionen bzw. Ausbrüche über kontaminierte Systeme veröffentlicht [5, 11-14].

Stäube (z.B. Absorberkalkstaub, Abrieb), die mit den Narkosebeatmungsgasen transportiert werden können, haben mit ihren oft aggressiven Eigenschaften eine proinflammatorische Wirkung, wodurch sie die Schleimhautbarrieren schwächen und das Infektionsrisiko erhöhen können [15].

Eigene Aerosolpartikelmessungen im Narkoseschlauchsystem (Fraunhofer Institut) haben eine geringere Aerosolpartikelbelastung von $<0,5/\text{cm}^3$ sowohl bei trockenem als auch bei kaltem Absorberkalk ergeben [53]. Durch ASF kann eine zusätzliche Minimierung dieser Belastung erreicht werden.

Flüssigkeitsgetragene Infektion: Erregerreiche oder potenziell erregerhaltige Körperflüssigkeiten, z.B. Speichel, Blut, Sputum etc., können während der Narkosebeatmung vom Patienten in das Narkosesystem eingebracht werden [3,10,11], sofern keine geeigneten ASF

verwendet werden. Das kann durch Patientenlagerung, krankheitsbedingt vermehrte Sekretproduktion und Blutfreisetzung sowie Fehlintonation und/oder traumatische Intubation verstärkt werden. Des Weiteren wird im Rückatmungs-Narkose-Beatmungssystem durch die CO_2 -Absorption Feuchtigkeit freigesetzt, die über die Dauer des Eingriffs kondensiert. Pro Stunde fallen in einem unbeheizten Atemsystem etwa 15-20 ml Wasser an [16], das je nach Frischgasflow im Kreissystem verbleiben kann und sich vornehmlich in den tiefliegenden Beugen der Beatmungsschläuche sammelt.

1.2 Endogen

Aspiration: Während der Narkose sammeln sich erregerhaltiger Speichel, Trachealsekret und ggf. Blut mit Gefahr ihrer Aspiration.

2. Einsatz von Atemsystemfiltern

Die Verbindungsstelle von Tubus und Narkoseschlauchsystem wird sowohl von den In- als auch den Expirationsgasen bei der Beatmung durchströmt. Dies ist daher die geeignete Schnittstelle, an der durch den Einsatz von ASF der Transport von mikrobieller und partikulärer Kontamination innerhalb der Atemgas führenden Komponenten des Beatmungssystems in jede Strömungsrichtung effektiv verhindert werden kann. ASF sollen die aerogene und fluide Passage von Krankheitserregern in beide Richtungen unterbinden, den Atemwegwiderstand und -trauma nicht unphysiologisch heraufsetzen und zur Atemgasklimatisierung beitragen.

2.1 Aufbau und Funktion von Atemsystemfiltern

ASF sind für die Abscheidung von Aerosolen aus den Beatmungsgasen konstruiert. Das Filtermedium ist als dreidimensionales Tiefenfilter ausgebildet. Es wird von einem gasdichten Gehäuse umschlossen, das mit genormten Anschlussknoten einerseits die Verbindung mit dem Tubus des Patienten, andererseits mit dem Schlauchsystem ermöglicht. Klinisch relevante Kenndaten von ASF sind Totraum und Gasflusswiderstand, die nach ISO 23328-2 [19] ermittelt werden. Im Filtergehäuse können zur

Verbesserung der Atemgasklimatisierung zusätzlich wärme- und feuchtigkeits-tauschende Komponenten integriert sein, diese Kombination wird als Heat and Moisture Exchanger Filter (HME-F) bezeichnet. Beatmungsschläuche werden heute bis zu 7 Tagen an demselben Narkosebeatmungsgerät genutzt [18]. Durch Reduktion des Frischgasflow wird ein Teil des Expirationsgases über den CO_2 -Absorber geleitet. Dort bildet sich unter Wärmefreisetzung Wasser nach der Brutto Reaktionsgleichung $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

Moderne CO_2 -Absorber verbleiben bis zur kompletten Erschöpfung des Atemkalks in Betrieb. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass sich im Atemsystem größere Mengen Flüssigkeit ansammeln, in der sich eingeatmete Bakterien sogar vermehren können; Viren haben diese Fähigkeit nicht. Zur Beurteilung der Eignung von ASF müssen daher sowohl aerogene als auch fluide Transportprozesse betrachtet werden.

