

## Verstehe deinen Narkose-Apparat (CME 9/03)

### Understanding the anaesthetic machine

B. Klinger und P. Schmucker

Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum Schleswig Holstein, Campus Lübeck  
(Direktor: Prof. Dr. P. Schmucker)

Die Zertifizierung der freiwilligen Fortbildung anhand von Fortbildungsbeiträgen in unserer Zeitschrift können alle Mitglieder von DGAI und BDA nutzen.

Je Fortbildungsbeitrag ist ein Satz von Multiple-choice-Fragen zu beantworten. Entsprechend den Bewertungskriterien der Bundesärztekammer erhalten Sie einen Fortbildungspunkt, wenn Sie mindestens 60% der Fragen zutreffend beantwortet haben. Insgesamt können Sie mit diesem Verfahren jährlich 10 Fortbildungspunkte erzielen. Die richtigen Antworten werden unmittelbar nach Einsendeschluss in dieser Zeitschrift bekanntgegeben. Die Fortbildungszertifikate werden nach Ende jeden Kalenderjahres von der Landesärztekammer Westfalen-Lippe ausgestellt. Die Fortbildungspunkte werden auch von den anderen Ärztekammern, gemäß den jeweiligen Bestimmungen, anerkannt.

Für Nutzer des Online-Verfahrens (<http://cme.anaesthesisten.de>) ist die Zertifizierung kostenfrei. Vor der erstmaligen Teilnahme ist eine Registrierung erforderlich, bei der das Zugangskennwort vergeben wird. Auf Wunsch kann den Nutzern des Online-Verfahrens der jeweils aktuelle Stand des Fortbildungskontos automatisch mitgeteilt werden.

**Zusammenfassung:** Durch die ständig fortschreitenden Entwicklungen des physiologischen und pathophysiologischen Verständnisses auf der einen und der Möglichkeiten in der Medizintechnik auf der anderen Seite ist der „Narkose-Apparat“ heute zum komplexen Narkosearbeitsplatz geworden. Er besteht aus dem Narkosesystem in engerem Sinn mit den Systemkomponenten Gasdosierung, Narkosemitteldosierung und „Atemsystem“ als Teil des Beatmungsgerätes sowie aus Vorrichtungen zur Patientenüberwachung („Monitor“) und Datenmanagement. Die vorliegenden Betrachtungen beschränken sich auf das Narkosesystem im engeren Sinn.

Die erreichte Komplexität der Systeme fördert nicht unbedingt deren Verständnis. Trotzdem bleiben die Grundfunktionen der Narkose-Apparate, ob neu oder alt, erhalten. Auch die modernen Narkosegeräte arbeiten überwiegend auf der Basis der Rückatemsysteme: Mit Hilfe eines durch Ventile gerichteten Gasflusses („Kreissystem“) und Einschaltung von CO<sub>2</sub>-Absorbentien wird die Einstellung eines erheblich unter dem Atemzeitvolumen liegenden Frischgasflusses ermöglicht, unter fortlaufender Kontrolle der inspiratorischen Sauerstofffraktion bis auf Werte im Bereich des tatsächlichen Sauerstoffverbrauches des Patienten.

Die wechselnden Erfordernisse der Narkoseein- und Ausleitung sowie der Beatmung eines Patienten mit neuromuskulärer Blockade erfordern die kontrolliert mechanische und manuelle Ventilation sowie Modi der Spontanatmung am Narkosesystem. Entscheidend für die Anwendungssicherheit sind die in der Europäischen Norm 740 geforderten Module zur Geräteüberwachung mit Alarmsystemen zur Warnung bei Erreichen gefährlicher Ausgangswerte. Hierzu gehören

der Alarm bei Stromausfall, die Überwachung der inspiratorischen Sauerstofffraktion mit O<sub>2</sub>-Mangelalarm, ein Diskonnektionsalarm, basierend auf der Kapnometrie und der Überwachung der Beatmungsdriicke, die Überwachung des expiratorischen Atemzeitvolumens, die Messung der Narkosemittelkonzentration im Atemgas sowie auf der „Hardware-Seite“ die gasartenspezifische Farbcodierung und gasartenspezifische Konnektoren.

Gesteigerte Komplexität allgemein und im besonderen der zunehmende Einsatz EDV-gestützter Systeme können zu Störungen und Totalausfällen führen, die den unverzüglichen Rückgriff auf ein stets am Gerät verfügbar zu haltendes funktionstüchtiges Notbeatmungssystem (z.B. Ambu-Beutel) erforderlich machen.

**Summary:** Our ever-growing knowledge of physiology and pathophysiology on the one hand and the fast evolving progress in medical technology on the other has turned the anaesthetic machine into a complex working environment. The modern anaesthetic machine combines different technical features, such as the circle breathing system, gas supplies, vaporizers, ventilator as well as integrated monitoring modules and data management devices. The present review describes the main components and functions of the anaesthetic machine.

The complex technical arrangement of devices on the anaesthetic machine does not simplify the understanding of it. Nevertheless, the basic functions of the anaesthetic machine remain the same: Most of the machines operate in the rebreathing mode. The direction

of the gas flow is controlled via unidirectional valves. In combination with CO<sub>2</sub> absorption and continuous monitoring of the inspired oxygen concentration, the fresh gas flow can be lowered to approximate the level of the patient's oxygen consumption.

The specific needs of modern anaesthesia require ventilatory modes for controlled and manual ventilation as well as for spontaneously breathing patients. As stated in the European Norm 740, safety standards require the integration of warning devices, e.g. for power failure, inspired oxygen concentration, disconnection (based on pressure monitoring and capnography), expired minute volume and concentration of inspired inhalational agents. Furthermore, colour

coding and shape-coded connectors are needed to meet the safety requirements for gas supply.

The inherent complexity of these systems and the increasing use of digital technology are in themselves potential causes of malfunction or complete failure of the anaesthetic machine. Having an emergency ventilation device such as the Ambu bag available next to the anaesthetic machine is therefore a mandatory requirement.

**Schlüsselwörter:** Beatmungsgerät – Verdampfer – Sauerstoffverbrauch – Kapnographie – Spirometrie

**Keywords:** Ventilators – Vaporizers – Oxygen Consumption – Capnography – Spirometry.

Von einem der Pioniere der Anästhesie, Sir *Robert Macintosh*, wird der Satz überliefert, dass die Narkose und die dabei verwendeten Gerätschaften einfach sein müssten, da der Anästhesist nur auf diese Weise sein Tun jederzeit in vollem Umfang kontrollieren könne. Die aktuelle Entwicklung auf dem Gebiet der Narkosegeräte, die vermutlich noch längst nicht abgeschlossen ist, bewegt sich konträr zu diesem Diktum. Die Anästhesie-Arbeitsplätze haben durch die Integration von mechanischen, pneumatischen und in letzter Zeit vor allem elektronischen Bauteilen einen Grad der Komplexität erreicht, der einerseits intuitiv immer schwerer durchschaubar ist und andererseits zwangsläufig dazu führt, dass häufig Störmeldungen und Gerätebeeinträchtigungen mit der Notwendigkeit der Reparatur und damit des Ersatzes des verwendeten Narkosegerätes auftreten. Diese Probleme sind der Preis für eine enorme Ausweitung der Funktion der Geräte und Verbesserung der Patientenversorgung durch ihre Anwendung. Auf die von *Macintosh* postulierte Einfachheit des Verfahrens muss im Endeffekt dennoch nicht verzichtet werden: Immer dann, wenn Unsicherheiten beim Anästhesisten oder Störungen beim Gerät auftreten, kann auf die fundamentale Funktion einer Beatmung mit dem an jedem Arbeitsplatz vorzuhaltenden Notbeatmungsbeutel (Ambu®-Beutel) und eine Überwachung anhand klinischer Zeichen zurückgegriffen werden, so lange, bis die Störung behoben oder das Gerät ersetzt ist.

