

KLINIKREPORT NACHHALTIGKEIT

+++ IMPULS KOMPAKT

Schwerpunkt: Narkosegase



MANAGEMENT SUMMARY: ANSATZPUNKTE AUS THEORIE UND PRAXIS

Key-Message: *Krankenhäuser können durch den Verzicht auf Lachgas, die Reduktion bzw. Substitution von Desfluran und den Einsatz von Narkosegasauffangsystemen und Recyclingverfahren ihren ökologischen Fußabdruck reduzieren und einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz leisten.*

Kurz- bis mittelfristig umsetzbare Maßnahmen

Desfluran trägt erheblich zur globalen Erwärmung bei. Daher bieten sich in Krankenhäusern eine restriktive Verwendung von Desfluran (zum Beispiel durch Minimal-Flow) und die Substitution durch umweltfreundlichere Anästhesiegase wie Sevofluran oder intravenös verabreichte Anästhetika an. Diese umweltfreundlicheren Alternativen beeinträchtigen die Patientensicherheit und -zufriedenheit nicht. Allerdings kann der Verzicht auf Desfluran in bestimmten klinischen Situationen Herausforderungen mit sich bringen, da es besondere Eigenschaften wie eine schnelle Induktion und präzise Steuerung bietet. Aufwände für Umschulungen des Personals für alternative Anästhetika werden von den Praktikerinnen und Praktikern als gering eingestuft, und die Verwendung eines einzigen Narkosegases vereinfacht Handhabung und Abläufe, sofern die Verfügbarkeit am Markt gegeben ist. Auf Lachgas wird häufig bereits komplett verzichtet.

Somit zeigt sich in der gelebten Praxis bereits ein Umdenken; klimarelevante Aspekte werden bei der Wahl des Narkosegases diskutiert. Richtungsweisend für die Kliniken ist ebenfalls die neue EU-Verordnung zum Verbot von Desfluran ab 2026, die den Übergang zu umweltfreundlichen Alternativen und Technologien in diesem Bereich fördern soll.

Mittel- bis langfristig umsetzbare Maßnahmen

Nach anfänglichen Kosten bieten Narkosegasauffangsysteme und Recyclingverfahren langfristig Einsparungen, indem sie den Bedarf an neuen Anästhesiegasen reduzieren und die Entsorgungskosten senken. Die Rückgabe voller Filterkartuschen an einen Dienstleister (Hersteller) ermöglicht das Recycling der Gase, sodass Anästhesiegase erneut für die Anästhesie eingesetzt werden können. Die Umweltverträglichkeit von Narkosegasauffangsystemen und Recyclingverfahren wird oft betont, auch wenn teilweise noch Unsicherheiten bestehen, u. a. über den Ablauf des Recyclingprozesses und die damit verbundenen CO₂-Emissionen. Diese Aspekte zeigen den aktuellen Entwicklungsbedarf und die Bedeutung von mehr Transparenz und Forschung in diesem Bereich.

Die nachstehende Grafik fasst die Möglichkeiten und Maßnahmen für eine sukzessive Reduktion von Treibhausgasemissionen im Bereich der volatilen Anästhetika im Krankenhaus zusammen.

MASSNAHMEN IM KRANKENHAUS

SUKZESSIVE REDUKTION VON TREIBHAUSGASEMISSIONEN

KURZFRISTIG (BIS 1 JAHR)	MITTELFRISTIG (1 BIS 3 JAHRE)	LANGFRISTIG (ÜBER 3 JAHRE)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verzicht auf Lachgas ▪ Reduktion des Verbrauchs von Narkosegasen durch Minimal-Flow-Methode ▪ Verzicht auf Desfluran (z. B. vollständige Substitution von Desfluran durch Sevofluran) ▪ Substitution volatiler Anästhetika durch intravenöse Anästhetika (wenn medizinisch möglich) ▪ Schulung des Personals zur Prozessumstellung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verzicht auf Desfluran bis spätestens 2026 (EU-Verordnung 2024/573) ▪ Integration von Auffangsystemen für Narkosegase: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Neubeschaffung oder Umrüstung von Narkosegeräten (z. B. während der Wartung mit Umrüstkits) ▪ Berücksichtigung von Kompatibilität bei Neubeschaffungen und Investitionskosten im Wirtschaftsplan ▪ Beginn des Recyclings von Narkosegasen (durch einen Dienstleister) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausbau des Recyclings von Narkosegasen: Umrüstung aller Narkosegasgeräte und reguläres Recycling ▪ Regelmäßige Anpassung der Prozesse durch neue Erkenntnisse aus der Forschung <div style="text-align: right;">  </div>