Aerogene Filtration: Aerosole sind eine Suspension von flüssigen oder festen Partikeln in einem Gas. Ihre meist polydisperse Verteilung kann sich über einen weiten Größenbereich erstrecken. Flüssige Partikel sind in der Regel kugelförmig, der Durchmesser wird durch die Oberflächenspannung der Flüssigkeit und den Dampfpartialdruck in der Umgebung beeinflusst. Durch Verdunsten oder Kondensation der Flüssigkeit ist die Größe flüssiger Partikel veränderlich; es können auch unterschiedlich viele Mikroorganismen in einem Tröpfchen enthalten sein. Feste Partikel können sehr unterschiedliche, unregelmäßige Formen annehmen. Die Filtration für Aerosole resultiert aus dem Zusammenwirken verschiedener Mechanismen [20]: Ist der Durchmesser des Teilchens entsprechend groß, kann es vom Filtermaterial bereits dicht an der Oberfläche zurückgehalten werden (Siebfiltration). Kleinere Partikel können auf Grund ihrer Masse den Richtungsänderungen der strömenden Trägerluft um die Filterfasern während der Passage nicht immer folgen und werden tiefer im Filtermaterial adsorbiert (Trägheitsfiltration). Noch kleinere Partikel, z.B. im Größenbereich

von Viren, unterliegen der Brownschen Molekularbewegung. Dadurch erhöht sich ihr virtueller Durchmesser, was sie wiederum in Kontakt mit dem Filtermedium bringt, wo sie ebenfalls adsorbiert werden (Diffusionsfiltration). Mit diesen Mechanismen werden die sogenannten mechanischen Filter charakterisiert. In dafür geeigneten Filtermaterialien kann die Filtrationsleistung durch Ein- oder Aufbringung elektrischer Ladung zusätzlich erhöht werden, wodurch gegenpolare Teilchen angezogen und gebunden werden (Elektretfilter). Durch die räumliche Wirkung dieser Ladungen ist bei ähnlicher aerogener Abscheideleistung eine im Vergleich zu mechanischen Filtern offenere Struktur des Filtermaterials möglich. Die durch die elektrostatischen Kräfte verstärkten Filtrationseigenschaften von Elektretfiltern werden durch Sterilisation mit Gammastrahlen aufgehoben [21]. Die Addition der beschriebenen Filtrationsmechanismen ergibt ein Abscheideverhalten, das sowohl für kleine als auch für große Partikel sehr hoch ist, allerdings bei ca. 0,1-0,3 µm ein Minimum aufweist, die sogenannte Filtrationslücke. Aerosole, die einen Durchmesser in dieser Größe, den Most Penetrating Particle Size (MPPS) aufweisen, können das Filtermedium leichter passieren. Folgerichtig muss die aerogene Filtrationsleistung von ASF mit ungeladenen Testpartikeln dieser Größe ermittelt werden. Die Ergebnisse eines solchen Tests werden daher als „worst case“-Situation angesehen und auf die Abscheideleistung für Mikroorganismen übertragen. EN ISO 23328-1 [22] beschreibt die Testmethode, mit der durch Beaufschlagung mit NaCl-Partikeln von 0,1-0,3 µm die Abscheideleistung bestimmt wird. Das National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) hat bereits 1995 die nach dieser Methode gemessenen Ergebnisse für Atemschutzmasken kategorisiert [23]: N95 Filter halten mindestens 95 %, N99 Filter mindestens 99 % und N100 Filter mindestens 99,97 % der Beaufschlagung mit MPPS-Partikeln bei einem Gasfluss von 30 L/min zurück. Wilkes [24] hat 33 unterschiedliche ASF-Modelle bei einem der Anästhesie adäquaten Gas Flow von 30 L/min nach dieser Methode

