

DGAIInfo

Atemkalk: Hinweise zu korrektem Umgang und fachgerechter Nutzung*

Zusammenfassung und Aktualisierung der beiden Stellungnahmen aus den Jahren 1999 (Anästh Intensivmed 1999;40:507-509) und 2005 (Anästh Intensivmed 2005;46:324-326)

Stellungnahme der Kommission für Normung und technische Sicherheit der DGAI

Atemkalk dient bei Anwendung der Rückatmungstechnik dazu, Kohlendioxid aus der Ausatemluft zu entfernen. Ein mit Atemkalk gefüllter Behälter, der Absorber, ist deshalb auch charakteristisches Bauteil aller Narkose-Rückatemsysteme.

In Deutschland zurzeit erhältliche und gebräuchliche Atemkalkprodukte (siehe Tab.) enthalten im Wesentlichen Kalziumdihydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), Natriumhydroxid (NaOH) und Kalziumchlorid (CaCl_2) können unter anderem zur Beschleunigung der Absorptionsreaktion zugesetzt sein. Atemkalk enthält ca. 16 % lose gebundenes, „freies“ Wasser; die Kalziumchlorid-haltigen Produkte enthalten zusätzlich ca. 20 % stark gebundenes sog. „Kristallisations“-Wasser.

Einigen Atemkalkprodukten sind Silikate (SiO_2) oder Zeolith ($\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) zugesetzt, um die mechanische Festigkeit der Kalkpartikel zu erhöhen und die Bildung von Abrieb und Staub zu vermindern [1] sowie – im Fall des Zeoliths – einer Austrocknung entgegenzuwirken und die Standzeit¹ zu verlängern.

Atemkalk wird als Bruchkalk oder in pelletierter² Form in einer Korngröße zwischen 2-5 mm konfektioniert. Pelletierter Kalk soll eine höhere Absorptionskapazität und geringere Neigung zur Kanalbildung³ als der Bruchkalk haben. Atemkalk wird als Medizinprodukt der Klasse IIa eingestuft und unterliegt den grundlegenden Anforderungen der entsprechenden EG-Richtlinien (93/42/EWG und 91/155/EWG). Die Hersteller von Atemkalk haben zur Erlangung der CE-Kennzeichnung die Übereinstimmung mit diesen Richtlinien mit Hilfe von Risikoanalysen, verpackungs- und fertigungsbegleitenden sowie Biokompatibilitätstests zu dokumentieren. Die fertigungsbegleitenden Tests der Atemkalkchargen auf Feuchtegehalt, Partikelgröße, Härte und CO_2 -Absorptionskapazität werden entsprechend den Anforderungen der amerikanischen Pharmakopoe (USP) durchgeführt, da es eine europäische Norm für Atemkalk nicht gibt.

Umgang mit Atemkalk

Nach Öffnung eines Originalgebindes soll der Atemkalk sofort, zumindest aber innerhalb eines Zeitraumes von vier Wochen verbraucht werden. Untersuchungen zur passiven Austrocknung liegen für den Atemkalk von Dräger und Intersurgical vor: Demnach ist die Abnahme des Wassergehaltes in diesem Zeitraum unter normalen Umgebungsbedingungen für Raumtemperatur und -feuchte unkritisch. Atem-

kalk soll in geschlossenem Behälter in sauberer und trockener Umgebung bei gleichmäßiger Temperatur ($> -20^\circ \text{C}$, $< 50^\circ \text{C}$) gelagert und vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt werden.

Für den Anwender relevante Aspekte

Folgende Aspekte sind für den Anwender bei der Wahl eines für ihn geeigneten Produkts relevant:

- Risiken der Anwendung (vor allem Erschöpfung; Freisetzung toxischer Substanzen),
- CO_2 -Absorptionskapazität (z.B. „Standzeit“),
- Absorption von Inhalationsanästhetika (z.B. bei der Anflutung),
- Staubbildung.

In dieser Stellungnahme wird im Wesentlichen nur auf die Anwendungsrisiken und die fachgerechte Nutzung eingegangen.

Zur Absorption von Inhalationsanästhetika sei angemerkt, dass Atemkalk nicht nur Kohlendioxid aufnimmt, sondern auch halogenierte Kohlenwasserstoffe, und zwar um so mehr, je trockener der Kalk ist [2,3]. Dieser Effekt ist nur dann nicht sicherheitsrelevant, wenn die in- und expiratorische Konzentration der Inhalationsanästhetika patientenah gemessen wird, wie es die DIN EN 60601-2-13 in Verbindung mit der ISO 21647 vorschreibt.