Obgleich eine ganze Reihe von integrierten Anästhesie-Arbeitsplätzen angeboten wird, kann doch grob zwischen dem eigentlichen Narkose-Apparat mit den Systemkomponenten Gasdosierung, Narkosemitteldosierung und Beatmungsgerät, der der Gas- und Narkosemittelzufuhr sowie der Beatmung dient, und einem Monitorteil zur Patienten- und Geräteüberwachung getrennt werden.

Das Narkosesystem, bestehend aus der Teilkomponente Atemsystem des Beatmungsgerätes und der Narkosemitteldosierung, ist Voraussetzung für die Zufuhr von Narkosegasgemischen zum Patienten und somit Grundbestandteil der Inhalationsanästhesie.

Die Geräteüberwachung beinhaltet: Messung von Gaskonzentrationen, Drucken, Volumina und Narkosemittelkonzentrationen.

Zur Patientenüberwachung gehören: Kapnometrie, Pulsoximetrie, EKG, Blutdruckmessung (nicht-invasiv/invasiv), HZV-Messung, Temperaturmessung, EEG etc..

Diese erste Übersicht verdeutlicht schon den erheblichen Themenumfang eines Narkose-Apparates im Sinne eines integrierten Narkosearbeitsplatzes.

Daher konzentriert sich der vorliegende Artikel auf das Anästhesie-Beatmungsgerät.

Die Komponenten eines Beatmungsgerätes sind :

- Atemsystem,
- Steuerung,
- Antrieb und
- Hubvolumendosierung.

Das Atemsystem verbindet das Beatmungssystem mit dem Patienten.

Die Steuerung bestimmt die zeitliche Folge und Dauer der Volumenverschiebung.

Der Antrieb drückt das Hubvolumen aus dem, z.B. Balg oder Kolben/Zylindereinheit pneumatisch oder elektrisch heraus.

## Atemsysteme

Die Atemsysteme können in die Klassen der „Nicht-Rückatemsysteme“ und „Rückatemsysteme“ unterteilt werden.

Beim „Nicht-Rückatemsystem“ wird dem Patienten ausschließlich Frischgas zugeführt und das gesamte Expirationsgas weggeleitet.

Die Rückatemsysteme können nach der klassischen Nomenklatur weiter unterteilt werden in die Klassen der halboffenen, halbgeschlossenen und geschlossenen Rückatemsysteme.

Bei den halboffenen und halbgeschlossenen Systemen handelt es sich um Überschusssysteme, wenn man in

## Übersichten / Review articles

die Betrachtung das Angebot an  $O_2$ ,  $N_2O$  und Narkosemittel im Vergleich zum Uptake durch den Patienten mit einbezieht. Im halboffenen System findet keine Rückatmung statt.

Im geschlossenen System entsprechen Angebot an  $O_2$ ,  $N_2O$  und Narkosemittel dem Uptake des Patienten. Bei halbgeschlossenem und geschlossenem System handelt es sich um Rückatemsysteme.

Beim „Rückatemsystem“ atmet der Patient einen Teil des ausgeatmeten Gasmischtes wieder ein, dabei befreit der  $CO_2$ -Absorber das Atemgas vom  $CO_2$ , nur ein Teil des Expirationsgases wird fortgeleitet. Bei den Rückatemsystemen ist zu unterscheiden zwischen Pendel- und Kreissystemen, wobei Pendelsysteme aus der Praxis weitgehend verdrängt sind und daher hier keine weitere Betrachtung finden sollen.

Bei Kreissystemen wird der Anteil der Rückatmung am Atemzeitvolumen durch die Höhe des Frischgasflusses vorgegeben. Sofern die technischen Voraussetzungen gegeben sind, liegt es somit in der Hand des Anwenders, ob er das Kreissystem als halboffenes, halbgeschlossenes oder geschlossenes System nutzt (nutzungsabhängige Klassifizierung). Für die Anästhesie mit niedrigen Frischgasflüssen (FGF) wird der Begriff „Low-flow-Anästhesie“ bis herunter zu 1 l/min FGF verwendet, der Begriff „Minimal-flow-Anästhesie“ bei einem FGF zwischen 0,5 l/min und 1 l/min. Die vorteilhaften Konsequenzen der Anästhesien mit niedrigem Frischgasfluss sind geringere Kosten für Gase und volatile Anästhetika, geringere Umweltbelastung, verbesserte Atemgasanfeuchtung und Atemgastemperierung.

„Nicht-Rückatemsysteme“ finden hauptsächlich bei Langzeitbeatmung vor allem auf der Intensivpflegestation Anwendung.

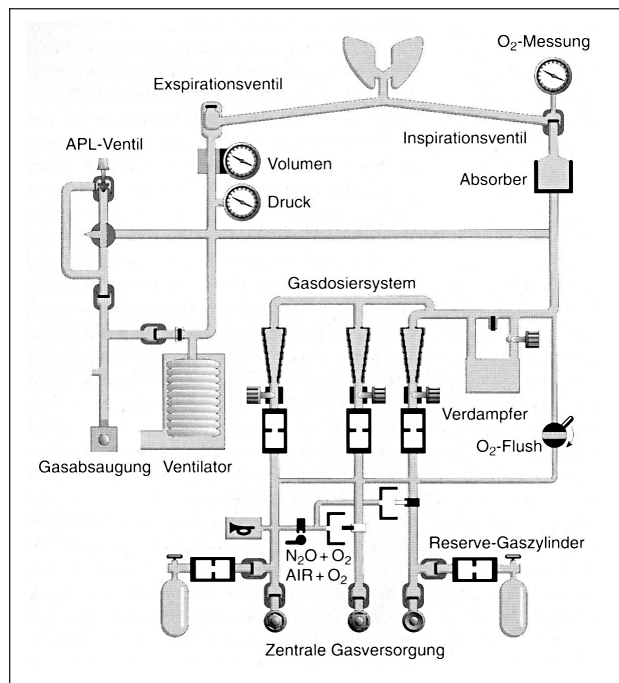
Anhand des Inhalationsnarkosegerätes mit Ventilator, Sulla 808 V der Firma Dräger, sollen einige grundlegende Eigenschaften und Probleme von Rückatemsystemen erwähnt werden. Das Funktionsschema ist in der Abbildung 1 dargestellt.