mit folgenden Ergebnissen untersucht: Von 24 Elektretfiltern erfüllten 14 nicht die N95, 8 erfüllten die N95, 2 die N99 und keiner die N100 Kategorie. Von 9 mechanischen Filtern erfüllten 4 die N99 und 5 die N100 Kategorie.

Flüssigkeitsrückhaltung: Im Gegensatz zur Gaspassage bewirkt die Passage von Flüssigkeiten durch ein ASF eine irreversible Schädigung des Filtermediums, durch die die gesamte hygienische Trennung zwischen Patient und Beatmungssystem aufgehoben wird. Mit der Flüssigkeit passieren auch darin enthaltene Mikroorganismen das beschädigte Filtermedium ungeachtet ihrer Größe oder sonstiger Eigenschaften. Der Durchbruch von Flüssigkeit durch ein ASF erfolgt nach dem „Alles-oder-Nichts-Prinzip“ und muss in der Praxis der Narkosebeatmung ausgeschlossen werden [52]. Wird die gesamte Filteroberfläche von Flüssigkeit bedeckt, könnte der Beatmungsdruck, den das Narkosegerät auf den Flüssigkeitsspiegel ausübt, die Passage durch das Filtermedium bewirken. Es muss also ein geeignetes Filter verwendet werden, das bei den durch die Beatmung erzeugten Drücken keine Flüssigkeit passieren lässt. Typischerweise sind das max. 20-30 hPa (= 20-30 mbar), die durch die im Gerät einstellbare Druckbegrenzung vorgewählt werden können. Bis heute existiert kein internationaler Standard zur Messung der Druckgrenze, bis zu der die Flüssigkeitsrückhaltung eines ASF gewährleistet ist. Cann et al. [25] haben für verschiedene ASF den Druck bestimmt, bei dem Wasser das Filtermedium passierte. Der Durchbruch erfolgte bei Elektretfiltern bei Drücken zwischen 3 und 14 hPa, wohingegen mechanische Filter erst bei Drücken zwischen 20 und 133 hPa Wasserdurchbruch zeigten. Das sind substantiell unterschiedliche, sich in den Bereichen nicht überlappende Werte.

2.2 Begründungen der Kennwerte

Vielfach wird die irreführende Bezeichnung „hydrophob“ zur Kennzeichnung des Filtermaterials und zur Klassifizierung verwendet. Damit wird oft gemeint, dass es sich um Filter mit hohen Flüssig-

keitsretentionswerten handelt. Da aber weder „hydrophob“ noch „mechanisch“ definierte Abscheideraten für luftgetragene Partikel oder Rückhaltewerte für potenziell kontaminierte Flüssigkeiten beinhalten, sollte der Gebrauch dieser Bezeichnungen nur in Verbindung mit den Kennwerten des ASF Verwendung finden.

Aerogene Abscheiderate: Es gibt keine internationale Übereinkunft über die minimal erforderliche Abscheideleistung von ASF für Krankheitserreger. In einigen Herstellerangaben findet sich eine Abscheideleistung von 99,95 % oder mehr. Lumley et al. [47] empfehlen sogar 99,9977 % und die französische Gesellschaft für Anästhesie und Intensivmedizin [48] sogar 99,9999 %. Da in diesen Arbeiten der MPPS nicht berücksichtigt wird, sind diese Angaben und Anforderungen nicht verwendbar.

