

Atemkalk: Hinweise zu korrektem Umgang und fachgerechter Nutzung

Stellungnahme der Kommission für Normung und technische Sicherheit der DGAI

Atemkalk ist ein Gemisch aus Alkali- und Erdalkali-hydroxiden, mit dem bei Anwendung der Rückatmungstechnik Kohlendioxid aus der Ausatemluft entfernt wird. Ein mit Atemkalk gefüllter Behälter, der Absorber, ist deshalb auch charakteristisches Bauteil aller Narkose-Rückatemsysteme. Der in Deutschland gebrauchte Atemkalk enthält 75-85% Kalziumhydroxid, etwa 1-4% Natriumhydroxid und 0-4% Kaliumhydroxid sowie 14-18% Wasser. Entsprechend seiner chemischen Zusammensetzung wird dieser Kalk Natriumkalk genannt. Bariumkalk, der nahezu ausschließlich in den USA gebraucht und in Deutschland nicht angeboten wird, besteht dagegen aus etwa 65% Kalziumhydroxid und etwa 35% Bariumhydroxid, worin etwa 15% Wasser als Kristallwasser enthalten sind, und etwa 1-4% Kaliumhydroxid. Barium- sowie Natrium- und Kaliumhydroxid dienen als Beschleuniger der Absorptionsreaktion. Geringe Anteile von Silikaten und Kieselgur erhöhen die mechanische Festigkeit der Kalkpartikel und vermindern die Bildung von Abrieb und Staub (1).

Atemkalk wird als Bruchkalk oder in pelletierter Form in einer Korngröße zwischen 2-5 mm konfektioniert. Pelletierter Kalk soll eine höhere Absorptionskapazität und geringere Neigung zur Kanalbildung als der Bruchkalk haben.

Dem Atemkalk ist ein Farbindikator - in Deutschland Ethylviolett - zugemischt, der die Erschöpfung des Kalkes mittels Farbumschlag von weiß nach blau-violett anzeigt. Da nach prolongiertem Gebrauch und stärkerer Licht- oder UV-Einstrahlung diese Verfärbung völlig ausbleiben kann, ist der Umschlag des Farbindikators eine ausgesprochen unsichere Methode zur Überwachung der Absorptionskapazität des Atemkalkes (2). 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 kontinuierlich bestimmen.

Atemkalk wird als Medizinprodukt der Klasse IIa eingestuft und unterliegt damit den grundlegenden Anforderungen der entsprechenden EU-Richtlinien (93/42/EWG und 91/155/EWG). Die Hersteller von Atemkalk haben zur Erlangung der CE-Kennzeich-

nung 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 CO₂-Absorptionskapazität werden entsprechend den Anforderungen der amerikanischen Pharmacopoe (USP) durchgeführt, da es eine europäische Norm für Atemkalke nicht gibt.

Bei ungeöffneter Originalverpackung wird die Haltbarkeit von Atemkalk mit 4 Jahren für die Dräger Atemkalke (Drägersorb® 800 und 800 Plus), mit 5 Jahren für die Atemkalke von Intersurgical (Spherasorb®) und Molecular Products (Soda Lime® resp. Sofnolime®) und mit 2 Jahren ab Abfülldatum für den Grace Atemkalk (Sodasorb) angegeben. Das Verfallsdatum muß auf der Verpackung vermerkt sein. Für Einmalabsorber wird die Haltbarkeit versiegelter Gebinde von allen Herstellern übereinstimmend auf 2 Jahre festgelegt. Nach Öffnung eines Originalgebundes soll der Atemkalk sofort, zumindest aber innerhalb eines Zeitraumes von vier Wochen verbraucht werden. Untersuchungen zur passiven Austrocknung liegen nur für den Dräger Atemkalk vor: Demnach ist die Abnahme des Wassergehaltes in diesem Zeitraum unter normalen Umgebungsbedingungen für Raumtemperatur und -feuchte unkritisch.

Atemkalk soll in geschlossenem Behälter in sauberer und trockener Umgebung bei gleichmäßiger Temperatur (> - 20°C, < 50°C) gelagert und vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt werden.

Verbrauchter, aber auch ungebrauchter Atemkalk kann als hausmüllartiger Gewerbeabfall entsorgt werden.

Alle Inhalationsanästhetika können mit dem Atemkalk unter Absorption und Degradation reagieren, wobei diese Reaktionen durch abnehmenden Feuchtegehalt des Kalkes begünstigt werden (3 - 9).

Analyse der Risiken, die aus prolongierter Nutzung von Atemkalk resultieren:

- Erschöpfung der Absorptionskapazität des Atemkalkes.
- Erschöpfung und Abblenden des Farbindikators bei intensiver Lichteinstrahlung.

- Austrocknung des Atemkalkes, dadurch zunehmende Gefahr der Absorption und/oder der chemischen Reaktion der Inhalationsanästhetika mit dem Kalk.
- Besiedelung des Atemsystems und damit auch der Absorberbehälter - nicht aber des Atemkalkes selbst - mit Keimen, auch Feuchtkeimen wie Pseudomonas.