CHANCEN IN DER TECHNOLOGIE

AUSBAU DER FORSCHUNG UND WEITERENTWICKLUNG

- von Alternativen zum Einsatz von Narkosegasen
- der Technologien von Auffangsystemen und Recyclingverfahren von Narkosegasen (hin zu 100%-Recyclingquote)



NARKOSEGASE ALS ZENTRALER HEBEL ZUR CO₂-REDUKTION IM KRANKENHAUS

Der Rohstoffkonsum durch den Gesundheitssektor in Deutschland ist seit 1995 um 69% gestiegen (Lutter et al., 2018; Ostertag et al., 2021). Daten des Umweltbundesamtes zeigen, dass im Jahr 2014 101 Millionen Tonnen Rohstoffe für die Erbringung der Leistungen des deutschen Gesundheitswesens benötigt wurden (Lutter et al., 2018). Dabei sind auch vorgelagerte Stufen der Wertschöpfungskette zu berücksichtigen, z. B. der Rohstoffbedarf für die Herstellung von Medikamenten oder den Bau von Krankenhäusern.

Die Gewinnung und Weiterverarbeitung von Rohstoffen, Brennstoffen und Nahrungsmitteln verursacht global bereits ungefähr die Hälfte der Treibhausgasemissionen, mehr als 90% des Biodiversitätsverlusts sowie zahlreiche weitere Umweltprobleme (International Resource Panel et al., 2019; Ostertag et al., 2021). Weltweit wird der Gesundheitssektor für die Produktion von 4,4% der Treibhausgase verantwortlich gemacht (Pichler et al., 2019). In Deutschland ist der Anteil an den landesweiten Treibhausgasemissionen sogar noch höher: Je nach zugrunde gelegter Schätzung liegt er aktuell bei 5,2% bis 6,7%¹ (Karliner et al., 2019; Pichler et al., 2019).

Krankenhäuser im Kontext von Treibhausgasemissionen

Als zentrale Akteure im Gesundheitswesen spielen Krankenhäuser im Kontext des Klimawandels in doppelter Hinsicht eine wichtige Rolle. Einerseits tragen sie aufgrund ihres hohen Ressourcenverbrauchs zum CO₂-Ausstoß bei, andererseits führen klimabedingte oder -verstärkte Gesundheitsgefährdungen, wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Allergien oder Infektionen aufgrund von Hitze- oder Hochwasserereignissen, zu einer steigenden Inanspruchnahme von Krankenhäusern.

Energieintensive Abteilungen wie Intensivstationen und OP-Bereiche tragen zu über 50% zu den Treibhausgasemissionen eines Krankenhauses bei (Koch & Pecher, 2020). Im Bereich der Anästhesiologie kommt der Nutzung volatiler Anästhetika eine besondere Bedeutung zu (Richter et al., 2020). Diese können bis zu rund 35% der gesamten Treibhausgasemissionen eines Krankenhauses verursachen (Koch & Pecher, 2020). Volatile Anästhetika sind inhalative Narkosemittel, die den Patientinnen und Patienten über einen Verdampfer (Vaporizer) des Narkosegerätes verabreicht werden.

Volatile Anästhetika und ihr klinischer Einsatz

Die gebräuchlichen Inhalationsanästhetika sind Isofluran, Desfluran, Sevofluran und Lachgas (Letzteres nur zur Ergänzung anderer Anästhetika oder Opioiden in der Einleitung der Narkose). Die Wirkstärke von Lachgas ist sehr gering und es führt nach Operationen häufiger zu Übelkeit und Erbrechen, zudem wird die Atmosphäre stark geschädigt (Larsen et al., 2016). Larsen et al. argumentieren daher, dass es „keinen überzeugenden Grund mehr“ gebe, Lachgas weiter einzusetzen, da genügend Alternativen zu Verfügung stünden.

¹ Bei beiden Werten handelt es sich um Schätzungen. Abweichungen kommen aufgrund abweichender Berechnungsmethoden sowie abweichender Datengrundlagen zustande.