Die von der Arbeitsgruppe als aerogene Abscheideleistung empfohlenen >99 % (2 log) haben ihre Rationale darin, dass auf der patientenseitigen Filterseite nach Narkosebeatmung max. 30 KBE nachweisbar waren [6]. Daraus lässt sich ableiten, dass luftgetragen nur ein Bruchteil der im Sputum enthaltenen Erregermenge transportiert wird, denn z.B. kann bei Tuberkulose im Trachealsekret bzw. Sputum ein Bakteriengehalt von 5-6 log und in der Summe bei respiratorischen Infektionen 8 log/ml erreicht werden [49]. Die im Kreissystem deponierten Mikroorganismen müssen, um zum nächstfolgenden Patienten zu gelangen, wieder aufgewirbelt werden, das gesamte Kreissystem inkl. CO₂-Absorber und den ASF in Richtung Patient passieren. In Anbetracht dieser Daten ist die empfohlene Abscheiderate von 2 log, also 4 log total, mit ausreichender Sicherheit verbunden.

Bei Narkosebeatmung von Patienten mit meldepflichtigen Infektionskrankheiten nach § 6 IfSG muss aus rechtlichen Gründen das Schlauchsystem gewechselt werden.

Bei Narkosebeatmung von Patienten mit dokumentationspflichtigen Infektionskrankheiten nach § 23 oder bei Patienten mit Infektionen der oberen bzw. tieferen

Atemwege sollte ebenfalls das Narkoseschlauchsystem gewechselt werden, um damit jedes Risiko einer Übertragung auszuschließen.

Flüssigkeitrückhaltung: Es muss ein geeignetes Filter verwendet werden, das bei den durch die Beatmung erzeugten Drücken keine Flüssigkeit passieren lässt. Um eine ausreichende Sicherheit zu erreichen, sollte die Flüssigkeitrückhaltung bis zu Drücken erfolgen, die ca. 10-20 hPa (=10-20 mbar) oberhalb der am Gerät vorgewählten Druckbegrenzung liegen.

Nach der Untersuchung von Cann et al. [25] wird die Verwendung von Elektretfiltern in der Narkosebeatmung mit starkem Kondensatanfall nicht empfohlen.

2.3 Atemgasklimatisierung

Die Beatmung mit trockenen Atemgasen führt bereits nach kurzer Zeit durch Austrocknung und Auskühlung der Schleimhaut zur Abnahme der Sekretviskosität und zur Beeinträchtigung der mukoziliären Clearance mit reduzierter Barrierefunktion, sofern keine adäquaten Maßnahmen zur Befeuchtung und Erwärmung der Atemgase durchgeführt werden [26-30]. Die Klimatisierungseigenschaften von ASF allein reichen in der Regel nicht aus, um die trockenen Atemgase aus einer zentralen Gasversorgungsanlage oder aus Druckgaszylindern ausreichend anzufeuchten. Durch die Reduktion des Frischgasflows wird ein Teil des Expirationsgases über den CO₂-Absorber geleitet. Je geringer der Frischgasflow ist, desto stärker ist die Wasserbildung und die Atemgasklimatisierung [28,29,31].

2.4 Besonderheiten in der Pädiatrie und Neonatologie

In der Narkosebeatmung von Kindern und Neugeborenen ist die potenzielle Schädigung der Atemwege durch zu trockene Atemgase noch bedeutsamer, zumal die Anfeuchtung durch Rückatmung in diesen Fällen praktisch ausgeschlossen ist. Weiterhin muss der Totraum des ausgewählten ASF bei der Beatmung beachtet werden, um unerwünschte Rückatmung von CO₂ zu vermeiden. Geeignete mechanische Filter sind für

Tidalvolumina unter 250 ml nur sehr eingeschränkt, wenn überhaupt, verfügbar. Hier muss der Atemgasklimatisierung die Priorität gegeben werden. z.B. mit HME oder aktiven Anfeuchtern. Der erforderliche hygienische Schutz kann in diesen Fällen nur durch Verwendung eines frischen Schlauchsystems für jeden dieser Patienten gewährleistet werden.