Anästhesie

Zur Staubbildung sei angemerkt, dass z.B. die Ventilfunktion im Patiententeil des Anästhesiegerätes bei exzessiver Staubbildung gestört sein kann. Wenn keine Filter eingesetzt werden, können Staubemissionen in die Patientenlungen gelangen. Deshalb sollten staubarme Produkte bevorzugt werden.

* Rechte vorbehalten

Beschluss des Engeren Präsidiums der DGAI vom 11.12.2009

¹ „Standzeit“: Nutzungsdauer, bis der Atemkalk verbraucht ist.

² Pelletieren: feinkörnige Stoffe durch besondere Verfahren zu kleinen kugel- oder walzenförmigen Stücken von einigen Millimetern Durchmesser (Pellets) zusammenfügen.

³ Kanalbildung: Ungleichmäßiger Verbrauch des Atemkalks im Atemkalkbehälter infolge ungleichmäßiger Schüttung und Ausbildung von Kanälen mit geringerem Widerstand. ▶

Tab. 1: Zusammensetzung einiger Atemkalkprodukte (nach Spezifikation in den Sicherheitsdatenblättern der Hersteller nach EG-Richtlinie 91/155/EWG).

Produkt	Ca (OH) ₂ [%]	CaCl ₂ [%]	NaOH [%]	H ₂ O [%]	Andere wesentliche Bestandteile
Amsorb® Plus	> 80	1-3	0	13-18	0,6-1,5 % CaSO ₄ , „crystal violet“
Drägersorb® 800 plus	78-84		2-4	14-18	< 0,1 % Ethylviolett
Drägersorb® Free	74-82	3-5	0,5-2	14-18	< 0,1 % Ethylviolett
Intersorb plus®	75-80		< 2	13,5-17,5	< 0,1 % Ethylviolett
LoFloSorb®	75-80		0	13,5-17,5	Siliziumdioxid 6-7 %, Ethylviolett < 0,1 %, Pigmentgrün < 0,1 %
Spherasorb®	75-80		< 2	~16	Zeolith 4-5 %, Spuren Ethylviolett
Sodasorb®	> 80		< 4	12-19	Spuren Ethylviolett
Sofnolime®, Soda Lime®	> 75		< 3,5	12-19	Spuren Ethylviolett

► Risiken bei Verwendung von Atemkalk

- Erschöpfung der Absorptionskapazität des Atemkalkes.
- Erschöpfung und Abblässen des Farbindikators bei intensiver Lichteinstrahlung.
- Austrocknung des Atemkalkes, dadurch zunehmende Gefahr der Absorption und/oder der chemischen Reaktion von Inhalationsanästhetika mit dem Kalk [4-10].

Erschöpfung der Absorptionskapazität

Dem Atemkalk ist ein pH-sensitiver Farbindikator – in Deutschland überwiegend Ethylviolett – zugemischt, der die Erschöpfung des Kalkes mittels Farbumschlag (im Falle des Ethylvioletts von weiß nach blau-violett) anzeigt.

Bei Natriumhydroxid-haltigen Kalken ist der Farbumschlag nach Beenden der CO₂-Exposition reversibel (Rückfärbung nach weiß); eine weiße Farbe bei Anästhesiebeginn ist bei diesen Sorten also keine Garantie für unverbrauchten Kalk. Da die Verfärbung nach prolongiertem Gebrauch und stärkerer Licht- oder UV-Einstrahlung völlig ausbleiben oder bei einer Kanalbildung im Absorberbehälter nicht erkannt werden kann, ist der Umschlag des Farbindikators eine ausgesprochen unsichere Methode zur Überwachung der Absorptionskapazität des Atemkalkes [11,12].

Die einzig sichere Methode zur Überwachung einer ausreichenden Kohlendioxidabsorption ist die Messung der CO₂-Konzentration im Atemgas mit solchen Gasanalysatoren, die verlässlich auch die inspiratorische Konzentration bestimmen (wie es die DIN EN 60601-2-13 in Verbindung mit der ISO 21647 vorschreibt)

Zur chemischen Reaktion von Inhalationsanästhetika mit Atemkalk

Alle Inhalationsanästhetika vom Typ der halogenierten Kohlenwasserstoffe, vor allem aber die rein fluorsubstituierten Kohlenwasserstoffen wie Sevofluran und Desfluran [13,14] können mit Atemkalk unter Absorption und Degradation reagieren, wobei diese Reaktionen durch abnehmenden Feuchtegehalt des Kalkes begünstigt werden [4-10].

