

Anaesthesiologie 2022 · 71:824–833
<https://doi.org/10.1007/s00101-022-01210-y>
Angenommen: 9. September 2022
Online publiziert: 27. Oktober 2022
© The Author(s), under exclusive licence to
Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von
Springer Nature 2022



Umweltfreundliche Absorption von Narkosegasen

Erste Erfahrungen mit einem kommerziellen Narkosegasabsorbersystem

Ina-Maria Kochendörfer¹ · Peter Kienbaum² · Wolfgang Großbart³ · Rolf Rossaint¹ · Stephanie Snyder-Ramos⁴ · Linda Grüßer¹

¹ Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum RWTH Aachen, Aachen, Deutschland

² Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum Düsseldorf, Düsseldorf, Deutschland

³ Klinik für Anästhesiologie, interdisziplinäre Intensivmedizin und Notfallmedizin, KRH Klinikum Großburgwedel, Großburgwedel, Deutschland

⁴ Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin, Krankenhaus Salem, Evangelische Stadtmission Heidelberg, Heidelberg, Deutschland

Zusammenfassung

Anästhesiegase sind potente Treibhausgase, welche nach der klinischen Anwendung an die Atmosphäre abgegeben werden und dort über Jahre verbleiben. Es wird dringend nach Strategien gesucht, die den CO₂-Fußabdruck in der Anästhesiologie reduzieren, ohne die Patienten*Innensicherheit zu gefährden. Seit 2020 werden in einigen Anästhesie-Abteilungen Narkosegasabsorbersysteme verwendet, die es ermöglichen, Narkosegase zu sammeln.

Dieser Beitrag stellt das Narkosegasabsorbersystem CONTRAfluran™ (ZeoSys Medical GmbH, Luckenwalde, Deutschland) vor und soll einen Überblick über die ersten Erfahrungen von 4 Anästhesie-Abteilungen, die mit dem System in der klinischen Routine arbeiten, liefern.

Das CONTRAfluran™-System stellt ein neues Konzept im operativen Setting dar, welches das Potenzial hat, den anästhesiologischen CO₂-Fußabdruck zu verringern. Damit die CO₂-Äquivalent-Einsparungen adäquat berechnet werden können, sind detailliertere Daten zum Wiederaufarbeitungsprozess und zur Pharmakokinetik der Narkosegase notwendig. Sind den Nutzer*Innen die Besonderheiten in der Handhabung bekannt, ist die Verwendung des CONTRAfluran™-Systems in der klinischen Routine bereits heute problemlos möglich. Die Umsetzung der konkreten Handlungsempfehlungen zur ökologischen Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie und Intensivmedizin, formuliert im Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) und des Berufsverbands Deutscher Anästhesisten (BDA), bleibt für klimafreundliches Handeln essenziell. Weiterführende Forschung wird dringend gefordert.

Schlüsselwörter

Klimawandel · CO₂-Fußabdruck · Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie · Volatile Anästhetika · Wiederaufarbeitung



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Hintergrund

Der Klimawandel stellt die größte Bedrohung für die globale Gesundheit im 21. Jh. dar [5, 36]. Milliarden Menschen werden in den nächsten Jahrzehnten von den Auswirkungen betroffen sein [5]. Beispielsweise nehmen Wetterextreme, wie starke Niederschläge und Hitzewel-

len, mit all ihren verheerenden Folgen zu [6, 33]. Luftverschmutzung trägt bereits jetzt maßgeblich zur Mortalität bei Herz- und Lungenkrankheiten bei [37]. Die veränderten klimatischen Bedingungen können außerdem einen Einfluss auf die Verbreitung von durch Zecken und Mücken übertragene Infektionskrankheiten haben [4, 23]. Infolge des Verlustes



Abb. 1 ▲ CONTRAfluran™-Narkosegasabsorber mit SENSOfluran™-Füllstandskontrolle

der Biodiversität und natürlicher Lebensräume steigt das weltweite Risiko für weitere Pandemien [8, 32]. Auch wenn sie schwer zu quantifizieren sind, betreffen die nachgelagerten Auswirkungen des Klimawandels, wie Migration, Armut und kriegerische Konflikte, die Gesundheit von allen Menschen [34]. Arbeiten der Weltgesundheitsorganisation [37], des Lancet Countdown on Health and Climate Change [34] oder der World Bank [35] und Stellungnahmen medizinischer Fachgesellschaften weltweit [7, 20, 22, 27–29] unterstreichen den aktuell gegebenen Handlungsdruck im Gesundheitssystem Klimaschutzmaßnahmen schnellstmöglich zu ergreifen. In seinen Beschlüssen sieht der 125. Deutsche Ärztetag die Klimaneutralität des Gesundheitswesens bis 2030 vor [1].

Um die Klimaschutzziele zu erreichen, müsste der CO₂-Fußabdruck pro Bundesbürger*Innen unter 1 t CO₂-Äquivalente (CO₂e) jährlich gesenkt werden [31]. Die Maßeinheit CO₂e beschreibt die Klimawirkung eines Gases im Vergleich zu CO₂ über einen definierten Zeitraum, der meistens mit 100 Jahren festgelegt wird (Global War-

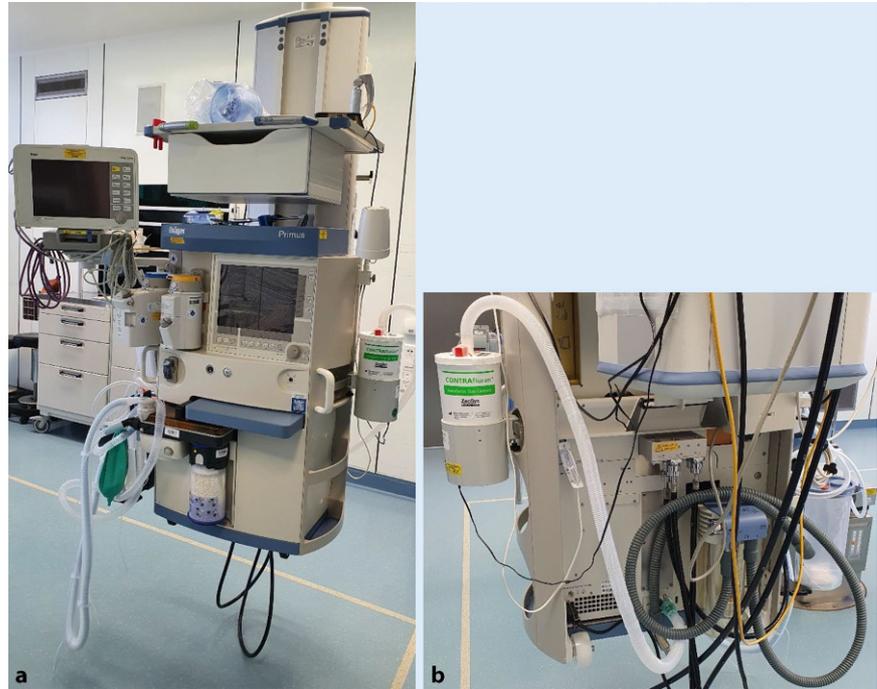


Abb. 2 ▲ Installation des CONTRAfluran™-Narkosegasabsorbers mit der SENSOfluran™-Füllstandskontrolle am Narkosegerät. a Vorderseite, b Rückseite