### Grundfunktion

Das Inhalationsnarkosegerät Sulla 808V besitzt einen zeitgesteuerten Ventilator. Dabei erfolgen die Steuerung und der Antrieb pneumatisch. Das Gerät ist mit fallendem Balg und Rückatemsystem, welches hier als Kreissystem realisiert ist, ausgestattet.

Das Frischgas wird über das Gas-Dosiersystem und ggf. das Anästhesiemittel-Dosiersystem oder den  $O_2$ -Flush (ca. 55 l/min  $O_2$  unter Umgehung von Messröhrenblock und Vapor) in das System eingespeist.

Das entsprechend dem Druckgefälle einströmende Gas fließt, je nach Moduseinstellung am Ventilator, in den Handbeatmungsbeutel oder den Balg und zum Patienten. Durch zwei nicht angesteuerte Rückschlagventile, allgemein bekannt als In- und Expirationsventil, wird der Gasfluss zum und vom Patienten in seiner Flussrichtung festgelegt.



**Abbildung 1:** Funktionsschema des Inhalationsnarkosegerätes mit Ventilator, Sulla 808 V der Firma Dräger, Lübeck (nach 5).

Durch den im Seitenschluss angebrachten Handbeatmungsbeutel oder alternativ zu diesem durch das Beatmungsgerät wird im Kreissystem intermittierend ein Überdruck erzeugt und die Beatmung des Patienten ermöglicht.

Das Einschalten des Beatmungsgerätes ist obligatorisch mit der Trennung des Handbeatmungsbeutels vom System verknüpft. Es handelt sich damit um ein Narkose-Beatmungsgerät ohne Gasreservoir.

Das Beatmungsgerät „Ventilog“ ist dem Typus „Bellows in Box“ oder „Bellows in Bottle“ mit hängendem Faltenbalg zuzurechnen. Der oben mit dem Rückatmungssystem verbundene, zur expiratorischen Entfaltung an seiner Unterseite beschwerte Faltenbalg hängt in einer primären Kammer und wird durch Aufbau eines Überdruckes im Primärsystem komprimiert.

Bei Ausgleich dieses Überdruckes im Primärsystem entfaltet sich der Balg passiv aufgrund seines Eigengewichtes, bis das untere Ende an der mechanischen Hemmung, welche der Einstellung des Atemzeitvolumens dient, anschlägt [5].

Kommt es aufgrund eines im Vergleich zum Gasverbrauch durch den Patienten (oder zum Gasverlust durch eine Leckage im System) zu niedrig eingestellten Frischgasflusses zu einem Mangel an Atemgas im Rückatemsystem, so kann sich der hängende Balg nicht vollständig bis zum Anschlag an die mechanische Hemmung entfalten. Er kommt damit expiratorisch freihängend zum Stillstand, so dass das Eigengewicht des Balges zu einem Unterdruck im Atemsystem führt. Die daraus resultierende Wechseldruckbeatmung führt, wenn nicht bemerkt und für längere Zeit beste-

hend, zu Atelektasen und einer Beeinträchtigung des pulmonalen Gasaustausches.

Zudem erschwert der hängende Balg das Erkennen einer Diskonnektion. Werden z.B. Tubus und Y-Stück voneinander diskonnektiert, so wird Raumluft durch den sich entfaltenden Balg angesaugt. Das Volumeter, wie in Abbildung 1 angeordnet, wird weiter ein entsprechendes Hubvolumen oder Atemminutenvolumen angeben. Die Diskonnektion lässt sich über die Druckmessung (Abb. 1) erkennen.

Zusammengefasst sind die Vorteile des hängenden Balges die Selbstfüllung und praktisch widerstandslose Ausatmung. Nachteile sind die möglichen negativen Druckspitzen (Wechseldruckbeatmung) und das erschwerte Erkennen einer Diskonnektion nur über die Druckmessung.

Bei regulärer Funktion des Systems strömt das durch den Frischgasfluss erzeugte überschüssige Atemgas während der Expiration über das Expirationsventil zum „Überschussgasabströmventil“, einem Rückschlagventil, in die Narkosegasabsaugung ab. Übrigens ist dieses widerstandsarme Rückschlagventil für den gerätebedingten expiratorischen Widerstand bei der Spontanatmung verantwortlich.

#### **Frischgasfluss, Frischgasflowkompensation, Frischgasentkopplung (technische Ausführungsvariante der Frischgasflowkompensation)**

Bei vielen Narkosebeatmungsgeräten wird das Frischgas kontinuierlich sowohl während Inspiration als auch Expiration in das System eingespeist. Während dieses Frischgas während der Expiration den Faltenbalg füllt bzw. im Überschuss über das Expirationsventil und Überschussgasabströmventil abströmt, wird bei diesen Geräten das während der inspiratorischen Phase zugeleitete Frischgas dem Patienten zusätzlich zu dem am Beatmungsgerät eingestellten Atemvolumen zugeführt. Geht man von einem Frischgasfluss von sechs Litern pro Minute bei einer Atemfrequenz von 10 pro Minute und einem Atemzeitverhältnis (I:E) von 1:2 und damit von einer Dauer der einzelnen Inspiration von zwei Sekunden aus, so kommt der Frischgasfluss während 20 Sekunden pro Minute zur Wirkung und führt zu einer Erhöhung des Atemminuten-Volumens um ein Drittel des Frischgasflusses, also um zwei Liter pro Minute. Zur Kompensation dieser Tatsache ist die Skalierung am Steuerteil des Narkose-Beatmungsgerätes, beispielsweise an den Narkosebeatmungsgeräten Ventillog 1 und Ventillog 2 (Drägerwerk, Lübeck) auf einen Frischgasfluss von vier Litern pro Minute eingestellt. Bei Einstellung und Frischgasfluss wie angeführt ergibt sich ein Frischgasfluss bedingter Überschuss an Atemzeitvolumen von 0,66 Litern pro Minute. Hier ist andererseits jedoch zu beachten, dass bei niedrigeren Frischgasflüssen als vier Litern pro Minute das am Gerät eingestellte Atemzugvolumen entsprechend unterschritten wird. Dies trifft natürlich insbesondere bei der Anästhesie mit niedrigem Frischgasfluss zu. Bei Messung der endexpiratorischen Kohlendioxid-Konzentrationen mit der Möglichkeit einer entsprechenden Nachstellung des Gerätes sind diese Ab-