Die nachstehende Grafik stellt eine kurze Zusammenfassung zum klinischen Einsatz von Isofluran, Sevofluran und Desfluran dar:

<p>Isofluran ist das älteste der drei gebräuchlichen volatilen Anästhetika.</p>	<p>Die Steuerbarkeit der Isoflurananästhesie bei der klinischen Anwendung ist schlechter als die von Sevofluran und von Desfluran, auch dauert das Erwachen länger.</p>
<p>Sevofluran flutet rasch an und ab, die Wirkung ist dadurch gut steuerbar.</p>	<p>Die Einleitung und Führung der Narkose unterscheidet sich nicht wesentlich von der bei den anderen volatilen Anästhetika; das Erwachen erfolgt ähnlich rasch wie mit Desfluran. Das Verhalten von Blutdruck und Herzfrequenz scheint mit Sevofluran stabiler zu sein als mit Isofluran und Desfluran.</p>
<p>Desfluran ist das schwächste der drei gebräuchlichen volatilen Anästhetika.</p>	<p>Durch die geringere Windstärke ist der Desfluranverbrauch wesentlich höher als bei den anderen volatilen Anästhetika (Kostenfaktor!). Daher sollte die Substanz nur für Low- oder Minimal-Flow-Narkosen angewandt werden.</p>

Quelle: eigene Darstellung der Informationen aus Larsen et al., 2016

Vergleichszahlen aus dem Jahr 2012 zeigen, dass in Deutschland bei ca. 7 Millionen Operationen inhalative Anästhetika eingesetzt wurden, wobei die Anteile von Sevofluran ca. 55 %, von Desfluran ca. 35 % und von Isofluran ca. 10 % betragen (Koch & Pecher, 2020).

Der Verbrauch von volatilen Anästhetika hat in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen und wird weiterhin ansteigen. Dies ist einerseits auf die verbesserte medizinische Versorgung in den aufstrebenden Entwicklungsländern zurückzuführen und andererseits auf die zunehmende Alterung der Bevölkerung in den westlichen, hochentwickelten Staaten, da ältere Patientinnen und Patienten im Durchschnitt häufiger operiert werden müssen (Koch & Pecher, 2020).

Klimaeffekte von Narkosegasen

Global Warming Potential (GWP) und Lebensdauer in der Atmosphäre Alle volatilen Anästhetika sind halogenierte Kohlenwasserstoffe und damit hochpotente Treibhausgase. Sie haben durch ihre physikochemischen Eigenschaften eine erheblich höhere klimaschädliche Wirkung als CO₂ (Richter et al., 2020).

Diese klimaschädliche Wirkung wird als Treibhauspotenzial in Relation zum Effekt von CO₂ erfasst, das sogenannte Global Warming Potential (GWP) (KLIKgreen, 2022; Schuster et al., 2020). Für die Bewertung des Treibhauspotenzials von volatilen Anästhetika wird üblicherweise ein Zeitraum von 100 Jahren (GWPI00) verwendet, um ihre langfristige Wirkung auf die Atmosphäre zu erfassen. Jedoch verteilt sich der klimaschädliche Effekt dieser Anästhetika nicht gleichmäßig über 100 Jahre, sondern tritt hauptsächlich während ihrer Lebensdauer (zwischen 1,1 und 14 Jahren, siehe untenstehende Tabelle) auf. Dadurch kann die Verwendung des GWPI00 dazu führen, dass der klimaschädliche Effekt der Anästhetika in den nächsten zehn bis 30 Jahren unterschätzt wird. Daher wird hier zusätzlich das GWP über 20 Jahre betrachtet, um den Treibhauseffekt innerhalb eines für gesellschaftliche und politische Maßnahmen zur Bekämpfung der Erderwärmung relevanten Zeitraums darzustellen (Schuster et al., 2020).

„Weltweit haben volatile Anästhetika 2014 ein CO₂-eq von **3 Mio. Tonnen** verursacht, **80 %** davon allein durch Desfluran. Desfluran hat von allen volatilen Anästhetika mit Abstand den größten Einfluss auf die Erderwärmung [...]“ (Koch & Pecher, 2020).

Anmerkung: CO₂-eq = CO₂-Äquivalent: Emissionen aus anderen Treibhausgasen können mithilfe ihrer Masse und des Global Warming Potentials (s. u.) in CO₂-Äquivalente umgerechnet werden.