ming Potential 100, GWP₁₀₀), wie auch in diesem Beitrag. Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass es für Anästhesist*Innen auch die Forderung gibt, das GWP₁ zu betrachten, da sich das GWP₁₀₀ auf die Zukunft bezieht und erst relevant wird, wenn die Nutzung der volatilen Anästhetika jetzt beendet werden würde. Das GWP₁ könnte, da der maximale Umwelteinfluss der volatilen Anästhetika kurzfristig erreicht wird und dann über die Jahre abnimmt, in Bezug auf den aktuellen Vergleich und Quantifizierung für Anästhesist*Innen sinnvoller sein [17]. Während für durchschnittliche Bürger*Innen in Deutschland für das Jahr 2020 ein CO₂e-Fußabdruck von ca. 11 t CO₂e pro Kopf und Jahr angenommen wird [30], berechnete eine Studie der Kliniken des Landkreises Karlsruhe, dass die berufsbedingten CO₂e-Emissionen für die dort arbeitenden Anästhesist*Innen ca. 17,1 t pro Kopf und Jahr betragen [18]. Durch den Verzicht auf die Verwendung von Desfluran wurde dieser Wert auf 5,4 t CO₂e gesenkt [18]. Der Gesundheitssektor selbst ist für ca. 5 % der globalen CO₂e-Emissionen verantwortlich [14], das ist mehr als der weltweite Flugverkehr. In der Anäs-

thesiologie macht insbesondere die Wahl des volatilen Anästhetikums einen Großteil des CO₂e-Fußabdrucks aus [18, 22]. Anästhesiegase sind potente Treibhausgase – umgerechnet in Autokilometer entspricht der CO₂e-Fußabdruck bei einem Frischgasfluss von 1 l/h für eine einstündige Narkose mit Sevofluran etwa einer Autofahrt von ca. 6 km und für eine einstündige Narkose mit Desfluran sogar 50-mal so viel, etwa 300 km [22, 24, 25]. Wird sich auf den GWP₁-Wert bezogen, wird die Strecke für Sevofluran mit 224 km und für Desfluran mit 1121 km angegeben [17]. Allein in Deutschland werden pro Jahr schätzungsweise 7 Mio. Narkosen mit volatilen Anästhetika durchgeführt [10]. Momentan werden Narkosegase in den meisten Fällen über ein klinikinternes Abluftsystem an die Atmosphäre abgegeben.

Global gesehen, kann der genaue Anteil der Narkosegase am gesamten CO₂e-Fußabdruck des Gesundheitssektors momentan nicht genau bemessen werden. Man geht von 0,6 % aus [14], allerdings zeigte eine Untersuchung mit 3 Krankenhäusern in 3 verschiedenen Ländern, dass dieser Anteil je nach eingesetztem Anäs-



Abb. 3 ◀ Narkosegasabsorber mit Aktivkohle

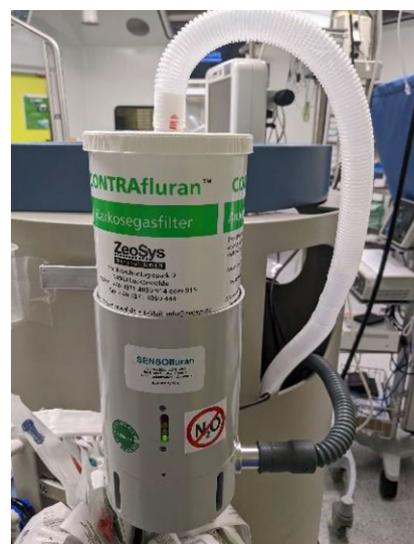


Abb. 4 ▲ SENSOfuran^{PLUS}-System mit Narkosegasabsaugung

thesiegas sehr stark schwankte und zwischen 4 % und 63 % des gesamten CO₂-Fußabdrucks des OP-Bereichs betrug [15]. Der Großteil der gesamten CO₂-Emissionen in den untersuchten OP-Bereichen war auf den Energieverbrauch und den Einsatz von Desfluran zurückzuführen [15].

Auch die Anästhesiologie muss sich ihrer gesellschaftlichen Verantwortung stellen und nach Möglichkeiten suchen, die Umweltauswirkungen so gering wie möglich zu halten. In dem Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) und des Berufsverbands Deutscher Anästhesisten (BDA) zur ökologischen Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie und Intensivmedizin wurde bereits eine Reduktion des Frischgasflusses empfohlen und innovative Forschung gefordert [22]. Einen wichtigen Ansatz stellt die Wiederverwendung von Narkosegasen dar. In Deutschland werden seit 2020 die ersten Narkosegasabsorber CONTRAfluran™ (ZeoSys Medical GmbH, Luckenwalde, Deutschland) am Anästhesiarbeitsplatz eingesetzt. Auf Intensivstationen sind vergleichbare Narkosegasabsorbersysteme im Zusammenhang mit inhalativer Sedierung seit 2011 im Einsatz. Die dort verwendeten Systeme wurden bisher durch Verbrennung entsorgt.

In diesem Übersichtsartikel werden die Funktionsweise, der Wiederaufarbeitungsprozess und die ersten praktischen Erfahrungen mit dem Narkosegasabsorber

CONTRAfluran™ im Alltag von 4 Kliniken vorgestellt. Diese wurden von den Verantwortlichen der Klinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikum RWTH Aachen, des Universitätsklinikum Düsseldorf, dem KRH Klinikum Großburgwedel und dem Krankenhaus Salem in Heidelberg zusammengetragen.

Zusätzlich wurden Informationen bei dem Hersteller ZeoSys Medical GmbH schriftlich und in persönlichen Gesprächen eingeholt. Dadurch sollten u.a. Details zum Wiederaufarbeitungsprozess und zur Verbreitung des Systems in Deutschland geklärt werden.

Aufbau und Funktion der Absorber

Das CONTRAfluran™-System setzt sich zusammen aus dem CONTRAfluran™-Narkosegasabsorber und der SENSOfuran™-Füllstandskontrolle (▣ Abb. 1 und 2).

Das Narkosegasabsorbersystem wird an einer vorgefertigten Normschiene des Narkosegeräts angebracht und über einen Faltschlauch am Anästhesiegasausgang des Gerätes konnektiert. Die SENSOfuran™-Füllstandskontrolle besteht aus der Halterung für den Absorber und enthält einen Narkosegassensor zur Überwachung des Absorberfüllstands [38]. Der Narkosegasabsorber besteht aus einer Kunststoffkartusche (Polypropylen), der mit selektiv wirkenden und mikroporösen Festkörpern, Aktivkohle aus Kokos-

nusschalen, gefüllt ist (▣ Abb. 3). Das SENSOfuran™-System wurde für die Anwendung ohne Anschluss an die zentrale Narkosegasabsaugung konzipiert, wobei die überschüssigen Gase über einen Faltschlauch direkt durch den Narkosegasabsorber geleitet werden.