Folgendes kann festgestellt werden:

- Compound A (potentielles Nephrotoxin) ist nur bei Ver-

wendung von Sevofluran nachweisbar, sowohl bei trockenen als auch feuchten Kalken.

- Kohlenmonoxid kann vor allem bei Verwendung von Desfluran und Enfluran, weniger bei Isofluran und in nur geringem Maße von Halothan und Sevofluran durch bestimmte ausgetrocknete Atemkalke gebildet werden [15].
- Atemkalkprodukte, die frei von den starken Basen (KOH und NaOH) sind, bilden kein Kohlenmonoxid.
- Bei Atemkalkprodukten mit Zusatz von Kalziumchlorid ist die messbare Compound-A-Konzentration unter Sevofluran fast Null (1-3 ppm) und Kohlenmonoxid ist nicht detektierbar, sowohl im feuchten als auch ausgetrockneten Zustand [16].
- Die Austrocknung von Atemkalk ist weder klinisch noch mit dem Standardmonitoring zu detektieren.
- Die Produktion von Kohlenmonoxid ist weder klinisch noch mit dem Standardmonitoring zu detektieren.

Atemkalkprodukte aus klinisch-praktischer Sicht

Die Atemkalke lassen sich für den Anwender in folgende Gruppen einteilen:

- Barium- und Kaliumhydroxidhaltige Kalke (hier nur aus historischen Gründen aufgeführt) haben ein besonders hohes Potential, toxische Degradierungsprodukte freizusetzen. Ausgetrocknete Bariumkalke können entflammen. Von der Verwendung dieser Kalke wird abgeraten.
- Die Kalziumchlorid-haltigen Produkte (Amsorb® Plus; Drägersorb® Free). Nach dem derzeitigen Kenntnisstand ist bei Verwendung dieser Kalke keine Bildung volatiler toxischer Produkte zu erwarten, dies gilt explizit auch für eine extreme Austrocknung des Kalks.
- Die Produkte ohne Kalziumchlorid und Natriumhydroxid-Beimischung (LoFloSorb®). zeigen nur eine sehr geringe Kohlenmonoxid- und Compound-A-Bildung (maximal ca. 30 ppm).
- Die nicht Kalziumchlorid-haltigen Produkte mit geringen Anteilen (2-4 %) von Natriumhydroxid (alle anderen, siehe Tabelle). Ihre Anwendung ist klinisch sicher, sofern Maßnahmen gegen ein akzidentelles Austrocknen (siehe unten) getroffen werden. Ist der korrekte Umgang mit ►

- dem Absorbens nicht sicher zu gewährleisten, wird vom Gebrauch dieser Absorbentien abgeraten.

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand führen alle in Deutschland erhältlichen Atemkalksorten (vgl. Tab.) - vorausgesetzt sie sind nicht völlig ausgetrocknet – bei normalem Gebrauch nicht zur Bildung toxischer Produkte in klinisch relevanten Konzentrationen (z.B. Kohlenmonoxid, Compound A, Formaldehyd, Methanol); dies gilt auch für Niedrigflussanästhesien.

So wurden selbst bei Compound-A-Belastungen bis 478 ppmh, wie sie im klinischen Alltag nur im Extrem erreicht werden, keinerlei Anzeichen einer Nierenfunktionsstörung bei Patienten gefunden [17]. Eine zeitlich oder an einem minimalen Frischgasfluss orientierte Einschränkung des Einsatzes von Sevofluran erscheint deshalb heute nicht mehr gerechtfertigt [18].

Eine Gefährdung durch die Reaktion von Inhalationsanästhetika mit erschöpftem Atemkalk ist bislang nirgendwo in der Literatur beschrieben. In einer klinischen Untersuchung mit kaliumhydroxidhaltigem Natriumkalk, der über den Zeitraum einer Woche genutzt wurde, zeigte sich auch am siebten Tag des Einsatzes kein Hinweis auf eine erhöhte Kohlenmonoxidbildung. Im Testcenter der Fa. Dräger Medical in Lübeck wurde bei Untersuchungen zur Absorptionskapazität keine erhöhte Compound-A-Konzentration zum Zeitpunkt der Erschöpfung von Natriumkalk beobachtet. Es wurde allerdings nachgewiesen, dass bei routinemäßigem Gebrauch von Atemkalk die unteren, exspirationsseitigen Schichten trockener als die oberen, inspirationsseitigen sind. Bei Frischgasflows von 5-6 L/min und niedriger wird aber kein Austrocknungsgrad erreicht, der zu erhöhter Reaktion des Absorbens mit den Inhalationsanästhetika führt.