Tab. Global Warming Potential (GWP) und Lebensdauer von volatilen Anästhetika

	GWP100	GWP20	LEBENSDAUER IN DER ATMOSPHERE (IN JAHREN)
Isofluran	510	1.800	3,2
Sevofluran	130	440	1,1
Desfluran	2.540	6.810	14

Quelle: eigene Darstellung der Information aus Schuster et al., 2020

Hier sticht insbesondere Desfluran im Hinblick auf Klimaschutzaspekte heraus, da es ein mehr als 2.500-fach größeres Treibhauspotenzial als CO₂ hat. Die Auswirkungen von Sevofluran sind dagegen mit einem 130-fachen Treibhauspotenzial deutlich geringer. Auch die Lebensdauer von Desfluran in der Atmosphäre liegt mit 14 Jahren weit über der von Isofluran und Sevofluran (Schuster et al., 2020; Andersen et al., 2012).

Vergleich mit CO₂-Äquivalenten Zur Verdeutlichung des klimaschädlichen Einflusses der drei gängigsten Narkosegase wird häufig der Vergleich mit gefahrenen Pkw-Kilometern herangezogen: Desfluran ist dabei fünfmal so klimaschädlich wie Sevofluran und fast sechsmal so klimaschädlich wie Isofluran.



Eine siebenstündige Narkose bei einem Frischgasfluss von 0,5 l/min mit:

2 % Sevofluran

1,2 % Isofluran

6 % Desfluran



... entspricht dem Treibhaus-effekt einer Autofahrt von:

783 km

667 km

3.924 km

Quellen: eigene Darstellung der Informationen zum Treibhauseffekt (Conway et al., 2020; Koch & Pecher, 2020; Özelsel et al., 2019)

Möglichkeiten zur CO₂-Reduktion im Kontext von Narkosegasen

Reduktion von Narkosegasen: Low-/Minimal-Flow-Narkosen

Eine bereits gängige Praxis im klinischen Alltag ist die Anwendung von Low-/Minimal-Flow-Narkosen.² Hierbei wird ein Rückatmungssystem verwendet, das einen Frischgasfluss nutzt, der niedriger ist als die Alveolarventilation³ der Patientinnen und Patienten. Diese Technik reduziert den Verbrauch von Anästhesiegas im Vergleich zu traditionellen Systemen, vermindert die Menge an Gas, die in die Atmosphäre entweicht, und verbessert die Flussdynamik der eingeatmeten Luft (Larsen et al., 2016).

Die Reduzierung des Frischgasflusses (FGF) bringt mehrere Vorteile mit sich (Brattwall et al., 2012):

- **Klimaeffekte:** Weniger Anästhesiegas gelangt in die Umwelt, was die schädlichen Effekte von Fluorkohlenstoffen und Distickstoffoxid auf die Ozonschicht mindert und insgesamt die Treibhausgasemissionen reduziert.
- **Patientenkomfort und -sicherheit:** Ein niedriger FGF verbessert die Dynamik der eingeatmeten Gase, fördert die mukoziliäre Clearance, hilft die Körpertemperatur aufrechtzuerhalten und verringert den Wasserverlust.
- **Sicherheit des Personals im OP:** Durch die geringere Menge an überschüssigem Gas, das in die Atmosphäre gelangt, wird die Konzentration von Anästhesiegasen im OP-Raum verringert, was das Berufsrisiko für das OP-Personal senkt.
- **Wirtschaftlichkeit:** Da die Kosten für Anästhesiegase einen erheblichen Anteil der Gesamtkosten für Anästhesiegeräte ausmachen, kann eine Verringerung des Gasverbrauchs die Betriebskosten des Krankenhauses senken.

Gut zu wissen !

Eine Studie von Brattwall et al. beschreibt die Vorteile und bietet eine praktische Anleitung, wie Low-Flow- und Minimal-Flow-Anästhesie im Klinikalltag sicher verwendet werden können (Brattwall et al., 2012), online verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12630-012-9736-2>

² Low-Flow-Anästhesie wird typischerweise durch einen Frischgasfluss von weniger als 1 l/min definiert, während bei minimalem Fluss der FGF auf 0,5 l/min reduziert wird.

³ Als Alveolarventilation bezeichnet man die inspiratorische Belüftung (Ventilation) der Alveolen als physiologische Voraussetzung des alveolären Gasaustauschs.