Durch den grobporigen Aufbau und den daraus resultierenden geringen Widerstands fließt die Expirationsluft der Patienten*Innen passiv durch den Narkosegasabsorber. Die volatilen Anästhetika werden im Absorber physikalisch an die Aktivkohle gebunden. Dabei ändert sich ihr Aggregatzustand über gasförmig/flüssig in fest. Aufgefangen werden können die fluorierten Kohlenwasserstoffe Isofluran, Sevofluran und Desfluran. Lachgas wird aufgrund seiner Molekülgröße nicht absorbiert und ist somit nicht wiederverwendbar. Laut dem Hersteller ZeoSys Medical GmbH, der ein Kooperationspartner der Fa. Baxter ist, kann ein Narkosegasabsorber eine Flasche Narkosegas (240–250 ml) auffangen. Bei Minimal flow können bis maximal 330 ml volatiles Anästhetikum aufgefangen werden. Absorption und Desorption stehen im Gleichgewicht. Bei hohem Fluss werden die (wenigen) Moleküle, die zu einem Zeitpunkt nicht absorbiert sind, weggespült und können ab einem bestimmten Beladungsgrad des Absorbers nicht direkt wieder absorbiert werden, sodass der Sensor dann schneller eine Sättigung detektiert und alarmiert. Laut den Erfahrungen

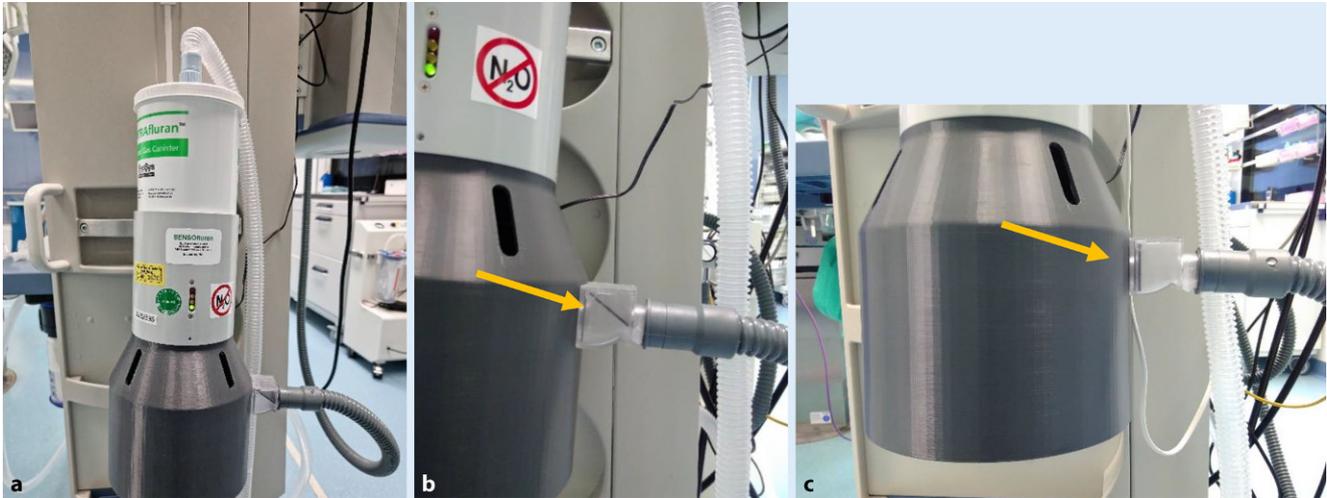


Abb. 5 ▲ a SENSOfuran^{Connect}-System mit Narkosegasabsaugung und Betriebsbereitschaftsanzeige in Form einer Klappe. b Klappe geöffnet, d. h. betriebsbereit; c geschlossene Klappe bei fehlendem Sog der zentralen Narkosegasabsaugung

der 4 genannten Häuser können 1 bis 3 Flaschen Narkosegas eingesetzt werden, bis es zu einer Alarmierung der Füllstandskontrolle kommt. Da die Alarmierung sicher funktioniert, sollte untersucht werden, wie groß die Fraktion des absorbierten Narkosegases in Bezug auf das eingesetzte Narkosegas tatsächlich ist. Dies ist Gegenstand aktueller Forschung (s. auch Abschnitt „Verbrauch der Häuser und Potenzial zur Einsparung von CO₂-Äquivalenten“). Hinterberg et al. stellten in der ersten systematischen Untersuchung von 80 Desflurannarkosen fest, dass abhängig von gewählter Konzentration und Applikationsdauer durchschnittlich nur 25 % des eingesetzten Desflurans im Absorber aufgefangen wurden [12]. Da die Funktion der Absorber sichergestellt ist, stellt sich die Frage, wo das restliche Gas verbleibt. Untersuchungen im Simulationsmodell deuten darauf hin, dass ein substantieller Anteil erst Stunden nach der Extubation von den Patient*Innen abgeatmet wird [12]. Ferner müssen Verluste durch Undichtigkeiten im Kreisteil bzw. im Bereich des in der Trachea einliegenden Atemweg-Device angenommen werden.

Neben dem SENSOfuranTM-System gibt es das SENSOfuran^{PLUS}-System (▣ Abb. 4). Dieses ist an die zentrale Narkosegasabsaugung angeschlossen. In der Testphase zur Zertifizierung der DIN-ISO-Norm 80-601-2-13 und im Krankenhaus Salem im Probeneinsatz befindet sich das SENSOfuran^{Connect}-System (▣ Abb. 5a),

welches ebenfalls an die zentrale Narkosegasabsaugung angeschlossen ist, aber zusätzlich noch über eine Betriebsbereitschaftsanzeige in Form einer Klappe am Auslassstutzen (▣ Abb. 5b, c) verfügt. Diese öffnet sich im 45°-Winkel bei Vorliegen des Absaugflusses, sodass der kontinuierliche Flow der Narkosegasabsaugung visuell kontrolliert werden kann.

Wiederaufarbeitungsprozess

Es liegen bisher keine öffentlichen, von unabhängigen Institutionen erhobenen Daten zum Wiederaufarbeitungsprozess vor. Die vollen Narkosegasabsorber werden an die Fa. ZeoSys Medical GmbH nach Luckenwalde in Brandenburg versendet. Gemäß Angaben der Firma werden die Flurane dort in den CONTRAfluranTM-Narkosegasabsorbern mithilfe von Wasserdampf unter Sterilbedingungen von der Aktivkohle verdrängt. Dies geschieht mit einer Effektivität von fast 100 %. Das dabei entstehende Desorbat wird anschließend destillativ aufgereinigt. Dabei ist laut ZeoSys Medical aktuell eine Rückgewinnung von 90 % möglich. Dass die volatilen Anästhetika über einen Destillationsvorgang zurückgewonnen werden erklärt, warum Sevofluran und Isofluran nicht im selben Absorber gesammelt werden sollten, da eine Auftrennung der Gase aufgrund ihres ähnlichen Siedepunktes sonst nicht möglich wäre. Sevofluran und Desfluran bzw. Isofluran und

Desfluran können gemeinsam gesammelt werden.