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 (10), der Vermeidung akzidenteller Austrocknung, eines möglichen Ablassens des Indikators und aus hygienischen Gründen (11) 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 (10). 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 Narkose sorgsam die Feinnadelventile verschließen.
- 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 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 wasserdampfundurchlässig verpackt oder versiegelt und jeweils mit einem Verfallsdatum gekennzeichnet sein.
- Von einer - gar routinemäßigen - Befeuchtung des Atemkalkes durch Aufgießen oder Aufsprühen von Wasser (12 - 15) 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 (16 - 18), 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 (4, 19) ist der Absorber sofort aus dem System zu entfernen und gegen einen frischbefüllten 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 (20, 21).

Literatur

1. *Petty C:* (1987) Carbon dioxide absorption. In: *The Anesthesia Machine*. Churchill Livingstone, New York, 67-79
2. *Andrews JJ, Johnston RV, Bee DE, Arens JF:* (1990) Photodeactivation of ethyl violet: a potential hazard of Sodasorb®, *Anesthesiology* 72: 59-64
3. *Baum J, Strauß JM:* (1995) Kohlenmonoxidbildung am Atemkalk. *Anästh Intensivmed* 36: 237-240
4. *Baum J, Sitte Th, Strauß JM, Forst H, Zimmermann H, Kugler B:* (1998) Die Reaktion von Sevofluran mit trockenem Atemkalk - Überlegungen zu einem aktuellen Zwischenfall. *Anästh Intensivmed* 39: 11-16
5. *Berry PD, Sessler DI, Larson MD:* (1999) Severe carbon monoxide poisoning during desflurane anesthesia. *Anesthesiology* 90: 613-616
6. *Fang ZX, Eger II EI:* (1995) Factors affecting the concentration of compound A resulting from degradation of sevoflurane by soda lime and Baralyme® in a standard anesthetic circuit. *Anesth Analg* 81: 564-568
7. *Fang ZX, Eger II EI, Laster MJ, Chortkoff BS, Kandel L, Ionescu P:* (1995) Carbon monoxide production from degradation of desflurane, enflurane isoflurane, halothane and sevoflurane by soda lime and baralyme. *Anesth Anlag* 80: 1187-1193
8. *Strum DP, Eger II EI:* (1994) The degradation, absorption, and solubility of volatile anesthetics in soda lime depend on water content. *Anesth Analg* 78: 340 - 348
9. *Zwißler B, Conzen P, Peter P:* (1998) Inhalationsanästhetika und CO₂-Absorber - Zur Problematik des trockenen Atemkalks. *Anästh Intensivmed* 39: 7-10
10. *Baum J, Enzenauer J, Krausse Th:* (1993) Atemkalk - Nutzungsdauer, Verbrauch und Kosten in Abhängigkeit vom Frischgasfluß. *Anaesthesiol Reanimat* 18: 108-113
11. *Baum J:* (1992) 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. 173-180
12. *Baxter PJ, Kharasch ED:* (1997) Rehydration of desiccated Baralyme prevents carbon monoxide formation from Desflurane in an anesthesia machine. *Anesthesiology* 86: 1061-1065
13. *Bito H, Ikeuchi Y, Ikeda K:* (1998) Effects of the water content of soda lime on Compound A concentration in the anesthesia circuit in Sevoflurane anesthesia. *Anesthesiology* 88: 66-71
14. *Moriwaki G, Bito H, Ikeda K:* (1997) 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* 79: 782-786
15. *Woehlk H:* (1997) Optimal rehydration of desiccated CO₂ absorbents. *Anesthesiology* 87: 1590
16. *Förster H, Dudziak R:* (1997) Über die Ursachen der Reaktion von trockenem Atemkalk und halogenierten Inhalationsanästhetika. *Anaesthesist* 46: 1054-1063
17. *Förster H, Warnken UH, Asskali F:* (1997) Unterschiedliche Reaktion von Sevofluran mit einzelnen Komponenten von Atemkalk. *Anaesthesist* 46: 1071-1075
18. *Funk W, Gruber M, Wild K, Hobbahn J:* (1999) Dry soda lime markedly degrades sevoflurane during simulated inhalation induction. *Br J Anaesth* 82: 193-198
19. *Wissing H, Kuhn I, Dudziak R:* (1997) Zur Temperaturentwicklung von Inhalationsanästhetika auf trockenem Atemkalk. *Anaesthesist* 46: 1064-1070
20. *Woehlk HJ, Dunning M, Conolly LA:* (1997) Reduction in the incidence of carbon monoxide exposures in humans undergoing general anesthesia. *Anesthesiology* 87: 228-234
21. *Woehlk HJ:* (1999) Severe intraoperative CO poisoning. *Anesthesiology* 90: 353-354.

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. med. *Jan Baum*
Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin
Krankenhaus St. Elisabeth-Stift
Lindenstraße 3 - 7
D-49401 Damme.

Die Mitglieder der Kommission für Normung und technische Sicherheit der DGAI:

Prof. Dr. *P. Schmucker*, Lübeck (federführend)
Prof. Dr. *J. Baum*, Damme
Prof. Dr. *W. Friesdorf*, Berlin
Prof. Dr. *F. König*, Leipzig
Dr. *B. Naujoks*, Bremen
Dr. Ing. *A. Obermayer*, Erlangen
Prof. Dr. *M. Wendt*, Greifswald
beratend: Prof. Dr. *J. Strauß*, Hannover.