Verzicht auf und Substitution von Desfluran

Aufgrund des vergleichsweise niedrigen Treibhaus-effekts wird in der klinischen Praxis primär die Verwendung von Sevofluran oder Isofluran empfohlen, während Desfluran und Lachgas nur zur Anwendung kommen sollten, wenn dies klinisch indiziert ist (ggf. bei Wachkraniotomien⁴) (Koch & Pecher, 2020).

Sevofluran hat gegenüber Desfluran keine pharmakokinetischen Nachteile und stellt somit die direkte Alternative unter den inhalativen Anästhetika dar. Zusätzlich sind klimaschonende Alternativen zu Inhalationsanästhesien zum einen die Regionalanästhesie und zum anderen die intravenöse Anästhesie. Untersuchungen der gängigsten Inhalationsanästhesien kamen zu dem Ergebnis, dass der negative Klimaeffekt einer total intravenösen Anästhesie gegenüber Inhalationsanästhesien praktisch vernachlässigbar ist (Bolkenius & Heller, 2021).

Gut zu wissen !

Neue EU-Verordnung 2024/573 über fluorierte Treibhausgase: Durch die neue EU-Verordnung, die am 11. März 2024 in Kraft trat, wird ab 2026 Desfluran in der EU verboten sein. Diese Maßnahme ist Teil einer umfassenderen Strategie zur Reduzierung des Einsatzes von besonders klimaschädlichen fluorierten Gasen (F-Gasen), um Treibhausgasemissionen zu senken und den Übergang zu umweltfreundlicheren Alternativen zu fördern. Dabei wird zudem der Einsatz von Technologien zur Minimierung der Umweltauswirkungen von Anästhesiegasen erwähnt (Publications Office of the European Union, L-2985 Luxembourg, 2024).⁵ Somit wird auch die Implementierung von Narkosegasauffangsystemen und Recyclingverfahren weiter vorangetrieben.

Gut zu wissen !

Desfluran: Eine Analyse des CO₂-Fußabdrucks einer Klinik zeigte, dass durch die Reduktion der Verwendung von Desfluran der Anteil der volatilen Anästhetika an den Gesamtemissionen innerhalb eines Jahres von 77 % (≈ 307,8 t CO₂-Äquivalent) auf 28 % (≈ 36 t CO₂-Äquivalent) gesunken ist (Richter et al., 2020). Darüber hinaus beurteilten Krankenhauspraktiker und -praktikerinnen in einer bundesweiten Befragung den Verzicht auf Desfluran als eine Klimaschutzmaßnahme mit einer hohen Hebelwirkung für mehr Nachhaltigkeit im Krankenhaus (Filsler & Levsen, 2022).

⁴ Bei der Wachkraniotomie handelt es sich um einen neurochirurgischen Eingriff am Gehirn (Kraniotomie), in dessen Verlauf der Patient oder die Patientin nach der Öffnung der Schädeldecke (Trepanation) vorübergehend aufgeweckt wird.

⁵ Weitere Informationen zur Verordnung finden Sie im Amtsblatt der Europäischen Union und auf der Website des Umweltbundesamtes.

Narkosegasauffangsysteme

Neue Entwicklungen in der Medizintechnik versprechen eine Reduzierung von Narkosegasen in der Atmosphäre durch den Einsatz sogenannter Narkosegasauffangsysteme. Sie fangen überschüssige und vom Patienten oder der Patientin abgeatmete Anästhesiegase auf, die ansonsten in die Umgebungsluft freigesetzt werden würden.

Außerdem leisten Narkosegasauffangsysteme einen Beitrag zum Schutz des Krankenhauspersonals, indem sie die Exposition gegenüber potenziell schädlichen Narkosegasen reduzieren. Über die Nutzung von Narkosegasfilterkartuschen werden die Gase entweder zur Entsorgung oder zur Wiederverwertung aufgefangen.

Recycling von Anästhesiegasen

Über die Rückgabe der vollen Filterkartuschen an den Hersteller besteht die Möglichkeit, dass aufgefangene Gase in Teilen recycelt werden (Kolbert, 2020; ZeoSys Medical GmbH). Beim Recycling von Anästhesiegasen werden die aufgefangenen Gase gereinigt und wiederverwendet. Dies kann durch verschiedene Methoden erfolgen, wie Adsorption auf Aktivkohle oder andere spezialisierte Filtermedien. Technologien zum Recycling von Anästhesiegasen sind in der Lage, die aufgefangenen Gase in einer Form zurückzugewinnen, die für den erneuten Einsatz in Anästhesieapparaten geeignet ist.