Über die gesamte für den Wiederaufarbeitungsprozess benötigte Menge an Energie und bezüglich anderer Umweltauswirkungen liegen den Autoren*Innen gegenwärtig keine detaillierten Daten vor.

Die Medikamentenzulassung für das wiederaufgearbeitete Sevofluran erfolgte bereits Ende 2017 [38]. Zu diesem Zeitpunkt war das CONTRAfluranTM-System allerdings noch nicht weit verbreitet, und es lag zunächst nicht genug Material für den Wiederaufarbeitungsprozess vor. Aus diesem Grund wurden die Narkosegasabsorber vorerst eingelagert. Eine stabile Lagerung ist bis zu 5 Jahre möglich. Nachdem alle Zertifikate eingeholt sind, soll das erste wiederaufgearbeitete Sevofluran bis Ende 2022 auf den Markt kommen. Der Wiedergewinnungsprozess für Desfluran wird laut ZeoSys Medical GmbH momentan validiert und eine Zulassung bis Mitte 2023 angestrebt, danach soll der Validierungsprozess für Isofluran starten.

Die anderen Bestandteile des Systems werden aktuell der Entsorgung zugeführt. Das Polypropylen der CONTRAfluranTM-Narkosegasabsorber könnte potenziell wiederverwendet werden [2]. Laut Angaben der Firma laufen Vorbereitungen zur Reaktivierung der Aktivkohle, um diese mehrfach verwenden zu können. Die Aluminiumflaschen der Fa. Baxter International, in denen die volatilen Anästhetika gelie-

Tab. 1 Narkosegasverbrauch und entsprechende CO₂-Äquivalente (GWP₁₀₀), berechnet mithilfe des *Annual Anaesthetic Departmental Calculator* des *Royal College of Anaesthetists* [19]

Krankenhaus	Narkosegasverbrauch 2020				
	Desfluran		Sevofluran		Narkosegase, insgesamt
	Flaschen (à 240 ml)	CO _{2ä} (t)	Flaschen (à 250 ml)	CO _{2ä} (t)	CO _{2ä} insgesamt (t)
Krankenhaus Salem, Heidelberg	324	309,9	108	8,1	317,9
UK Aachen	450	430,4	720	53,8	484,2
UK Düsseldorf	2650	2534,3	500	37,4	2571,7

fert werden, sind recyclingfähig, werden aktuell aber noch nicht recycelt.

Verbreitung

In Aachen werden aktuell 5 OP mit dem CONTRAfluran™-System betrieben; die Umrüstung von 17 weiteren Narkosegeräten wird vorbereitet. In Düsseldorf werden die Narkosegasabsorber in 5 OP eingesetzt, im Krankenhaus Salem in 6 OP sowie in 2 Einleitungsräumen. Im Krankenhaus Großburgwedel wurden in einer vorrübergehenden Pilotphase 6 OP sowie Beatmungsgeräte auf der Intensivstation ausgestattet. In allen Kliniken arbeiteten Assistenzärzt*innen und Fachärzt*innen mit dem System.

Die Fa. ZeoSys Medical GmbH teilte mit, dass sie in der Schweiz, in Österreich und Deutschland insgesamt ca. 100 Kund*innen hat, von denen rund zwei Dritteln der Nutzer*innen im Intensivbereich, 10% Anästhesieabteilungen und der Rest niedergelassene Anästhesiepraxen sind. Die Fa. Baxter International hat ein weltweites Vertriebsrecht. Hier ist die Zahl der Kund*innen den Autor*innen nicht bekannt. In Kanada und im Vereinigten Königreich gibt es weitere Unternehmen, die Narkosegase wiederverwenden [3, 21]. Inwiefern die Produkte dort verbreitet sind, ist den Autor*innen nicht bekannt. Ferner ist unklar, inwieweit weitere internationale Unternehmen an der Wiederaufarbeitung von Narkosegasen arbeiten.

Gasverbrauch der Häuser und Potenzial zur Einsparung von CO₂-Äquivalenten

Geht man allein von den Einkaufszahlen aus, um Rückschlüsse auf den Narkosegasverbrauch zu ziehen, kann angegeben werden, wie viel t CO_{2ä} die Menge an genutztem Narkosegas entspricht.

Im Krankenhaus Salem, Heidelberg, waren 2020 bereits 6 OP mit dem CONTRAfluran™-System ausgestattet, und es wurden 324 Fl. Desfluran und 108 Fl. Sevofluran eingekauft. Mithilfe eines CO₂-Äquivalenzrechners [19] können die Milliliter (ml) des flüssigen Narkosegases in Tonnen (t) CO_{2ä} umgerechnet werden. Die zugrunde liegenden Werte des GWP₁₀₀ der verschiedenen Gase variieren in der Literatur [13, 26]. Hier wurde sich auf den Annual Anaesthetic Departmental Calculator des Royal College of Anaesthetists und die Publikation von Hodnebrog et al. bezogen [13, 19]. Für 1 ml Desfluran werden ca. 4 kg CO_{2ä} und für 1 ml Sevofluran ca. 0,3 kg CO_{2ä} angegeben, für Sevofluran wird mit einer Metabolisierungsrate von 4% gerechnet. Für das Krankenhaus Salem, Heidelberg, wurde berechnet, dass im Jahr 2020 309,9 t CO_{2ä} in Bezug Desfluran und 8,1 t CO_{2ä} in Bezug Sevofluran, also insgesamt über 317 t CO_{2ä} durch Narkosegase anfielen. Um 1 t CO₂ aufzunehmen, müsste eine Buche ca. 80 Jahre wachsen [11], dieser Wert entspricht einer Fahrt über fast 5000 km mit einem Mittelklasse-Benziner. Für das Jahr 2020 konnten die Autor*innen der Universitätskliniken Aachen und Düsseldorf ebenfalls nachvollziehen, wie viel Narkosegas eingekauft wurde. Insgesamt wurden in Düsseldorf 2650 Fl. Desfluran und 500 Fl. Sevofluran, in Aachen 450 Fl. Desfluran und 720 Fl. Sevofluran eingekauft. Dies entspricht in Düsseldorf 2534,3 t CO_{2ä} in Bezug auf Desfluran und 37,4 t CO_{2ä} in Bezug auf Sevofluran, also insgesamt über 2570 t CO_{2ä}. Für Aachen entspricht dies 430,4 t CO_{2ä} in Bezug Desfluran und 53,8 t CO_{2ä} in Bezug auf Sevofluran, also insgesamt über 484,2 t CO_{2ä} (■ Tab. 1).

In Aachen und Düsseldorf war das CONTRAfluran™-System 2020 noch nicht durchgängig im Einsatz. Wie oben be-

schrieben, kann nicht davon ausgegangen werden, dass die auf Basis der Einkaufszahlen berechneten t CO_{2ä} durch das CONTRAfluran™-System komplett eingespart wurden. Um die konkreten Einsparungen angeben zu können, hätten die zurückgesendeten Absorber ausgewertet werden müssen. Geht man für beide Narkosegase von den durchschnittlichen 25% aus, die Hinterberg et al. allerdings nur für die untersuchten *Desflurannarkosen* festgestellt haben [12], wären in dem betrachteten Zeitraum im Krankenhaus Salem 79,5 von 317 t CO_{2ä} in Düsseldorf 642,9 von 2571,7 t CO_{2ä}, in Aachen insgesamt 121,1 von 484,2 t CO_{2ä} eingespart worden.