weichungen natürlich als wenig bedeutend einzuschätzen. Trotzdem wird in den Betriebsanleitungen für den Ventillog 2 (Drägerwerk, Lübeck) ab 1988 der bestimmungsgemäße Einsatz dieses Gerätes dahingehend festgelegt, dass ein Frischgasfluss von mindestens zwei Litern pro Minute gefordert wird. Die Berechtigung dieser Einschränkung ist nicht unbestritten geblieben. Die Abhängigkeit des Atemhubvolumens vom Frischgasfluss wird in verschiedenen vor allem neueren Anästhesie-Beatmungsgeräten auf unterschiedliche Weise kompensiert. Als „klassisch“ darf das Frischgas-Entkopplungsventil bezeichnet werden, einer auch bei neuesten Narkosearbeitsplätzen verwendeten technischen Variante der Frischgasflowkompensation. Hierbei wird durch ein pneumatisch oder elektronisch gesteuertes Ventil die Frischgaszufuhr während der Inspirationsphase unterbrochen oder in ein Gasreservoir wie etwa den Handbeatmungsbeutel umgeleitet. Letztere Technik findet u.a. bei den Geräten AV 1, Cato, Cicero und Sulla mit Ventillog 3, erstere bei dem Gerät Julian, alle Drägerwerke, Lübeck, Anwendung. Bei Geräten mit Nicht-Rückatemsystemen wie dem Servo Anaesthetie-System, Siemens-Elema, Solna, Schweden, bietet sich die elektronisch gesteuerte Zuführung des Frischgases in das Atemsystem ausschließlich während der Inspirationsphase an, da der Frischgasfluss mit dem Atemzeitvolumen identisch ist. Geregelt wird der inspiratorische Gasflow über das Inspirationsventil, welches mit einem kontinuierlich messenden Durchflusswandler rückgekoppelt ist.

Eine weitere Möglichkeit passt quasi in umgekehrter Weise wie bei der klassischen Frischgasentkopplung das vom Gerät dosierte Atemzeitvolumen dem elektronisch gemessenen Frischgasfluss an. Voraussetzung ist die elektronische Messung des dem Patienten während der Inspirationsphase zugeführten Atemzugvolumens und die Umschaltung auf Expiration nach Erreichen des vorgegebenen Wertes. Diesem Prinzip folgen verschiedene Anästhesieventilatoren der Firmen Gambro Engström, Ohmeda und Datex Engström.

#### **Inspirations- und Expirationsventil**

Die klassischen Ventile, insbesondere der Narkosegeräte der Drägerwerke, Lübeck, bestehen aus runden Glimmer- oder Keramikplättchen mit einem Durchmesser von wenigen Zentimetern, die sich innerhalb eines Käfigs bewegen können und durch den Druck im Atemsystem entweder angehoben werden und so den Strom frei geben oder der Unterlage angedrückt werden und auf diese Weise den Gasstrom sperren. Während eine seitliche Bewegung durch in die Unterlage der Ventilplättchen seitlich eingelassene Metallstifte weitgehend ausgeschlossen ist, kann bei den älteren Geräten die Abdeckung des Ventilkäfigs abgeschraubt und das Plättchen herausgenommen werden. Voraussetzung für die korrekte Funktion ist damit zunächst, dass überhaupt Ventilplättchen an ihrem Ort sind und nicht bei der Wartung der Maschine entfernt und versehentlich nicht wieder eingesetzt wurden. Voraussetzung ist ferner, dass die

Ventilplättchen intakt sind und nicht Defekte etwa durch einen Riß aufweisen. Ebenso wie bei einem verbogenen Seitenstift, der das Ventilplättchen festklemmt, so dass es sich nicht korrekt bewegen kann, führt ein solcher Substanzdefekt dazu, dass eine korrekte Kreisatmung nicht mehr stattfindet und Pendelluft auftritt: Bei der Expiration kann kohlendioxidhaltige Luft in den Inspirationsteil des Systems eintreten. Dies kann zu einer CO<sub>2</sub>-Akkumulation führen.

Weitere Voraussetzung für eine korrekte Ventilfunktion ist eine dichte Verschraubung der das Ventil nach oben hin abdeckenden Teile. Auf die Tatsache, dass bei den älteren Geräten das Inspirationsventil mit einem weiten Konus auf den CO<sub>2</sub>-Absorber aufgesteckt ist, in dieser Position sehr leicht disloziert wird und dennoch auf den ersten Blick korrekt auf den Absorber aufgesetzt erscheint, wodurch sich eine der häufigsten Prädilektionsstellen für Leckagen des Systems ergibt, sei hier nur beiläufig hingewiesen. Die Integrität und Funktionsfähigkeit unidirektionaler Ventile ist Grundvoraussetzung für die korrekte Arbeitsweise von Atemsystemen, d.h. nicht nur die hier angesprochenen Ventilausführungen können Probleme bereiten, sondern prinzipiell auch andere Varianten können Funktionsstörungen aufweisen, wie z.B. durch Verkleben und Zerstörung.

#### CO<sub>2</sub>-Absorber

Die Verwendung von Rückatem-Systemen, bei denen die Anwendung eines Frischgasflusses unterhalb des Atemzeitvolumens möglich ist, setzt zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Akkumulation im Anästhesie-Atemsystem die Verwendung von CO<sub>2</sub>-Absorbern voraus. Hauptbestandteile der derzeit in Deutschland verfügbaren Atemkalk sind: Ca(OH)<sub>2</sub> (bis ca. 80%), NaOH (bis ca. 4%) und H<sub>2</sub>O (bis ca. 18%).

Bis zum Jahr 2000 war KOH Bestandteil des in Deutschland vertriebenen Natriumkalkes.

Durch Umsatz von CO<sub>2</sub> mit dem Calciumhydroxyd unter Reaktionsbeschleunigung durch Natrium- und Kaliumhydroxyd entstehen als Reaktionsprodukte vor allem CaCO<sub>3</sub> und Wasser. Da die Reaktion exotherm ist, führt die Verwendung von CO<sub>2</sub>-Absorbern nicht nur zur Elimination von CO<sub>2</sub> aus dem Atemsystem, sondern auch zur Temperierung und Anfeuchtung des Atemgases. Voraussetzung für die Erfüllung seiner Funktion ist somit, dass der Atemkalk eine chemisch reaktive Substanz ist. Dies trifft unter bestimmten Umständen jedoch nicht ausschließlich für die erwünschte Reaktion mit CO<sub>2</sub> zu.

Vor allem bei der Verwendung neuerer volatiler Anästhetika wie Sevoflurane und Desflurane sind chemische Reaktionen berichtet worden, die zur Entstehung von unerwünschten Substanzen im Atemsystem führen können [10].

Die volatilen Anästhetika zeigen dabei unterschiedliche Reaktionen.

Folgende unerwünschte Reaktionsprodukte von Atemkalk mit volatilen Anästhetika können sein:

Compound „A“ bei Reaktion mit Sevofluran, Formaldehyd und Methanol bei Reaktion mit Sevofluran, Compound „BCDEF“ bei Reaktion mit Halothan und CO bei Reaktion mit Desfluran, Enfluran, Halothan, Isofluran und Sevofluran.

Die Kohlenmonoxidbildung geschieht durch Interaktion mit trockenem Natriumkalk. Die Formaldehydbildung ist bei trockenem Kalk besonders ausgeprägt. Als Hauptreaktionspartner für die Compound „A-F“ und Formaldehydbildung stellten sich KOH und NaOH heraus, besonders ausgeprägte Reaktionen wiederum bei ausgetrocknetem Atemkalk [11].