Die Anleitung zu korrektem Gebrauch von Atemkalk finden Sie im Anhang.

Literatur

- Petty C:** Carbon dioxide absorption. In: The Anesthesia Machine. Churchill Livingstone, New York, 1987;67-79.
- Grodin WK, Epstein MAF, Epstein RA:** Soda lime adsorption of isoflurane and enflurane. *Anesthesiology* 1985;62:60.
- Knolle E, Heinze G, Gilly H:** Small carbon monoxide formation in absorbents does not correlate with small carbon dioxide absorption. *Anesth Anlag* 2002;95:650.
- Baum J, Straus JM:** Kohlenmonoxidbildung am Atemkalk. *Anasth Intensivmed* 1995;36:237-240.
- Baum J, Sitte Th, Straus JM, Forst H, Zimmermann H, Kugler B:** Die Reaktion von Sevofluran mit trockenem Atemkalk – Überlegungen zu einem aktuellen Zwischenfall. *Anästh Intensivmed* 1998;39:11-16.
- Berry PD, Sessler DI, Larson MD:** Severe carbon monoxide poisoning during desflurane anesthesia. *Anesthesiology* 1999;90: 613-616.
- Fang ZX, Eger II EI:** Factors affecting the concentration of compound A resulting from degradation of sevoflurane by soda lime and Baralyme® in a standard anesthetic circuit. *Anesth Analg* 1995;81:564-568.
- Fang ZX, Eger II EI, Laster MJ, Chortkoff BS, Kandel L, Ionescu P:** Carbon monoxide production from degradation of desflurane, enflurane, isoflurane, halothane and sevoflurane by soda lime and baralyme. *Anesth Anlag* 1995;80:1187-1193.
- Strum DP, Eger II EI:** The degradation, absorption, and solubility of volatile anesthetics in soda lime depend on water content. *Anesth Analg* 1994;78:340-348.

10. Zwißler B, Conzen P, Peter P: Inhalationsanästhetika und CO₂-Absorber – Zur Problematik des trockenen Atemkalks. *Anästh Intensivmed* 1998;39:7-10.

11. Andrews JJ, Johnston RV, Bee DE, Arens JF: Photodeactivation of ethyl violet: a potential hazard of Sodasorb®, *Anesthesiology* 1990;72:59-64.

12. Gerstein N, Rosenberg C: Exhausted Amsorb Plus CO₂ Absorbent recognized only by inspired CO₂. *Anesth Analg* 2007;104: 237-238.

13. Funk W, Gruber M, Wild K, Hobbhahn J: Dry soda lime markedly degrades sevoflurane during simulated inhalation induction. *Br J Anaesth* 1999;82:308-316.

14. Frink EJ, Nogami WM, Morgan SE, Salmon RC: High carboxyhemoglobin concentrations occur in swine during desflurane anesthesia in the presence of partially dried carbon dioxide absorbents. *Anesthesiology* 1997;87:308-316.

15. Keijzer C, Perez RSGM, De Lange JJ: Carbon monoxide production from five volatile anesthetics in dry soda lime in a patient model: halothane and sevoflurane do produce CO; temperature is poor predictor of CO production. *BMC Anesthesiology* 2005;5:6; www.biomedcentral.com/1471-2253/5/6.

16. Struys MMRF, Bouche MPLA, Rolly G et al: Production of compound A and carbon monoxide in circle systems: an in vitro comparison of two carbon dioxide absorbents. *Anaesthesia* 2004;59:584-589.

17. Obata R, Bito H, Ohmura M et al: The effects of low-flow sevoflurane anesthesia on renal and hepatic function. *Anesth Analg* 2000;91:1262-1268.

18. Baum JA, Whoelck HJ: Interaction of inhalational anaesthetics with CO₂ absorbents. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology* 2003;17:63-76.

19. Baum J, Enzenauer J, Krause Th: Atemkalk - Nutzungsdauer, Verbrauch und Kosten in Abhängigkeit vom Frischgasfluss. *Anaesthesiologist Reanimat* 1993;18:108-13.