Einige in der Pädiatrie verwendete HME oder Tubusadapter verfügen über einen Messport an der Patientenseite. Hier werden entweder Messleitungen für Atemwegsdruck oder die absaugende CO₂-Messung angeschlossen. Die Atemwege werden so mit potenziell kontaminierten Geräten ohne die hygienische Barriere des ASF verbunden. Dem muss entweder durch Verwendung jeweils einer frischen Messleitung oder durch Anbringung der Messleitung auf der Maschinenseite des Filters Rechnung getragen werden.

2.5 Biokompatibilität

Ob sich die Inspirationsluft durch die Passage des ASF und des Narkoseschlauchsystems mit Rückständen aus dem Material anreichern kann, ist nicht untersucht. Dementsprechend wird die Prüfung dieser Eigenschaft bisher nicht durchgeführt.

2.6 Nutzungsdauer des Schlauchsystems und Aufbereitung des Narkosekreissystems bei Einsatz von ASF

Bisher wurde bei Einsatz von ASF ein Wechsel des Schlauchsystems nach spätestens 24 h empfohlen [2,7]. Jedoch ist auf Grund fehlender Innenkontamination des Narkoseschlauchsystems nach dem ASF auch bei 7 d Liegedauer die gleiche Sicherheit gegeben [6]. Die postoperative Pneumonierate bei wöchentlichem Wechsel unterscheidet sich nicht von der Rate bei täglichem Wechsel [34]. Allerdings muss die Funktionalität beispielsweise in Bezug auf Dichtigkeit etc. entsprechend den DGAI-Leitlinien gewährleistet sein durch

- Prüfung auf ordnungsgemäßen Zustand und Funktionsfähigkeit vor geplantelem Betrieb (Gerätecheck A)
- Prüfung auf ordnungsgemäßen Zustand und Funktionsfähigkeit bei Patientenwechsel (Gerätecheck W).

Bei bestimmungsgemäßem Einsatz von ASF ist die Aufbereitung des Geräteinneren (Atemsystem, Kreisteil) nicht erforderlich. Als Ausnahme wird die Reparatur mit Eröffnung angesehen, da dort über die Vermeidung einer potenziellen Kontamination in der Regel keine lückenlose Kontrolle besteht.

2.7 Umfeldkontamination

Bei jeder sichtbaren Verschmutzung, z.B. mit Blut, ist das Narkoseschlauchsystem zu wechseln. Der Atembeutel muss bei einer sichtbaren Kontamination desinfizierend gereinigt oder gewechselt werden [6,50]. Nach Ende des OP-Programms sind alle Handkontaktflächen der Narkosegerätschaft zu desinfizieren (IB), hierbei sind beim Einsatz von Desinfektionsmitteln die Herstellerangaben zu beachten (IV).

3. Internationale Empfehlungen zum Einsatz von Atemsystemfiltern

Niederlande: 1991 hat die niederländische Werkgroep Infectie Preventie [35] auf Grund der sich abzeichnenden AIDS-Pandemie den Einsatz mechanischer hydrophober Filter (Rückhaltevermögen >5 log) als Alternative zum Wechsel der Narkoseschläuche pro Patient empfohlen.

Großbritannien und Irland: Die Arbeitsgruppe „Blood born viruses and anaesthesia“ der Vereinigung der Anästhesisten Großbritanniens und Irlands hat u.a. auf Grund einer fraglichen Kreuzinfektion mit Hepatitis C Mitte der 90er Jahre die bis dahin gängige Praxis, Schlauchsysteme für die Patienten einer OP-Liste zu belassen, kritisch hinterfragt. Im Ergebnis stand die Empfehlung, dass Anästhesisten (nicht sterile) Einmalhandschuhe tragen sollen und entweder das Narkoseschlauchsystem nach jedem Patienten zu wechseln ist oder mechanische ASF zu verwenden sind [36].