Insbesondere bei der Narkose mit niedrigem Frischgasfluss, bei welcher das System im Verlauf der Anästhesie nicht oder nur selten durch höheren Frischgasfluss gespült wird, können auch geringe Mengen dieser Substanzen akkumulieren und u.U. auf den Patienten einwirken. Halothan und Sevofluran werden an dem ausgetrockneten Atemkalk unter stark exothermer Reaktion und damit deutlicher Erwärmung des Absorbers vollständig zu den genannten Haloalkenen umgebaut. Diese Reaktion nimmt ebenso wie die unter niedrigem Frischgasfluss besonders gefährliche Kohlenmonoxid-Bildung bei auch nur geringem Feuchtigkeitsgehalt des Atemkalkes erheblich ab.

Kalziumhydroxydkalk (Ca(OH)<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub> und H<sub>2</sub>O) zeigt praktisch keine unerwünschten Reaktionen mit Inhalationsanästhetika, weder in ausgetrocknetem Zustand noch bei normalem Wassergehalt.

Die üblichen Atemkalkbehälter fassen etwa 1.000 g der Substanz und können stöchiometrisch etwa 260 Liter CO<sub>2</sub> absorbieren. Zur Sicherheit werden häufig noch zwei CO<sub>2</sub>-Absorber hintereinander oder aber die sog. „Jumbo-Absorber“ mit einem höheren Fassungsvermögen von 1,5 bis 2 Litern verwendet. In der Regel enthält der Atemkalk einen Farbindikator, der den vollständigen Umsatz des Absorbers und damit die Erschöpfung seiner Funktion durch Farbumschlag anzeigt, z.B. durch Umschlag von der weißen natürlichen Farbe des Absorbers nach blau beim Zusatz von Äthylviolett. Hierbei ist zu beachten, dass dieser Farbumschlag nicht mit hinreichender Zuverlässigkeit auftritt.

Somit ist sowohl wegen der genannten möglichen unerwünschten chemischen Reaktionen der volatilen Anästhetika am Atemkalk als auch wegen der Gefahr der Erschöpfung der Absorptionsfunktion für CO<sub>2</sub> eine besondere Vorsicht im Umgang mit dem Atemkalk geboten, wenngleich sich letztere Gefahr der Erschöpfung der Absorptionsfunktion bei der Messung der CO<sub>2</sub>-Konzentration im Atemsystem relativiert. Zur Vermeidung der unerwünschten chemischen Reaktionen sind umfangreiche Anwendungsempfehlungen für Atemkalk publiziert worden mit dem Ziel, eine Austrocknung zu verhindern [9].

## Vorschriften und Empfehlungen zum Narkose-Arbeitsplatz

Rechtlich ist die Gestaltung des Narkose-Arbeitsplatzes im engeren Sinn durch die seit dem 02.03.1998 gültige Europäische Norm EN 740 „Anästhesie-Arbeitsplätze und ihre Module – Besondere Festlegungen“ geregelt [1]. Bei der Neuanschaffung von Narkosegeräten ist die EN 740 zu beachten, alle seit dem 01.06.1991 neugefertigten oder in Betrieb genommenen Narkosegeräte entsprechen wegen der zu diesem Zeitpunkt gültigen DIN 13.252 A1 weitgehend den sicherheitstechnischen Erfordernissen der EN 740. Festzuhalten ist jedoch, dass vor 1990 in Betrieb genommene Geräte weiterbetrieben werden dürfen. Es ist damit nicht auszuschließen, dass in einem anästhesiologischen Bereich mehrere Geräte mit jeweils unterschiedlicher sicherheitstechnischer Ausstattung nebeneinander betrieben werden. Bei den geltenden gesetzlichen Vorschriften wird besonderer Wert auf die Ausstattung des Anästhesie-Arbeitsplatzes mit Überwachungs- und Alarmmodulen sowie Schutzmodulen gelegt mit dem Ziel, eine geräteseitige Absicherung gegen „gefährliche Ausgangswerte“ sicherzustellen.

Zu Alarm- und Sicherungsmodulen zählen:

- Alarmsignal bei Stromausfall
- Gasartenspezifische Farbcodierung
- Gasartenspezifische Anschlüsse und Konnektoren
- Sauerstoffmangel-Alarm
- Lachgassperre
- O<sub>2</sub>-Flush-Ventil
- Sauerstoffverhältnis-Regelung (ORC = Oxygen Ratio-Controller)
- Überwachung der insp. O<sub>2</sub>-Konzentration
- Überwachung der Atemwegsdrücke
- Diskonnektions-Alarm
- Überwachung des Expirationsvolumens
- Kapnometrie
- Narkosemittel-Konzentrationsmessung im Atemgas.

### Elektrischer Strom

Die neueren Geräte mit einem hohen Anteil an Elektronik reagieren auf Stromausfall mit einem akustischen Warnsignal. Bei älteren Geräten, in denen nur einzelne Funktionen elektronisch geschützt sind, ergibt sich ein Alarmsignal bei Stromausfall in unterschiedlicher Weise. So zeigt das Messgerät „Capnosat“ für Pulsoximetrie und Kapnometrie der Firma Dräger den Stromausfall gar nicht durch Alarm an, der Dräger-„Barolog“ markiert Stromausfall lediglich durch einen diskreten intermittierenden Piepton. Es empfiehlt sich, die Reaktion des konkret gebrauchten Gerätes auf Stromausfall durch Abkoppeln vom Stromnetz zu überprüfen.

### Gas

Neben elektrischem Strom muss der Beispiel-Narkose-Apparat (Abb. 1) mit Gasen versorgt werden,

sowohl für Antrieb und Steuerung des Gerätes als auch für die Zufuhr zum Patienten. Die Drücke der in Krankenhäusern üblichen zentralen Gasversorgung betragen 2,7 - 5,5 bar. Falls Gaszylinder benutzt werden liegen, die Ausgangsdrücke für O<sub>2</sub> bei 200 bar und für N<sub>2</sub>O bei 50 bar. Im Narkose-Apparat werden die Drücke bis auf 1,5 bar reduziert, d.h. ab hier kann man von einem Niederdrucksystem sprechen.

### Gasartenspezifische Farbcodierung

Zur Vermeidung von Verwechslungen und zur intuitiven Identifizierung von Schlauchleitungen, Anschlüssen und Steuerteilen sind die gasführenden Teile von Narkosegeräten mit gasartenspezifischen Farbcodierungen versehen. Aufgrund der aktuellen Gesetzeslage können sich jedoch gerade daraus Probleme ergeben, da derzeit unterschiedliche Farbcodierungen zulässig sind.