20. Baum J: Contaminazione Batterica dei Sistemi Ventilatori. La Riduzione del Flusso Aumenta il Rischio? In: Giunta F, ed. *Anesthesia a Bassi Flussi e a Circuito Chiuso*. Piccin Nuova Libreria, Padova, pp. 1992;173-180.

21. Baxter PJ, Kharasch ED: Rehydration of desiccated Baralyme prevents carbon monoxide formation from Desflurane in an anesthesia machine. *Anesthesiology* 1997;86:1061-1065.

22. Bito H, Ikeuchi Y, Ikeda K: Effects of the water content of soda lime on Compound A concentration in the anesthesia circuit in Sevoflurane anesthesia. *Anesthesiology* 1998;88:66-71.

23. Moriwaki G, Bito H, Ikeda K: Partly exhausted soda lime or soda lime with water added, inhibits the increase in compound A concentration in the circle system during low flow sevoflurane anaesthesia. *Br J Anaesth* 1997;79:782-786.

24. Woehlk H: Optimal rehydration of desiccated CO₂ absorbents. *Anesthesiology* 1997;87:1590.

25. Förster H, Dudziak R: Über die Ursachen der Reaktion von trockenem Atemkalk und halogenierten Inhalationsanästhetika. *Anaesthesist* 1997;46:1054-1063.

26. Förster H, Warnken UH, Asskali F: Unterschiedliche Reaktion von Sevofluran mit einzelnen Komponenten von Atemkalk. *Anaesthesist* 1997;46:1071-1075.

27. Funk W, Gruber M, Wild K, Hobbhahn J: Dry soda lime markedly degrades sevoflurane during simulated inhalation induction. *Br J Anaesth* 1999;82:193-198.

28. Wissing H, Kuhn I, Dudziak R: Zur Temperaturentwicklung von Inhalationsanästhetika auf trockenem Atemkalk. *Anaesthesist* 1997;46:1064-1070.

29. Woehlk HJ, Dunning M, Conolly LA: Reduction in the incidence of carbon monoxide exposures in humans undergoing general anesthesia. *Anesthesiology* 1997;87:228-234.

30. Woehlk HJ: Severe intraoperative CO poisoning. *Anesthesiology* 1999;90:353-354.

Prof. Dr. med. Thomas Prien, Münster

1. Sprecher der Kommission für Normung und technische Sicherheit der DGAI

E-Mail: prient@uni-muenster.de

Anhang Anleitung zu korrektem Gebrauch von Atemkalk.**1. Die Atemkalkfüllung des Absorbers ist zu wechseln:**

- Zwingend sofort, wenn die Erschöpfung des Atemkalkes zu erkennen ist:
 - Die inspiratorische CO₂-Konzentration erreicht 1% (7 mmHg),
 - der Farbumschlag des Indikators erreicht maximal 2/3 der Füllhöhe des Absorbers.
- Bei täglich eingesetzten Narkosegeräten nach festem Zeitschema, auch dann, wenn es noch kein Anzeichen für die Erschöpfung des Atemkalkes gibt. Ein regelmäßiger Wechsel zumindest im Wochenabstand ist zu fordern. Diese Forderung ist unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer des Atemkalkes [19], der Vermeidung akzidenteller Austrocknung, eines möglichen Abblässens des Indikators und aus hygienischen Gründen [20] gerechtfertigt.
- Erscheint bei nicht täglich eingesetzten Geräten ein wöchentlicher Wechsel der Absorberfüllung unsinnig, so sollte der Absorber nach Gebrauch aus dem Atemsystem herausgenommen und mit passenden luftundurchlässigen Kappen verschlossen werden. Ein routinemäßiger Wechsel zumindest im Monatsabstand ist dennoch nach Herstellerangaben obligat.
- Das Datum der Neubefüllung ist auf dem Absorbergehäuse zu vermerken.
- Im Vergleich zur Hochflussnarkose (Frischgasfluss etwa 4,0 l/min) nimmt bei konsequenter Durchführung von Niedrigflussnarkosen (Frischgasfluss: 0,5 l/min) die Kohlendioxidbelastung des Atemkalkes um etwa den Faktor 4 zu [19]. Die vorab aufgestellten Regeln für das Wechseln des Atemkalkes gelten in gleicher Weise für alle Geräte, unabhängig davon, ob Hoch- und Niedrigflussnarkosen durchgeführt werden. Wird mit Doppel- oder Jumbo-Absorbern gearbeitet, so ist mit der Atemkalkfüllung von 1,5 bis 2 kg in der Regel im Routinebetrieb auch bei Niedrigflussnarkosen eine suffiziente Kohlendioxidabsorption über einen Zeitraum von sieben Tagen sicher gewährleistet.