Frankreich: Die französische Gesellschaft für Anästhesie und Intensivbehandlung hat 1997 bakterielle und virale Filter zur Anästhesiebeatmung empfohlen [37]. Drei Jahre später wurde diese Empfehlung so spezifiziert, dass ein hydrophober mechanischer HME-Filter einzusetzen ist, der mindestens einer hydrostatischen Belastung von 50 cm Wassersäule standhält [38].

USA: Die Centers for Disease Control and Prevention (CDC) empfehlen den Einsatz von Filtern in der Anästhesie bei Patienten mit bekannter TB-Infektion [39-41]. Die von der CDC empfohlenen Filter sind hydrophob und auf Rückhaltung von *Mycobacterium tuberculosis* validiert. Bei ihren Empfehlungen zur Eindämmung von SARS-Infektionen haben die CDC 2003 mangels klarer Erkenntnisse über diese neue Lungenerkrankung auf die Richtlinien zur Behandlung von TB-Patienten verwiesen [42].

Kanada: Das Gesundheitsministerium der Region Ontario hat für alle Patienten mit SARS oder SARS-Verdacht festgelegt, dass ein mechanischer Atemsystemfilter zwischen Patient und Beatmungsgerät zu platzieren ist [43].

Taiwan: Die Respiratory Society empfiehlt für die Beatmung von SARS-Patienten ausdrücklich die Verwendung eines mechanischen Filters [44].

Der Beitrag ist parallel in deutsch und englisch in *GMS Krankenhaushyg Interdiszp* 2010;5(2):Doc13DOI: 10.3205/dgkh000156 erschienen.