Gemäß der Regelung für den Übergang von der Medizingeräte-Verordnung auf das Medizin-Produkte-Gesetz konnten bis zum 13.06.1998 Anästhesiegeräte entsprechend den Anforderungen der Medizingeräte-Verordnung in Verkehr gebracht oder in Betrieb genommen werden. Sie mussten dann in ihrer Bauart den technischen Spezifikationen der am 31.12.1994 geltenden Nationalen Norm DIN 13.252 A1 entsprechen und demnach eine Farbcodierung entsprechend DIN (Tab. 1) aufweisen. Diese Geräte dürfen ebenso wie zu einem früheren Zeitpunkt in Betrieb genommene mit der gleichen Farbcodierung weiterbetrieben werden. Andererseits ist es seit dem 01.01.1995 auch zulässig, Anästhesiegeräte mit dem CE-Kennzeichen entsprechend MPG in den Verkehr zu bringen und in Betrieb zu nehmen. Damit ist die Auslieferung von entsprechend der Europäischen Norm bzw. der damit identischen ISO-Norm farbcodierten Geräten bereits jetzt zulässig. Somit ist prinzipiell der Fall möglich, dass Geräte mit unterschiedlicher Gasarten-Farbcodierung nebeneinander in einer Klinik betrieben werden.

Da die Herstellerfirmen zunehmend nur noch Geräte produzieren und ausliefern, die nach EN 1089 bzw. ISO farbcodiert sind, ist auf diesen Punkt bei der Neuanschaffung von Geräten besonders zu achten.

In der EN 740 ist eine gasartenspezifische Farbkennung nur optional gefordert.

Alternativ ist auch eine farbneutrale Kennung durch Beschriftung der Gasanschlüsse und Einstellelemente mit dem Namen des Gases oder dem chemischen Symbol entsprechend EN 739 möglich (schwarze Schrift - weißer Grund oder weiße Schrift - schwarzer Grund).

Um Verwechslungen zu vermeiden, wird von der DGAI empfohlen, beim Weiterbetrieb von nach DIN 13.252 codierten Altgeräten im gleichen Bereich nur Neugeräte mit der farbneutralen Variante der EN 1089 zu betreiben [2].

### Gasartenspezifische Anschlüsse und Konnektoren

Die Steck- und Schraubverbindungen, welche die Konnektion zwischen der zentralen Gasversorgung-

**Tabelle 1:** „Alte“ und „neue“ gasartenspezifische Farbcodierungen im Vergleich.

	DIN 13.252	EN 1089	
Sauerstoff	blau	weiß	od. farbneutral
Lachgas	grau	blau	od. farbneutral
Luft	gelb	weiß/schwarz	od. farbneutral
Vakuum	farblos	farblos	

anlage und dem Narkosegerät gewährleisten, müssen im technischen Design gasartenspezifisch und verwechslungssicher ausgelegt sein. Derzeit ist hierfür noch die DIN 13.269/2 gültig. Die vorläufige Europäische Norm prEN 737/6 ist noch nicht endgültig ratifiziert. Aus diesem Grund können derzeit Geräte mit Verbindungen entsprechend der alten Nationalen Norm problemlos weiterbetrieben werden (etwa 95% der Geräte in Deutschland sind entsprechend ausgelegt).

#### Sauerstoffmangel-Alarm

Auch bei vielen Geräten älterer Bauart wird eine Unterbrechung der Sauerstoffzufuhr aus der zentralen Gasversorgungsanlage oder einer Reservegasflasche zum Gerät mit dem entsprechenden Druckabfall im sauerstoffführenden Leitungssystem durch ein lautes akustisches Alarmsignal gekennzeichnet. Es ist darauf zu achten, dass gerade bei den älteren Geräten dieses Alarmsignal pneumatisch ausgelöst wird und somit aufhört, sobald der Druck im sauerstoffführenden Leitungssystem auf Null abgefallen ist.

Die Weiterbeatmung mit sauerstofffreien Gasgemischen soll zusätzlich vermieden werden durch die Lachgassperre. Bei einem Absinken des Binnendruckes im sauerstoffführenden Gasleitungssystem des Narkosegerätes wird ein bei den älteren Geräten pneumatisches Umschaltventil aktiviert, welches die Lachgaszufuhr sperrt.

#### Sauerstoff-Flush-Ventil

Die sofortige Verfügbarkeit von Sauerstoff mit hohen Flussraten (25 bis 75 Liter pro Minute) wird an den Geräten durch ein im Bedarfsfall direkt manuell zu betätigendes Ventil sichergestellt, das Sauerstoff aus der Frischgasleitung unter Umgehung des Anästhesiemittel-Dosiersystems („Vapor“) in das Rückatemsystem einspeist.

#### Sauerstoffverhältnis-Regelung

Bei den Geräten älterer Bauart war und ist es möglich, durch Betätigen des Dosierventils für Lachgas, allein Lachgas in das Rückatemsystem einzuspeisen und als Folge davon den Patienten mit einem sauerstofffreien Atemgas zu versorgen. Der Vermeidung eines solchen anoxischen Gasgemisches dient einerseits die unterschiedliche Gestaltung der manuell betätigten Dosierventile für die verschiedenen Gase (taktile Differenzierung), andererseits die Sauerstoffverhältnisrege-

lung. Diese stellt bei Geräten der Firma Ohmeda mit Hilfe eines mechanischen Zahnradgetriebes, bei Geräten der Firma Dräger durch eine pneumatische Konnektion zwischen Sauerstoff- und Lachgasdosierung sicher, dass das ins Rückatemsystem eingespeiste Frischgas Sauerstoff mit einer Mindestkonzentration von 20% bis 25% enthält.

Es ist hier ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass trotz aller genannten Sicherheitsmaßnahmen die Entstehung eines hypoxischen Atemgas-Gemisches im Rückatemsystem (< 21%) keineswegs sicher auszuschließen ist. So können sich hypoxische Gasgemische insbesondere dann bilden, wenn bei hohem Rückatemanteil der Sauerstoffverbrauch des Patienten höher liegt als die pro Zeiteinheit mit dem Frischgas zugeführte Sauerstoffmenge.

Es ist deshalb von entscheidender Bedeutung, dass die Sauerstoff-Konzentration im Atemsystem möglichst patientennah mit Hilfe eines alarmgeschützten Moduls gemessen und ggf. sofort korrigiert wird.

#### Überwachung der inspiratorischen Sauerstoff-Konzentration

Die Messung der inspiratorischen Sauerstoff-Konzentration möglichst patientennah, z.B. am Y-Stück, ist durch die EN 740 ebenso wie durch die vorausgegangene Medizingeräteverordnung für die hiernach zugelassenen Geräte obligatorisch vorgeschrieben, ebenso die Ausstattung dieser Messeinheit mit einem Alarmmodul zur Abgabe eines akustischen und optischen Alarms bei Unterschreitung einer bestimmten Sauerstoff-Konzentration. Während die älteren Sensoren vergleichsweise langsam reagieren, erlauben die in den neueren Geräten integrierten mit einer Reaktionszeit im Bereich von wenigen Millisekunden die Messung der inspiratorischen und expiratorischen Sauerstoff-Konzentration, was insbesondere die Anästhesie mit niedrigem Frischgasfluss erleichtert [6, 7].