Ferner kann zurzeit nicht quantifiziert werden, wie viele t CO_{2ä} für den Wiederaufarbeitungsprozess anzurechnen sind. Eine umfassende, von unabhängigen Institutionen durchgeführte Lebenszyklusanalyse nach DIN ISO 14040/44 wird von den Autor*innen gefordert. Der Transport der Narkosegasabsorber von Luckenwalde zu den Krankenhäusern und zurück kann in Zukunft vernachlässigt werden, da mit jedem Abtransport voller Absorber wiederaufgearbeitetes Gas und neue Absorber nachgeliefert werden sollen.

Rechtliche Aspekte

Alle Produkte mit medizinischer Zweckbestimmung, die vom Hersteller für die Anwendung am Menschen bestimmt sind, unterliegen dem Medizinproduktegesetz und sind in Risikoklassen eingeteilt (I–IV, geringes bis hohes Risiko). Das CONTRAfluran™-System ist ein Medizinprodukt der Klasse I; jedes in Deutschlands Kliniken genutzte Beatmungsgerät stellt ein Medizinprodukt der Klasse IIb dar. Rechtlich handelt es sich um eine Kombination zweier Medizinprodukte innerhalb

ihrer Zweckbestimmung. Diese Kombination wurde allerdings nicht vom Narkosegerätehersteller getestet. Die DIN ISO-Norm 80601-2-13 sieht einen Anschluss an eine zentrale Narkosegasabsaugung und eine Betriebsbereitschaftsanzeige vor. Dem würde das Arbeiten mit der SENSOfluran^{Connect}, welcher gerade, wie oben beschrieben in der Testphase ist, entsprechen, nicht aber die Nutzung des SENSOfluranTM (kein Anschluss an die zentrale Narkosegasabsaugung) oder SENSOfluran^{PLUS} (Anschluss an die zentrale Narkosegasabsaugung, aber keine Betriebsbereitschaftsanzeige). In Zusammenschau ist damit vor Inbetriebnahme eine Risikobewertung durch die Anwender*Innen erforderlich. Diese wurde in den Häusern, die hier ihre Erfahrungen zusammentragen, durch unterschiedliche Personen verantwortet: am Universitätsklinikum in Aachen durch den Chefarzt, im Krankenhaus Salem durch die Medizintechnik und im Klinikum KRH Großburgwedel durch die Arbeitssicherheit. Am Universitätsklinikum Düsseldorf erfolgte die Risikobewertung durch Mitarbeiter*Innen

der Medizintechnik und Arbeitssicherheit gemeinsam mit dem Medizinprodukteverantwortlichen des Unternehmens.

Ein Abknicken des vom Beatmungsgerät wegführenden Schlauches beim Arbeiten ohne das CONTRAfluranTM-System kann durch die Betriebsbereitschaftsanzeige detektiert werden, während dies beim Arbeiten mit dem SENSOfluranTM- und SENSOfluran^{PLUS}-System nicht der Fall ist. Kann Narkosegas aufgrund einer Blockierung nicht abgeleitet werden, strömt es in Abhängigkeit des verwendeten Frischgasflusses aus dem Narkosegerät auf anderen Wegen in die Umgebungsluft, und es kann zu einer Arbeitsplatzbelastung kommen. Der Nullabgleich zur Gasmessung des Beatmungsgeräts wird mit der Raumluft durchgeführt, sodass falsche Werte angezeigt werden könnten. Der routinemäßige Gerätecheck zu Beginn des Arbeitstages beinhaltet u. a. aus diesem Grund die Überprüfung der Funktion der Narkosegasabsaugung mit Blick auf die Betriebsbereitschaftsanzeige. Wird das SENSOfluranTM- oder SENSOfluran^{PLUS}-System genutzt, müssen stattdessen die

Schläuche visuell überprüft werden. In allen Szenarien sind den Autor*Innen keine Situationen bekannt, in denen es zu einer Blockierung eines Schlauches kam, ohne dass vorher das Beatmungsgerät im Wissen der behandelnden Ärzt*innen verschoben wurde.

In Bezug auf Arbeitssicherheit gelten ferner die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 525 „Gefahrstoffe in Einrichtungen der medizinischen Versorgung“ und TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“. Hierin wird das Vorgehen zur Minimierung des Kontaminationsrisikos des Anästhesiearbeitsplatzes festgelegt. Eine erhöhte Arbeitsplatzbelastung wurde beim Arbeiten mit den CONTRAfluranTM-Absorberricht nicht festgestellt. Aspekte zur Luftatmosphäre im Bereich des Narkosegerätes im Zusammenhang mit dem SENSOfluranTM-System werden unten beschrieben.

Hier steht eine Anzeige.

 Springer

Kompatibilität mit Narkosegeräten

Die CONTRAfluran™-Narkosegasabsorbersysteme können mit allen Narkosegeräten, die im „Passivmodus“ betrieben werden (passives Anästhesiegas-Aufnahmesystem), verwendet werden. Narkosegeräte im „Aktivmodus“ müssen vor Inbetriebnahme der Narkosegasabsorber (beide Prototypen) mithilfe eines Software-Updates durch den Hersteller in den „Passivmodus“ umprogrammiert bzw. aufgerüstet werden. Die meisten Narkosegeräte von Dräger (Drägerwerk AG & Co. KGaA, Lübeck, Deutschland), alle GE (GE Healthcare GmbH, Solingen, Deutschland)- und Mindray (Mindray Medical Germany GmbH, Darmstadt, Deutschland)-Geräte sowie Löwenstein (Löwenstein Medical SE & Co. KG, Bad Ems, Deutschland) Leon/Leon Plus sind somit kompatibel. Beim Dräger Perseus muss ferner der Pufferbehälter im Gerät ausgetauscht werden, da es ansonsten durch die offene Bauweise zu einer Kontamination der Umgebungsluft mit volatilen Anästhetika kommen würde.

Fehlalarmierungen

Eine Herausforderung stellte aus Sicht der Autor*Innen die Behebung der, v.a. in der Anfangszeit häufiger auftretenden, (Fehl-)Alarmierungen der Füllstandsanzeige dar. So beschrieben die befragten Benutzer*Innen, dass das System insbesondere in der Nähe von kohlenwasserstoffhaltigen Desinfektionsmitteln alarmierte. Um die maximale Sicherheit zu gewährleisten, ist der Sensor sehr sensibel eingestellt, konnte aber aufgrund der molekularen Ähnlichkeit von Ethanol und den volatilen Anästhetika nicht zuverlässig zwischen beiden Stoffen unterscheiden. In Aachen kam es beispielsweise häufig zu Alarmierungen, weil das Narkosegerät mit dem CONTRAfluran™-System direkt neben der Tür zu den chirurgischen Waschräumen platziert ist. Auch das großflächige Abwaschen der Patient*Innen im OP mit alkoholischen Desinfektionsmittel löste mitunter Fehlalarme aus.