2. Alle Maßnahmen sind zu ergreifen, ein akzidentelles Austrocknen des Atemkalkes sicher zu verhindern:

- Nach jeder Anästhesie den Frischgasfluss komplett abstellen.
- Geräte in den Phasen des Nichtgebrauches nicht durch konstanten Gasstrom trocknen
 - oder es muss vor dem Trocknungsprozess der Absorber aus dem Atemsystem herausgenommen werden.
- Geräte in den Phasen des Nichtgebrauches nicht durch Einschalten des Ventilators trockenfahren
 - oder es muss vor dem Trocknungsprozess der Absorber aus dem Atemsystem herausgenommen werden.
- Bei sehr selten, nicht routinemäßig genutzten Narkosegeräten den Absorberkanister unbefüllt lassen, deutlich als ungefüllt markieren und den Atemkalk im ungeöffneten Originalgebinde neben dem Gerät zur Befüllung des Absorbers bereitstellen.
- In Phasen des Nichtgebrauches von Narkosegeräten sollten die Stecker aus den Anschlussdosen der zentralen Gasversorgung herausgenommen, und die Gasschläuche über dem Gerät abgelegt werden. Für dieses Vorgehen sprechen – neben dem Schutz vor unbeabsichtigtem Gasstrom durch das Gerät – auch folgende weitere Argumente:
 - Verminderung der Raumkontamination mit Lachgas aus undichten Anschlussdosen der zentralen Gasversorgung,
 - Verminderung von Kosten, die durch Leckageverluste entstehen,
 - Verminderung der Gefahr akzidenteller Schlauchrupturen.
- Wird ein Umstand bemerkt, der eine akzidentelle Austrocknung des Kalkes vermuten lässt, so ist die Atemkalkfüllung des Absorbers sofort auszuwechseln.

3. Weitere wichtige Hinweise und Empfehlungen:

- Bei Durchführung ambulanter Narkosen an verschiedenen Arbeitsplätzen kann eine ökonomische Nutzung des Atemkalkes auch dadurch erreicht werden, dass der Absorber, mit Kappen verschlossen, zu dem jeweiligen Einsatzort mitgeführt wird.
- Besondere Vorsicht ist beim Einsatz von Einmal-Absorbern angezeigt: Diese sollten einzeln wasserdampfdurchlässig verpackt oder versiegelt und jeweils mit einem Verfallsdatum gekennzeichnet sein.
- Von einer – gar routinemäßigen – Befeuchtung des Atemkalkes durch Aufgießen oder Aufsprühen von Wasser [21-24] muss dringend abgeraten werden: die ungleichmäßige Verteilung der Feuchte im Absorber und die Verminderung der CO₂-Absorptionskapazität sprechen eindeutig gegen ein solches Vorgehen.
- Kalksorten mit vermindertem Anteil an Alkalihydroxiden – vor allem ohne Kaliumhydroxidanteil – wie Drägersorb® 800 Plus, Soda Lime®, und Spherasorb®, vermindern zwar die chemische Umsetzung des Atemkalkes mit den Inhalationsanästhetika [25-27], die übrigen Risiken, die aus prolongierter Nutzung des Kalkes resultieren, bleiben dennoch unverändert bestehen. So sollte der Umgang auch mit diesen Kalksorten den vorab gegebenen Empfehlungen entsprechen.
- Bei plötzlicher starker Erwärmung des Kalkes, verzögertem Anstieg der Narkosemittelkonzentration im Atemsystem oder plötzlichem Farbumschlag des Indikators [6, 28] ist der Absorber sofort aus dem System zu entfernen und gegen einen frisch befüllten Absorber auszutauschen. Anders als bei der malignen Hyperthermie tritt bei der chemischen Umsetzung der Inhalationsanästhetika mit trockenem Atemkalk keine gleichzeitige, rasche und deutliche Erhöhung der expiratorischen CO₂-Konzentration auf. Bei korrektem und sorgfältigem Umgang mit dem Atemkalk kann die Auftretensfrequenz der in der Risikoanalyse aufgezeigten Probleme signifikant verringert werden [29, 30]. ■