#### Überwachung des Atemwegsdruckes, Diskonnektions-Alarm und Überwachung des Expirationsvolumens

Ein Gerät zur kontinuierlichen Messung des Binnendruckes im Rückatemsystem ist obligatorisch. Das Messsystem muss mit einem Alarmmodul mit einstellbarer oberer Alarmgrenze ausgestattet sein, das bei Überschreitung auf eine mögliche Stenose (Abknicken des Tubus oder der Schläuche) aufmerksam macht. Alle Narkosegeräte mit einem Narkose-Beatmungsgerät müssen mit einer Alarmeinrichtung für den Fall einer Diskonnektion ausgestattet sein. Dieser Alarm kann auf einer einstellbaren unteren Alarmgrenze des Drucküberwachungsmoduls oder alternativ auf der Kapnometrie basieren. Zusätzlich muss bei allen Narkosegeräten mit Narkose-Beatmungsgerät eine Einrichtung zur fortlaufenden Messung und Überwachung des expiratorischen Atemzugvolumens integriert sein.

#### Kapnometrie

Bei allen Geräten mit einem Narkosesystem, also insbesondere auch bei Rückatemsystemen, ist die Mes-

sung der expiratorischen Kohlendioxid-Konzentration, die Kapnometrie, obligatorisch. Es empfiehlt sich die optische Darstellung des Kurvensignales, da hierdurch die Beurteilung einer exakten Gerätefunktion erleichtert wird (Kapnographie). Das Kapnometer muss ein Alarmmodul mit einstellbarer oberer und unterer Alarmgrenze haben. Während die Kapnometrie durch die EN 740 zur Überwachung der Gerätefunktion mit dem Ziel der Vermeidung gefährlicher Ausgangswerte vorgesehen ist, wird diese Methode durch die DGAI insbesondere auch zur Patientenüberwachung in Kombination mit der Pulsoximetrie empfohlen [4].

Ebenso wie bei der Messung der Konzentrationen aller anderen Gase wird bei der Kapnometrie zwischen dem Hauptstromverfahren und dem Nebensstromverfahren unterschieden. Beim Hauptstromverfahren ist die Meßkammer direkt in den Gasstrom des Narkosegerätes eingeschaltet, üblicherweise direkt am Tubus-Ansatz [3].

Bei den meisten neueren Narkosebeatmungs-Geräten erfolgt die Messung der CO<sub>2</sub>-Konzentration zusammen mit der anderer Gase im Nebensstromverfahren. Hierbei wird durch eine tubusnah mit dem Atemsystem konnektierte dünne Leitung Atemgas abgepumpt und nach der Messung der Konzentrationen in einer patientenfern im Narkosegerät oder im Monitor angebrachten Meßbank in den expiratorischen Teil des Atemsystems zurückgeführt. Die Gefahr einer Nullpunktverschiebung besteht hierbei nicht, da zur Eichung Raumluft in die Meßkammer gepumpt wird. Eine Eichung erfolgt bei den neueren Geräten in regelmäßigen Abständen.

## Narkosemittel-Konzentration im Atemgas

Ist ein Narkosegerät mit einem Modul zur Anästhesie-Dampfzuführung ausgestattet („Vapor“), so muss auch ein Gerät zur kontinuierlichen Messung und Überwachung der inspiratorischen Narkosemittel-Konzentration mit Alarmmodul und einstellbaren oberen und unteren Alarmgrenzen in das Gerät integriert sein [1]. Entsprechend den Empfehlungen der DGAI sollte auch die Narkosemittel-Konzentration möglichst patientennah gemessen werden, da sich insbesondere bei der Narkose mit niedrigem Frischgasfluss durch die Aufnahme des Narkosemittels im Patienten erhebliche Gradienten zwischen inspiratori-

scher und expiratorischer Konzentration ergeben können.

Die Messung der Narkosemittel-Konzentrationen erfolgt bei den neueren Geräten i.d.R. im Seitenstrom-Verfahren, und es erfolgt im Gegensatz zu Altgeräten, bei welchen das verwendete volatile Anästhetikum am Monitor von Hand eingegeben werden muss, eine automatische Gasarten-Erkennung.

## Literatur

1. EN 740: Anästhesie-Arbeitsplätze und ihre Module – Besondere Festlegungen. Europäisches Komitee für Normung, rue de Stassart, 36; B-1050 Brüssel, 1998
2. Achtung: Umstellung der Gaskennfarben an Anästhesie-arbeitsplätzen. *Anaesth Intensivmed* 5 (39), 268-269, 1997
3. Gehring H. Monitoring der Beatmung während der Anästhesie. In: R. Purschke (Hg): Refresher-Course 2000, Springer Verlag Berlin 2000, S. 81-105
4. Schmucker P. Qualitätssicherung in der Anästhesiologie. *Anaesth Intensivmed* 9 (36), 250 – 255, 1995
5. Baum J. Sicherheitsanforderungen, Geräte und Systeme. In: E. Koch, C. Krier, B. Buzzello, H. A. Adams (Hg): *Anästhesiologie*, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 2001, S. 422-448
6. Baum J. Die Inhalationsnarkose mit niedrigem Frischgasfluß. Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1998
7. Baum J, Sachs G. Frischgasflow und Narkosebeatmung. Technische Voraussetzungen für die adäquate Nutzung von Rückatemsystemen. *Anaesth Intensivther Notfallmed* 25, 72-78, 1990
8. Drägerwerk AG, Lübeck: Cicero-Integrierter Narkose-Arbeitsplatz. GA 5131001 d-9028017, Okt. 1991
9. Baum J, van Aken H. Die Wahl des „richtigen Atemkalks“ *Anaesth Intensivmed* 2000, 41 : 648-652
10. Bedi A. et al. : The in vitro degradation of sevoflurane to formaldehyde following exposure to CO<sub>2</sub> absorbents *Appl Card Pathophys* 2000, 9 : 121-2
11. Wissing H. et al.: Carbonyl Monoxide Production from Desflurane, Enflurane, Halothane, Isoflurane, and Sevoflurane with Dry Soda Lime, *Anesthesiology* 2001, 95 : 1205-1212.

## Korrespondenzadresse:

Dr. med. *Bernd Klinger*  
Klinik für Anästhesiologie  
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein  
Campus Lübeck  
Ratzeburger Allee 160  
D-23538 Lübeck.

## Antworten CME 4/03 (Heft 4/2003)

Frage 1 : c	Frage 3 : c	Frage 5 : d	Frage 7 : d
Frage 2 : c	Frage 4 : d	Frage 6 : c+d	