Literatur

- Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. Guidelines for Preventing Health-Care-Associated Pneumonia. 2003.
- Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention am Robert Koch-Institut. Prävention der nosokomialen Pneumonie. Bundesgesundheitsbl. 2000;43:302-309.
- Heeg P, Daschner F. Bakteriologische Untersuchungen an benutzten Narkosegeräten. Hyg Med 1986;11:470-472.
- Dryden GE. Risk of contamination from the anaesthesia circle absorber: an evaluation. Anesth Analg 1969;48:939-943.
- Phillips I, Spencer G. *Pseudomonas aeruginosa* cross-infection due to contaminated respiratory apparatus. Lancet 1965;2:1325-1327.
- Hübner NO, Daeschlein G, Kobayashi H, Musatkin S, Kohlheim U, Gibb A, Assadian O, Kramer A, Lehmann C. Microbiological safety and cost-effectiveness of weekly breathing circuit changes in combination with heat moisture exchange filters: a prospective longitudinal clinical survey. J Infect Chemother Jap (in rev.).
- Grote J, Vanoli C, Bühler M, Grehn M, Ruef C. Bacterial contamination of the ventilator circuit of anaesthesia apparatus during rebreathing. Hyg Med 1995;20:67-73.
- Ibrahim JJ, Perceval AK. Contamination of anaesthesia tubing – a real hazard? Anaesth Intens Care 1992;20:317-321.
- Tabel H, Wurche T, Martiny H, Kegel H, Rüden H. Mikrobiologische Untersuchungen an Beatmungs- und Narkosegeräten. Hyg Med 1986;11:352.
- Rathgeber J, Kietzmann D, Mergeryan H, Hub R, Züchner K, Kettler D. Prevention of patient bacterial contamination of anaesthesia-circle-systems: a clinical study of the contamination risk and performance of different heat and moisture exchangers with electret filter (HMEF). Eur. Anaesthesiol. 1997;14:368-378.
- Chant K, Kociuba K, Munro R, Kerridge R, Wyland M, Miller G, Turner I, Brown J, Baird L, Locarnini S, Bowden S, Kenrick KG, Maidment C. Investigation of possible patient-to-patient transmission of hepatitis C in a hospital. New South Wales Health Bull 1994;5:47-51.
- Joseph JM. Disease transmission by inefficiently sanitized anesthetizing equipment. JAMA 1952;149:1196.
- Hovig B. Lower respiratory tract infections associated with respiratory therapy and anaesthesia equipment. J Hosp Inf 1981;2:301-305.
- Olds JW, Kisch AL, Wilson JN. *Pseudomonas aeruginosa*/respiratory tract infection acquired from a contaminated anaesthesia machine. Am Rev Resp Dis 1972;105:628-632.
- Pozzi R, De Berardis B, Paoletti L, Guastadisegni C. Inflammatory mediators induced by coarse (PM2.5-10) and fine (PM2.5) urban air particles in RAW 264.7 cells. Toxicol 2003;183:243-254.
- Frankenberger H, Schulze M. Wasserdurchlässigkeit von Beatmungsfiltern. Anaesthesist 1995;44:581-584.
- Baum, J, Züchner K, Hölscher U, Sievert B, Stanke HG, Gruchmann T, Rathgeber J. Klimatisierung von Narkosegasen bei Einsatz unterschiedlicher Patientenschlauchsysteme. Anaesthesist 2000;49:402-411.
- Carter JA. The reuse of breathing systems in anaesthesia. Respir Care Clin N Am. 2006;12(2):275-286.
- European Committee for Standardization. Breathing system filters for anaesthetic and respiratory use – part 2: non-filtration aspects, EN ISO 23328-2002;2:2002.
- Thiessen RJ. Filtration of respired gases: theoretical aspects. Respir Care Clin N Am. 2006;12(2):183-201.
- Rathgeber J. Konditionierung der Atemgase bei intubierten Patienten in Anästhesie und Intensivmedizin. Habilitation Fachbereich Medizin Georg-August-Universität Göttingen, Aktiv Druck, Ebelsbach. 1997.
- European Committee for Standardization. Breathing system filters for anaesthetic and respiratory use – part 1: salt test method to assess filtration performance, EN ISO 2003;23328-1:2003.
- National Institute for Occupational Safety and Health. Respiratory Protective Devices. Code of Federal Regulations, Title 42, Part 84. Morgantown (WV). 1995.
- Wilkes AR. Measuring the filtration performance of breathing system filters using sodium chloride particles. Anaesthesia 2002;57:162-168.
- Cann C, Hampson MA, Wilkes AR, Hall JE. The pressure required to force liquid through breathing system filters. Anaesthesia 2006;61:492-497.
- Chalon J. Low humidity and damage to tracheal mucosa. Bull N Y Acad Med 1980;56:314-322.
- Chalon J, Loew DAY, Malebranch J. Effects of dry anaesthetic gases on tracheobronchial ciliated epithelium. Anaesthesiol 1972;37:338-343.
- Kleemann PP. Humidity of Anaesthetic Gases with Respect to Low Flow Anaesthesia. Anaesthesia and Intensive Care 1994;22(4):396-408.
- Kleemann PP, Jantzen JP. High fresh gas flow damages epithelia - minimal flow does not! Eur J Anaesthesiol 1992;9:149-150.
- Marfatia S, Donahoe PK, Hendren WH. Effect of dry and humidified gases on the respiratory epithelium in rabbits. J Pediatr Surg 1975;10:583-592.
- Wilkes AR. The moisture-conserving performance of breathing system filters in use with simulated circle anaesthesia breathing systems. Anaesthes 2004;59(3):271-277.
- Tablan OC, Anderson LJ, Arden NH, Breiman RF, Butler JC, McNeil MM, Pearson ML and the Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. Guideline for prevention of nosocomial pneumonia. Part I. Issues on prevention of nosocomial pneumonia. Infect Contr 1994;15:588-627.