In Düsseldorf waren die CONTRAfluran™-Systeme zunächst nahe dem Boden, der auch mit ethanolhaltigem Desinfektionsmittel gereinigt wird, montiert. Nachdem eine größere räumliche Distanz

zwischen Narkosegasabsorber und jegliche Art von ethanolhaltiger Flüssigkeit gebracht wurde, nahm die Zahl der Fehlalarme in allen befragten Kliniken deutlich ab. Es ist darauf hinzuweisen, dass durch ein kurzes Anheben des Narkosegasabsorbers eine Neukalibrierung des Füllstands erfolgt. Da die Narkosegasabsorber bei Anbruch mit dem Datum versehen werden und ein Absorber mindestens 240 ml volatile Anästhetika aufnehmen kann, ist dieser Fehler durch ein Anheben des Absorbers bei nicht plausiblen Alarm durch die erfolgende Neukalibrierung gut zu beheben. In der durchgeführten Befragung der ersten Kliniken, die Erfahrungen mit diesem System gesammelt haben, nahm die Akzeptanz der Mitarbeitenden mit der Abnahme der Fehlalarme zu. Inzwischen wurden neu programmierte Sensoren in die Platinen eingebaut, die bereits im Krankenhaus Salem im Einsatz sind. Dort treten Fehlalarme nun nur noch selten auf. Auf die Wechselfrequenz der Absorber hat der Einbau des neuen Sensors keinen Einfluss gezeigt.

Luftatmosphäre im Bereich des Narkosegeräts

Bei Narkosegeräten, die an eine zentrale Narkosegasabsaugung angeschlossen sind, verlässt die Expirationsluft die Patient*Innen durch den antibakteriellen Filter und das Narkosegerät in eine Absaugvorrichtung. Von dort aus wird die Luft über einen weiteren Filter aus der Absaugung in die Atmosphäre außerhalb des Krankenhauses geleitet.

Wird anstelle der Absaugung das SENSOfuran™-System genutzt, wird die Expirationsluft der Patient*Innen durch den antibakteriellen Filter und den Narkosegasabsorber geleitet, bevor sie in den OP abgegeben wird. Aktuell erfolgen in Düsseldorf und in Aachen atmosphärische Messungen im Bereich des Narkosegerätes im OP, um einen evtl. Austritt von Narkosegas aus dem Absorber oder eine erhöhte Sauerstoffkonzentration, die im Bereich von elektrischen Geräten aufgrund von Brandgefahr vermieden werden sollte, zu erfassen. Mit Blick auf die Sauerstoffkonzentrationen am Auslass des Absorbers sind die Konzentrationen vergleichbar derer auf jeder Intensivstation, auf der seit

Jahrzehnten offen Systeme verwendet werden und die Abluft der Intensivbeatmungsgeräte in die Umgebungsluft des Patientenzimmers, in dem sich ebenfalls elektrische Geräte befinden, geleitet wird. Die oben beschriebene ISO-Norm 80601-2-13, die einen Anschluss an eine Narkosegasabsaugung vorsieht, zielt u.a. darauf ab, Brandquellen aufgrund von hohen Sauerstoffkonzentration im OP in Kombination mit beispielsweise der Verwendung elektrischer Messer (oder historisch durch Äthernarkosen), zu vermeiden. Es lässt sich diskutieren, ob dies in Zeiten von hochkomplexen Einlungeneingriffen, welche erst durch eine Beatmung mit 100%igem Sauerstoff ermöglicht werden und bei denen die direkte Umgebungsluft zu chirurgischen elektronischen Geräten sicherlich eine erhöhte Sauerstoffkonzentration aufweist, noch aktuell ist. Auch bei Analgosedierungen mit Sauerstoffsufflation über die Maske oder anderen undichten Atemweg-Devices kann es zu erhöhten Sauerstoffkonzentrationen im OP kommen. Den Autor*Innen sind aus keiner der Situationen Brände bekannt.

Messungen der Narkosegaskonzentration, die 2019 im KRH Klinik Großburgwedel durchgeführt wurden, zeigten eine ähnliche Arbeitsplatzbelastung durch Sevofluran mit dem CONTRAfluran™-System wie ohne Narkosegasabsorber und mit Absaugung (nichtveröffentlichte Daten). Dies entspricht den Ergebnissen einer kleinen experimentellen Studie auf einer spanischen postoperativen Intensivstation, in der sich die Administration von Sevofluran mithilfe des AnaConDa®-Systems in Kombination mit CONTRAfluran™-Narkosegasabsorbern als sicher erwies [9].

Im Allgemeinen ist die Anwendung von CONTRAfluran™-Narkosegasabsorbern im OP analog zur Praxis in der Intensivmedizin oder ambulanten Anästhesie, in denen seit über 25 Jahren Aktivkohleabsorber zum Auffangen von Isofluran und Sevofluran genutzt werden, hier allerdings sogar ohne Füllstandsanzeige.

Kosten

Die Kosten für die Narkosegasabsorber werden mit 33,50 €/Stück, für die Sensoreinheit mit 199 €/Stück angegeben. Eine Kalibrierung ist einmal jährlich notwendig

und wird mit 120 € veranschlagt. Die Preise können je nach Bestellmenge neu verhandelt werden. Einsparpotenziale können sich aus der Umgehung der zentralen Narkosegasabsaugung ergeben. Die Autor*Innen empfehlen eine systematische Kostenanalyse pro eingesparter t CO_{2a}. Dafür müssten genauere Daten dazu erhoben werden, wie viele Flaschen Narkosegas pro Absorber im Alltag eingesetzt werden können. Im Hinblick auf eine potenzielle zukünftige CO_{2a}-Bepreisung wäre zudem eine Untersuchung des CO_{2a}-Fußabdrucks pro Case sinnvoll.

Zentrale Narkosegasabsaugung

Narkosegeräte, die mit dem SENSOfluran™-System ausgestattet sind, müssen nicht mehr an eine zentrale Narkosegasabsaugung angeschlossen werden. Eine Nichtnutzung der zentralen Narkosegasabsaugung entspricht nicht der ISO-Norm 80601-2-13, wie im Abschn. „Rechtliche Aspekte“ beschrieben. Der genaue Stromverbrauch der zentralen Absaugung variiert von System zu System und von Haus zu Haus, sodass die Stromersparnis schwierig zu beziffern ist. Ein Vorteil des SENSOfluran™-Systems ist, dass es das Arbeiten mit einem Narkosegas in Räumlichkeiten gänzlich ohne Absaugung ermöglicht. In der ambulanten Anästhesie werden bereits Narkosegasabsorber, allerdings häufig ohne Wiederverwendungsfunktion, genutzt.