## Multiple-Choice-Fragen (CME 9/03)

1. **Die Sauerstoffverhältnis-Regelung**
  - a) stellt die sofortige Verfügbarkeit von Sauerstoff mit hohen Flussraten sicher
  - b) bestimmt die in- und expiratorische Sauerstoffkonzentration im Millisekundenbereich
  - c) stellt sicher, dass das ins Rückatemsystem eingespeiste Frischgas Sauerstoff mit einer bestimmten Mindestkonzentration enthält
  - d) garantiert, dass kein hypoxisches Atemgas-Gemisch (< 21%) im Rückatemsystem entstehen kann
2. **Die Überwachung der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration**
  - a) ist bei Vorhandensein einer Lachgassperre nicht notwendig
  - b) mit einem Alarmmodul ist durch die EN 740 obligatorisch vorgeschrieben
  - c) muß, bei Vorhandensein gasartenspezifischer Anschlüsse und Konnektoren, entsprechend vorläufiger Europäischer Norm prEN 737/6, nicht aktiviert sein
  - d) wird, um Verwechslungen zu vermeiden, bei nach DIN 13.252 codierten Geräten von der DGAI nicht zugelassen
3. **Welche gasartenspezifische Kennung ist nach EN 739 und 1089 für Sauerstoff zulässig?**
  - 1) blau
  - 2) weiß
  - 3) farbneutral
  - 4) weiß/schwarz
  - 5) gelb
  - a) alle Aussagen sind richtig
  - b) Aussagen 1 und 3 sind richtig
  - c) Aussagen 2 und 3 sind richtig
  - d) Aussagen 1, 3 und 5 sind richtig
  - e) Alle Aussagen sind falsch
4. **Rückatemsysteme mit CO<sub>2</sub>-Absorbern**
  - a) sind, da der übliche Atemkalk etwa 15% H<sub>2</sub>O enthält, vor der Anwendung gründlich „trocken zu fahren“
  - b) sind definitionsgemäß nicht geeignet zur Anwendung von Frischgasflüssen, die unter dem Atemminutenvolumen liegen
  - c) sind Voraussetzung zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Akkumulation in Anästhesie-Rückatemsystemen, bei denen der Frischgasfluss niedriger als das Atemzeitvolumen ist
  - d) benötigen ausgetrockneten Atemkalk, um CO-Bildung und Zersetzung bestimmter volatiler Anästhetika zu vermeiden
5. **Inspirations- und Expirationsventil (Abb. 1, Bspl. Sulla 808 V der Firma Dräger)**
  - 1) besitzen runde Glimmer- oder Keramikplättchen, die durch Druck im Atemsystem angehoben werden oder der Unterlage angedrückt werden
  - 2) lassen bei Fehlen der Ventilplättchen eine korrekte Kreisatmung nicht mehr zu
  - 3) sind überflüssig bei Einbau eines Frischgasentkopplungsventils
  - 4) lassen bei Fehlen der Glimmer- oder Keramikplättchen das Auftreten von Pendelluft zu
  - 5) beeinflussen wegen der besonders leichten Glimmer- oder Keramikventilscheiben nicht die Gasflussrichtung im Atemsystem
  - a) alle Aussagen sind richtig
  - b) Aussagen 1 und 3 sind richtig
  - c) Aussagen 2 und 3 sind richtig
  - d) Aussagen 1, 2 und 4 sind richtig
  - e) Alle Aussagen sind falsch
6. **Das O<sub>2</sub>-Flush-Ventil**
  - a) ermöglicht die rasche Aufsättigung des Atemsystems mit volatilen Anästhetika, da der sofort zur Verfügung stehende Sauerstoff mit hoher Flussrate direkt in das Anästhesiemittel-Dosiersystem eingespeist wird
  - b) ermöglicht ohne Anschluss an die zentrale Gasversorgung oder Reserve-Gaszylinder die sofortige Verfügbarkeit von Sauerstoff mit hohen Flussraten
  - c) löst bei entsprechendem Druckabfall im sauerstoffführenden Leitungssystem, pneumatisch gesteuert, ein lautes akustisches Alarmsignal aus
  - d) ist ein manuell zu betätigendes Ventil, das sofort Sauerstoff mit hohen Flussraten aus der Frischgasleitung unter Umgehung des Anästhesiemittel-Dosiersystems in das Atemsystem einspeist
7. **Bei der Frischgasentkopplung**
  - a) strömt auch während der Inspiration kontinuierlich Frischgas in das Atemsystem, d.h. die Frischgaseinspeisung ist vom Narkose-Apparat entkoppelt
  - b) setzt sich das Tidalvolumen zum Patienten zusammen aus Balgvolumen und Frischgasvolumen
  - c) erfolgt die Trennung der Frischgaseinspeisung ins Atemsystem von Inspiration und Expiration, daraus ergibt sich die Unabhängigkeit des Atemzeitvolumens vom Frischgasflow
  - d) ist das Atemminutenvolumen abhängig vom Frischgasflow
8. **Die Kapnometrie**
  - a) wird nur zur Beurteilung des Intubationserfolges gebraucht und ist deshalb vom Narkose-Apparat unabhängig zu betrachten
  - b) kann das evtl. entstandene CO in- und expiratorisch im Haupt- oder Nebenstromverfahren erkennen
  - c) erfolgt bei den meisten neueren Narkosebeatmungsgeräten zusammen mit den gasförmigen Narkosemitteln im Nebenstromverfahren
  - d) kann im Hauptstromverfahren nicht erfolgen.

## Auswertungsbogen für die zertifizierte Fortbildung (CME 9/03) (aus Heft 9/2003)

BITTE DEUTLICH IN DRUCKBUCHSTABEN AUSFÜLLEN

Mitgliedsnummer (bitte immer angeben):

--	--	--	--	--	--

Name:

PLZ, Ort

An dieser Auswertung können alle Mitglieder der DGAI und/oder des BDA teilnehmen. Eine korrekte Auswertung ist jedoch nur bei **Angabe der Mitgliedsnummer** möglich. Diese finden Sie auf Ihrer Mitgliedskarte oder auf dem Adressaufkleber Ihrer Zeitschrift, in der Mitte der 3. Zeile (siehe unten).

Der Fragebogen bezieht sich auf den vorstehenden Weiter- und Fortbildungsbeitrag. Die richtigen Antworten werden in der „Anästhesiologie & Intensivmedizin“ publiziert. Die Teilnahme an dieser Auswertung wird Ihnen Anfang des 2. Quartals des Folgejahres attestiert. Sie erhalten einen Fortbildungspunkt je Weiterbildungsbeitrag, wenn mindestens 60% der Fragen richtig beantwortet wurden.

Pro Fragebogen wird eine Bearbeitungsgebühr von 2,50 € berechnet. Nach Zahlungseingang wird Ihnen das Fortbildungszertifikat zugesandt.

**Die Bearbeitung erfolgt für Sie kostenlos, falls sie Ihre Antworten online unter folgender Adresse einreichen:**  
**<http://cme.anaesthesisten.de>**

Gleichzeitig erhalten Sie bei Online-Einreichung die Auswertung der Fragebogen per E-mail zugesandt.

Fortbildungszertifikate werden durch die Landesärztekammer Westfalen-Lippe ausgestellt. Sie werden auch von anderen Ärztekammern im Rahmen der jeweiligen Bestimmungen anerkannt.

Einsendeschluß ist der **31.10.2003**.

Bitte senden Sie uns den Fragebogen  
**online (<http://cme.anaesthesisten.de>)** oder  
**per Fax (09 11 / 3 93 81 95)** zurück.

### Antwortfeld

Fragen

	a	b	c	d	e
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

#### MUSTER

DIOmed Verlags GmbH	Obere Schmiedgasse 11	DE-90403 Nürnberg
PvSt. DPAG	B 2330	Entgelt bezahlt
01/02	<b>012345</b>	000

↑  
**Mitgliedsnummer**