33. International Organization for Standardization. Heat and Moisture Exchangers (HMEs) for humidifying respired gases in humans – Part 1: HMEs for use with minimum tidal volumes of 250 ml. 2000
34. Kranabetter R, Leier M, Kammermeier D, Krodel U. HME-Filter versus patientenbezogener Wechsel der Beatmungsschlauchsysteme von Narkosegeräten. Eine Kosten-Nutzen-Analyse. *Anaesthesist* 2006;5:1-7.
35. Werkgroep Infectie Preventie. Preventie van Infecties met HIV en andere Micro-Organismen bij Anesthesie en Intensive Care. Richtlijn van de Werkgroep Infectie Preventie No 46. 1991.
36. The Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland. A report received by council of the association of anaesthetists on blood borne viruses and anaesthesia. 1-6 [http://www.aagbi.org/pdf/20doc.pdf]. 1996.
37. Société française d'anesthésie et de réanimation. Recommandations concernant l'hygiène en anesthésie. Paris: Sfar (Bezugsquelle Paris 74 rue Raynouard - 75016 Paris). 1997.
38. Hajjar J, Loctin H, Goulet D. Technical requirement for purchasing a heat-and moisture-exchange filter for mechanical ventilation under anaesthesia, *Ann Fr Anesth Réanim* 2000;19:556-560.
39. CDC HICPAC. Draft Guideline for Environmental Infection Control in Healthcare Facilities. 2001.
40. Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for preventing the transmission of Mycobacterium tuberculosis in health-care facilities. *MMWR* 1994;43:1-132.
41. Jensen PA, Lambert LA, Iademarco MF, Ridzon R. Guidelines for Preventing the Transmission of Mycobacterium tuberculosis in Health-Care Settings. *MMWR* 2005;54 (RR17):1-141.
42. Bass JB, Farer LS, Hopewell PC, O'Brien R, Jacobs RF, Ruben F, Snider DE, Thornton G. Treatment of Tuberculosis and Tuberculosis Infection. *Am J Resp Care Crit Care Med* 2000;149:1349-1374.
43. Ministry of Health and Long-Term Care. Directives to all ontario acute care hospitals for high-risk procedures in critical care areas during a SARS outbreak. Directive 03-06, May 1, 2003:1-8.
44. Respiratory Society. SARS Patients Respiratory Failure Care Procedure. Taiwan. 2003.
45. ISO 8835-2: Systeme für die Inhalationsanästhesie – Teil 2: Anästhesie-Atemsysteme. 2007-08.
46. Joseph JM. Disease transmission by inefficiently sanitized anesthetizing apparatus. *JAMA*;1952;149:1196-1198.
47. Lumley J, Holdcroft A, Gaya H, Darlow HM, Adams DJ. Expiratory bacterial filters. *Lancet* 1975;3;2(7975):22-23.
48. Société Française d'Anesthésie et de Réanimation. Recommendations concernant l'hygiène en anesthésie. SFAR: Paris. 1997.
49. Johanson WG, Pierce AK, Sanford JP, Thomas GD. Nosocomial respiratory infections with gram-negative bacilli. The significance of colonization of the respiratory tract. *Ann Intern Med*; 1972;77(5):701-6.
50. Loftus RW, Koff MD, Burchman CC, Schwartzman JD, Thorum V, Read ME, Wood TA, Beach ML. Transmission of pathogenic bacterial organisms in the anesthesia work area. *Anesthesiol* 2008;109(3):399-407.
51. Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (RKI) und des Bundesinstitutes für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM). Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten. *Bundesgesundheitsbl.* 2001;44:1115-1126.
52. Bremer SJ. Entwicklung und Evaluation einer mikrobiologischen Testmethode zur Bestimmung der Keimretentionsfähigkeit von Atemsystemfiltern, *Med. Diss Göttingen.* 2005.
53. Kranabetter R, Leier M. Gesundheitsrelevanz von Aerosolpartikeln im Narkoseequipment. *Management & Krankenhaus* 2008;11:39.

Korrespondenz- adresse



**Prof. Dr. med.
Axel Kramer**

Institut für Hygiene und
Umweltmedizin
Ernst-Moritz-Arndt-Universität
Greifswald
Walther-Rathenau-Straße 49a
17489 Greifswald, Deutschland
E-Mail: kramer@uni-greifswald.de