Narkoseführung

Die Narkoseführung bleibt von der Nutzung eines CONTRAfluran™-Systems unbeeinflusst. Wie oben geschildert, gilt es zu beachten, dass trotz eines CONTRAfluran™-Systems ein gewisser Anteil des Narkosegases in den Patient*Innen verbleibt und erst nach der Extubation ungefiltert in die Atmosphäre abgegeben wird [12] und ferner werden Verluste durch Undichtigkeiten angenommen. Auch davon ist abhängig, inwieweit das CONTRAfluran™-System den anästhesiologischen CO_{2a}-Fußabdruck genau verringern kann. Die Möglichkeit zur Wiederverwendung von Narkosegas sollte Anästhesist*Innen nicht davon abhalten, einen konsequenten Minimal Flow zu verwenden. Es sei darauf hingewiesen, dass

sich bei einer Halbierung des Frischgasflusses die Emissionen ebenfalls halbieren. Die Ergebnisse von Hinterberg et al. [12] unterstreichen ferner die Wichtigkeit, auch bei Anwendung des CONTRAfluran™-Systems die Nutzung von Desfluran auf die Fälle zu beschränken, in denen dies aus medizinischen Gründen dringend erforderlich erscheint, wie im Positionspapier der DGAI und des BDA zur ökologischen Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie und Intensivmedizin empfohlen [22].

Es werden dringend weitere Studien gefordert, die in interdisziplinärer Zusammenarbeit mit Umweltingenieur*Innen die Umweltauswirkungen verschiedener Narkoseformen mit der einer Gasnarkose auch in Kombination mit dem CONTRAfluran™-System vergleichen. Die wissenschaftliche Untersuchung der einzelnen Narkoseformen sollte auch immer Kontext des jeweiligen Gesundheitssystems erfolgen. Eine neuere Arbeit aus dem australischen Gesundheitssystem von McGain et al. verglich die CO_{2a}-Fußabdrücke von Spinalanästhesie, Vollnarkose und der Kombination beider bei Kniegelenkersatzoperationen und fand keine signifikanten Unterschiede [16]. In der Bewertung sind allerdings grundlegende Verschiedenheiten im Vergleich zum deutschen System zu beachten, wie der hohe Sauerstoffverbrauch bei den untersuchten Spinalanästhesien oder der zugrunde liegende Strommix in Australien.

Bis weitere Studien vorliegen, gelten die Handlungsempfehlungen zur umweltfreundlichen Narkoseführung des Positionspapiers der DGAI und des BDA zur ökologischen Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie und Intensivmedizin [22].

Fazit

Das CONTRAfluran™-System ist ein innovatives Konzept, welches das Potenzial hat, den anästhesiologischen CO_{2a}-Fußabdruck mit einer einfach umsetzbaren und geringinvestiven Maßnahme zu verringern. Damit die Einsparungen der CO₂-Äquivalente berechnet werden können, sind detailliertere Informationen zum Wiederaufarbeitungsprozess und eine gesamte, von unabhängigen Institutionen durchgeführte Lebenszyklusanalyse, sowie weitere Daten zum Anteil des Narkosegases, welches erst

postoperativ abgeatmet wird, notwendig. Sind den Nutzer*Innen die Besonderheiten in der rechtlichen und gerätespezifischen Handhabung bekannt, ist die Anwendung des CONTRAfluran™-Systems in der klinischen Routine bereits heute einfach und unproblematisch. Breit gestreute Informationen über klimaschädigende Effekte der Narkosegase und die Umsetzung der Empfehlungen des Positionspapiers der DGAI und des BDA mit konkreten Handlungsempfehlungen zur Ökologischen Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie und Intensivmedizin, wie ein konsequenter Minimal Flow und die Beschränkung der Desfluranutzung auf Fälle, in denen die Nutzung aus medizinischen Gründen dringend erforderlich erscheint [22], bleiben für klimafreundliches Handeln essenziell. Weiterführende Studien werden dringend empfohlen.

Korrespondenzadresse



Dr. Linda Grüßer

Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum RWTH Aachen
Aachen, Deutschland
lgruesser@ukaachen.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. P. Kienbaum: Consulting fees: Baxter Germany, TEVAR ratiopharm GmbH; Payment for lectures: Baxter Germany, Orion Pharma Germany, Participation on a Data Safety Monitoring Board or Advisory Board: DAMB (HandiCAP-Trial Munster), Ad-Board (TEVAR ratiopharm). S. Snyder-Ramos: Pilot site for further product development of CONTRAfluran™: ZeoSys Medical GmbH; Payment for lectures: Baxter Germany. L. Grüßer: Payment for lecture: Baxter Germany. I.-M. Kochendörfer, W. Großart und R. Rossaint geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Erfahrungsbericht ist kein Ethikvotum notwendig.

Literatur

1. 125. Deutscher Ärztetag. Beschlussprotokoll. Bundesärztekammer. https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/pdf-Ordner/125.DAET/Beschlussprotokoll_125DAET2021_Stand_24112021.pdf. Zugegriffen: 4. Mai 2022
2. Arbeitsgemeinschaft Verpackung + Umwelt. Materialfraktion Polypropylen (PP). <https://www.agvu.de/de/polypropylen-pp-147/>. Zugegriffen: 9. Febr. 2022
3. Blue-Zone Deltasorb. <https://www.bluezone.ca/>. Zugegriffen: 9. Febr. 2022
4. Bruguera S, Fernández-Martínez B, Martínez-De La Puente J et al (2020) Environmental drivers, climate change and emergent diseases transmitted by mosquitoes and their vectors in southern Europe: A systematic review. *Environ Res* 191:110038
5. Costello A, Abbas M, Allen A et al (2009) Managing the health effects of climate change: Lancet and University College London Institute for Global Health Commission. *Lancet* 373:1693–1733
6. Coumou D, Rahmstorf S (2012) A decade of weather extremes. *Nature Clim Change* 2:491–496
7. Crowley R, For the Health and Public Policy Committee of the American College of Physician (2016) Climate change and health: a position paper of the American college of physicians. *Ann Intern Med* 164:608–610
8. IPBES, Daszak P, Amuasi J, Das Neves CG et al (2020) Workshop report on biodiversity and pandemics of the intergovernmental platform on biodiversity and ecosystem services. The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
9. González-Rodríguez R, Muñoz Martínez A, Galan Serrano J et al (2014) Health worker exposure risk during inhalation sedation with sevoflurane using the (AnaConDa®) anaesthetic conserving device. *Rev Esp Anestesiol Reanim* 61:133–139
10. Gschrey B, Schwarz W, Kimmel T et al Implementierung der ab dem Berichtsjahr 2013 gültigen IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006 in die Inventurerhebung fluoriierter Treibhausgase (HFKW, FKW, SF6, NF3). Umweltbundesamt. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/implementierung-der-ab-dem-berichts-jahr-2013>. Zugegriffen: 8. März 2022
11. Handelsblatt Wie viele Bäume sind nötig, um eine Tonne CO2 zu binden? <https://www.handelsblatt.com/technik/energie-umwelt/klima-orakel-wie-viele-baeume-sind-noetig-um-eine-tonne-co2-zu-binden/3201340.html>. Zugegriffen: 7. Mai 2022
12. Hinterberg J, Beffart T, Gabriel A et al (2022) Efficiency of inhaled anaesthetic recapture in clinical practice. *Br J Anaesth* 129:e79–e81. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2022.04.009>
13. Hodnebrog Ø, Aamaas B, Fuglestad JS et al (2020) Updated global warming potentials and radiative efficiencies of halocarbons and other weak atmospheric absorbers. *Rev Geophys* 58:e2019RG000691
14. Karliner J, Slotterback S, Boyd R et al Health care's climate footprint. How the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action. <https://noharm-global.org/documents/health-care-climate-footprint-report>. Zugegriffen: 02.2022
15. Macneill AJ, Lillywhite R, Brown CJ (2017) The impact of surgery on global climate: a carbon