Die direkte Rückführung von bereits verwendetem Narkosegas (Sevofluran) als reines Medizinprodukt in eine Klinik wurde erstmalig im Juni dieses Jahres vom Landeskrankenhaus Villach in Österreich beschrieben (kma Online, 2024). Die initialen Kosten für die Einführung von Recycling-Technologien können zwar erheblich sein, jedoch ermöglichen sie langfristig Einsparungen, indem sie den Bedarf an neu zu beschaffenden Anästhesiegasen verringern und die Entsorgungskosten senken.

Gut zu wissen !

Narkosegasauffangsysteme und Recyclingverfahren: Eine bundesweite Krankenhausbefragung zum Thema Klimaschutz zeigte, dass Narkosegasauffangsysteme im OP bei insgesamt 32 % der befragten Krankenhäuser zum Einsatz kommen (Filsler & Levsen, 2022). Zur Inanspruchnahme von Recyclingverfahren gibt es bisher keine Zahlen. Während einige Berichte positive Erfahrungen mit der Umweltverträglichkeit von Narkosegasauffangsystemen und Recyclingverfahren hervorheben, bestehen auch Unsicherheiten über das neue Verfahren:

„Es gibt wenig Informationen über den weiteren Verlauf der Filterkartuschen nach Abgabe beim Recyclingunternehmen, so kann beispielsweise nur Sevofluran, nicht aber Desfluran wiederaufbereitet werden. Hier bleibt die Frage offen, welche Prozesse in der Kreislaufwirtschaft zum Recycling angestoßen werden. Unklar ist auch, wie hoch die CO₂-Emissionen des gesamten Recyclingprozesses sind.“ (Dr. med. Anne Hübner, Fachärztin für Anästhesie und Intensivmedizin und wissenschaftliche Mitarbeiterin bei KLUG e.V.)

Good-Practice-Beispiele

Aus Gesprächen mit Vertreterinnen und Vertretern von Krankenhäusern, die zu dem Thema bereits aktiv sind, haben wir nachfolgend zwei Praxisbeispiele und weiterführende Lesetipps zusammengestellt.

Universitätsklinikum Dresden: Verzicht und Substitution

Klinik-Steckbrief

- 26 Kliniken und Polikliniken mit 1.410 Planbetten
- Seit über elf Jahren klinikumseigene Umweltinitiative „Carus Green“
- Umweltpreis des Freistaats Sachsen in der Kategorie „Umweltorientierte Unternehmensführung“ sowie innovative und kreative Leistungen im Umwelt- und Naturschutz im Jahr 2015“



Klimaschutzmaßnahmen mit Blick auf Narkosegase

- **Verzicht:** Seit einigen Jahren wird bereits auf Lachgas verzichtet.
- **Substitution:** Anästhesien werden nach Möglichkeit über intravenöse Medikamente gesteuert. Seit März 2024 wird im Bereich der Anästhesie Desfluran komplett durch Sevofluran ersetzt.

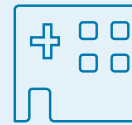
Klimaeffekte: Das jährliche CO₂-Einsparpotenzial hängt im Wesentlichen von der Anästhesiedauer, der Dosierung und dem verwendeten Frischgasfluss ab.

Patientenkomfort und -sicherheit: Für die Patientinnen und Patienten ergeben sich aus der Erfahrung der Uniklinik keinerlei Nachteile aus dem Wechsel des Narkosegases. Im Gegenteil attestieren Studien dem Narkosegas Sevofluran sogar eine herzprotektive Wirkung. Außerdem besteht gegenüber intravenös verabreichten Anästhetika speziell bei Kindern der Vorteil, dass die Narkose mit Sevofluran auch inhalativ eingeleitet werden kann und keinen intravenösen Zugang erfordert.

Umsetzung und Herausforderungen: Größere Herausforderungen waren mit der Umstellung im Universitätsklinikum Dresden nicht verbunden, da Sevofluran bereits vor dem Verzicht auf Desfluran bei Narkosen verwendet wurde. Die technische Infrastruktur war bereits vorhanden und das Klinikpersonal war mit der Verabreichung vertraut. Insgesamt haben sich die Abläufe und die Handhabung durch die Verwendung nur eines Narkosegases vereinfacht. Die Maßnahmen haben insgesamt von den Mitarbeitenden des Klinikums viel Zuspruch erfahren.

Kosten/Aufwand: Durch die Umstellung auf die alleinige Nutzung von Sevofluran muss in der Klinik nur noch ein Narkosemittelverdampfer vorgehalten werden. Damit entfallen doppelte Vorhaltekosten für die technische Ausstattung und somit bestehen wirtschaftliche Einsparmöglichkeiten im Bereich der Wartungskosten.

Helios Kliniken Region Ost: Verzicht, Reduktion und Recycling



Klinik-Steckbrief

- 19 Kliniken
- 202 OP-Säle mit 80.000 OPs pro Jahr
- Nachhaltigkeit ist fester Bestandteil der Unternehmensstrategie
- Bis zum Jahr 2030 sollen die CO₂-Emissionen halbiert werden, bis zum Jahr 2040 strebt der Konzern Klimaneutralität an

Klimaschutzmaßnahmen mit Blick auf Narkosegase

- **Verzicht:** Auf Lachgas wird seit März 2022 Helios-weit komplett verzichtet.
- **Reduktion:** Durch Minimal-Flow-Narkosen werden die Emissionen der übrigen Narkosegase so weit wie möglich reduziert. Der Einsatz von Desfluran erfolgt restriktiv, wobei schon im Jahr 2022 von der Fachgruppe Anästhesiologie beschlossen wurde, den Verbrauch bis zum Ende des Jahres um 50 % zu senken.
- **Recycling:** Narkosegase werden im Sinne einer Kreislaufwirtschaft recycelt, wofür an den 328 Narkose- sowie Intensivbeatmungsgeräten neue Aktivkohlefilter zum Einsatz kommen. Die Narkosegase werden zum Großteil aufgefangen und mit einer Desorptionsanlage wiederaufbereitet, bevor sie wieder für Narkosen eingesetzt werden.

Klimaeffekte: In der Helios Klinik Bad Saarow, die im Rahmen des Pilotprojekts erstmalig Narkosegase recycelt hat, konnten im Jahr 2022 fast 58.000 kg CO₂-Äquivalente eingespart werden. Das CO₂-Einsparpotenzial hängt im Wesentlichen vom Verbrauch und der Dosierung ab. Das höchste Einsparpotenzial findet sich dabei auf der Intensivstation. Allgemein werden auch noch zwei bis drei Tage nach einer Operation Narkosegase abgeatmet.

Patientenkomfort und -sicherheit: Die Verwendung von recyceltem Narkosegas hat keine Auswirkung auf die Patientensicherheit. Der Recyclingprozess findet bei einem zertifizierten Medizinproduktehersteller, der ZeoSys Medical GmbH, statt.

Umsetzung und Herausforderungen: Das Aktivkohlefiltersystem wird in den Helios Kliniken als sehr praxistauglich angesehen. Der Filter kann bei den meisten Narkosegeräten über einen entsprechend genormten Schlauch mit dem „Auspuff“ des Geräts verbunden werden. Bei einigen moderneren Beatmungsgeräten bedarf es eines zusätzlichen Umrüstkits. Weitere Anforderungen an die räumliche oder technische Infrastruktur bestehen nicht. Eine Umstellung bzw. Umrüstung empfiehlt sich vor allem im Rahmen der standardmäßigen Wartung.