Environmentally friendly absorption of anesthetic gases. First experiences with a commercial anesthetic gas capture system

Anesthetic gases are potent greenhouse gases, which are currently released into the atmosphere where they remain for many years. Strategies to reduce the carbon footprint in anesthesiology without compromising patient safety are urgently needed. Since 2020 several departments of anesthesiology have installed anesthetic gas capture systems with which anesthetic gases can be collected. This article aims to describe the anesthetic gas capture system CONTRAfluran™ and to give an overview of the first experiences in four departments of anesthesiology working with the new device in the daily clinical routine. The CONTRAfluran™ system presents a new concept in the surgical setting that has the potential to reduce the carbon footprint in anesthesiology; however, in order to accurately estimate CO₂ equivalent savings, more information concerning the reprocessing and data on the pharmacokinetics of anesthetic gases are needed. Application of the CONTRAfluran™ system in daily clinical routine is feasible when anesthesiologists are aware of specific issues. In order to minimize the carbon footprint, it remains essential to implement the specific recommendations in the position paper of the German Society of Anaesthesiology and Intensive Care medicine (DGAI) and the Professional Association of German Anaesthesiologists (BDA) on ecological sustainability in anesthesiology and intensive care medicine and to support further research.

Keywords

Climate change · Carbon footprint · Sustainability in Anesthesiology · Volatile anesthetics · Reprocessing

16. McGain F, Sheridan N, Wickramarachchi K et al (2021) Carbon footprint of general, regional, and combined anesthesia for total knee replacements. *Anesthesiology* 135:976–991
17. Özelsel TJP, Sondekoppam RV, Buro K (2019) The future is now—it's time to rethink the application of the Global Warming Potential to anesthesia. *Can J Anesth* 66:1291–1295
18. Richter H, Weixler S, Schuster M (2020) Wie die Wahl volatiler Anästhetika die CO₂-Emissionen einer anästhesiologischen Klinik beeinflusst. *Anasth Intensivmed* 61:154–161
19. Royal College of Anaesthetists Annual Anaesthetic Departmental Calculator. <https://rcoa.ac.uk/about-college/strategy-vision/environment-sustainability/annual-anaesthetic-departmental-calculator>. Zugegriffen: 8. März 2022
20. Royal College of Anaesthetists Sustainability Strategy 2019–2022. <https://rcoa.ac.uk/about-college/strategy-vision/environment-sustainability>. Zugegriffen: 4. Mai 2022
21. Sagetech Medical. <https://www.sagetechmedical.com/>. Zugegriffen: 19. Febr. 2022
22. Schuster M, Richter H, Pecher S et al (2020) Positionspapier mit konkreten Handlungsempfehlungen*: Ökologische Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie und Intensivmedizin. *Anasth Intensivmed* 61:329–339
23. Semenza JC, Menne B (2009) Climate change and infectious diseases in Europe. *Lancet Infect Dis* 9:365–375
24. Sherman J, Feldman J, Berry J (2017) Reducing inhaled anesthetic waste and pollution. *Anesthesiol News*: 12–14
25. Sherman J, Le C, Lamers V et al (2012) Life cycle greenhouse gas emissions of anesthetic drugs. *Anesth Analg* 114:1086–1090
26. Sulbaek Andersen MP, Nielsen OJ, Wallington TJ et al (2012) Medical intelligence article: assessing the impact on global climate from general anesthetic gases. *Anesth Analg* 114:1081–1085
27. American College of Obstetricians and Gynecologists Addressing climate change. Position statement. <https://www.acog.org/clinical-information/policy-and-position-statements/position-statements/2021/addressing-climate-change>. Zugegriffen: 4. Mai 2022
28. The Australian and New Zealand College of Anaesthetists & the Faculty of Pain Medicine Position statement on environmental sustainability in anaesthesia and pain medicine practice. [https://www.anzca.edu.au/resources/professional-documents/standards-\(1\)/ps64-statement-on-environmental-sustainability-in.aspx](https://www.anzca.edu.au/resources/professional-documents/standards-(1)/ps64-statement-on-environmental-sustainability-in.aspx). Zugegriffen: 4. Mai 2022
29. The Royal Australasian College of Physicians Climate change and health position statement. <https://www.racp.edu.au/docs/default-source/advocacy-library/climate-change-and-health-position-statement.pdf>. Zugegriffen: 7. Mai 2022
30. Umweltbundesamt Konsum und Umwelt: Zentrale Handlungsfelder. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaftskonsum/konsum-umwelt-zentrale-handlungsfelder#bedarfshandlungsfelder>. Zugegriffen: 7. Mai 2022
31. Umweltbundesamt Übergreifende Aspekte des produktbezogenen Umweltschutzes, Nachhaltige Konsumstrukturen, Innovationsprogramm. Klimaneutral leben. Verbraucher starten durch beim Klimaschutz. https://stories.umweltbundesamt.de/system/files/document/klimaneutral_leben_4_0.pdf. Zugegriffen: 2. März 2022
32. United Nations Environment Programme and International Livestock Research Institute (2020). Preventing the Next Pandemic: Zoonotic diseases and how to break the chain of transmission. Nairobi, Kenya

33. Watts N, Amann M, Arnell N et al (2021) The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises. Lancet 397:129–170
34. Watts N, Amann M, Arnell N et al (2019) The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. Lancet 394:1836–1878
35. World Bank Climate-smart Healthcare : low-carbon and resilience strategies for the health sector. World Bank, Washington, DC. ©World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/27809> License: CC BY 3.0 IGO. Zugriffen: 7. Mai 2022
36. World Health Organization (2018) COP24 special report: health and climate change. World Health Organization, Geneva (<https://apps.who.int/iris/handle/10665/276405>)
37. World Health Organization (2021) COP26 special report: health and climate change. World Health Organization, Geneva
38. Zeosys Medical <https://zeosys-medical.de/>. Zugriffen: 09.2022



Live-Webinar: Klug entscheiden – Beatmungstherapie in der Intensivmedizin



- Mit 2 CME-Punkten zertifiziert
- Kostenfreie Teilnahme
- Herausgegeben vom Wissenschaftlichen Beirat der DGIM

Drei Intensivmediziner geben am 23. November konkrete Empfehlungen zu Über- und Unterversorgung:

- **Prof. C. Karagiannidis:**
„Welche Indikationen sprechen für eine tiefe Sedierung?“
- **Prof. R. Riessen:**
„Worauf kommt es beim Weaning an?“
- **Prof. U. Janssens:**
„Was ist am Lebensende ethisch betrachtet zu tun – oder zu lassen?“



← QR-Code einscannen und kostenlos teilnehmen

www.dgim-eakademie.de/webinare