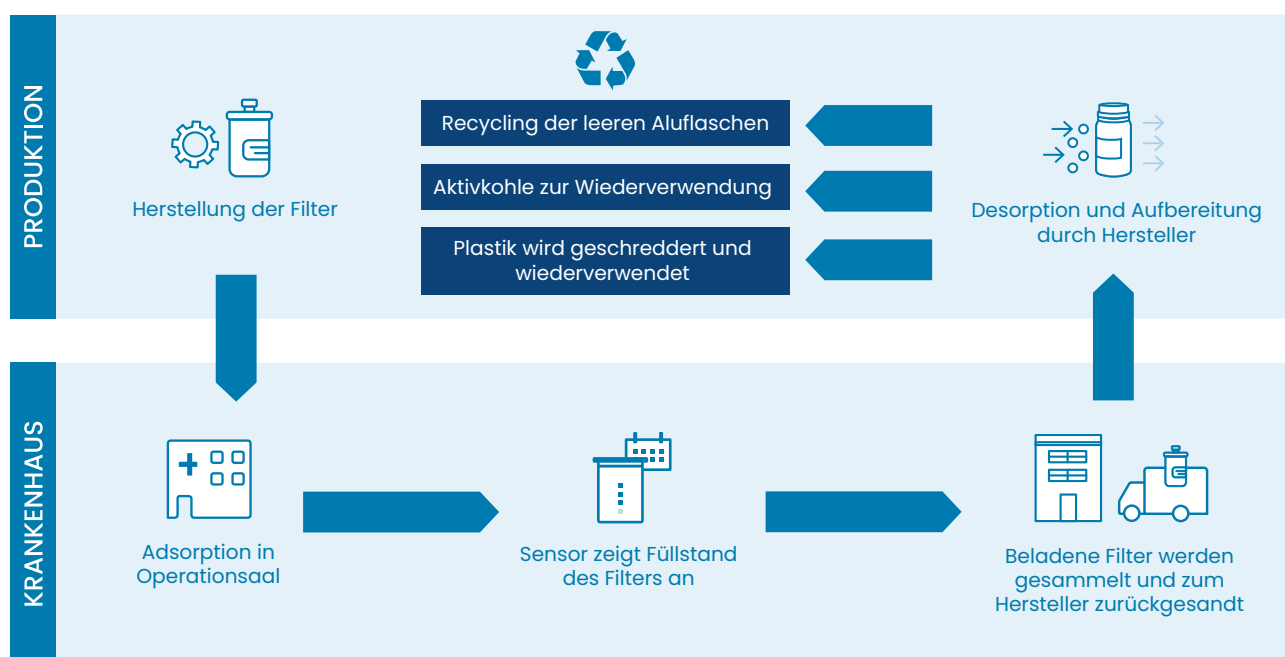
In der Praxis zeigt sich vereinzelt (insbesondere bei langen Eingriffen und konsequenter Anwendung von Minimal-Flow) eine vermehrte Ansammlung von Kondenswasser im Schlauch zwischen Narkosegerät und Aktivkohlefilter. Die Bildung von Kondenswasser ist unter diesen Bedingungen jedoch ein bei Anästhesistinnen und Anästhesisten bekanntes Phänomen. In der Behandlung der Patientinnen und Patienten ist dies unbedenklich, allerdings kann rücklaufendes Kondenswasser die Geräte beschädigen. Dagegen wurden Wasserfallen an den Beatmungsschläuchen installiert.

Auch die Restgasbehälter sind zu bedenken: Ein Behälter kann 385 bis 500 ml absorbieren, was ungefähr 1,5 bis 2 Flaschen Narkosegas entspricht. Für reibungslose Abläufe ist es daher essenziell, ausreichend Ersatzbehälter vorzuhalten. Wie häufig die Restgasbehälter gewechselt werden müssen, hängt im Wesentlichen vom Versorgungsbedarf ab. Auf der Intensivstation ist bei der Sedierung mit Narkosegasen häufig eine höhere Zufuhr (z. B. 5 bis 10 ml pro Stunde) und somit ein Austausch der Filter in der Regel alle ein bis zwei Tage erforderlich.

Kosten/Aufwand: Die Investitionskosten für die Aktivkohlefiltersysteme sind nach Aussage der Helios Kliniken überschaubar. Im Wesentlichen hängen die Kosten von dem Narkosegasverbrauch sowie der vorhandenen technischen Infrastruktur ab. Die teilweise notwendigen Umrüstkits gelten dabei als Kostentreiber. Bei der Neuanschaffung von Narkosegeräten empfiehlt es sich, bereits umgerüstete Geräte zu bestellen und die Aktivkohlefilter entsprechend im Wirtschaftsplan zu berücksichtigen.

Im Hinblick auf die Betriebskosten müssen die Kosten für den regelmäßigen Austausch der Restgasbehälter, die jährlich auszutauschenden

Sensoren in den Halterungen und etwaige Wasserfallen bedacht werden. Es fallen dafür aber Stromkosten für die klassische Narkosegasabsaugung weg. Diese macht laut Helios Kliniken in einer Beispielklinik fast 25 % der medizinischen Druckluft aus und ist mit jährlichen Stromkosten von mehreren Tausend Euro verbunden. Ein Dienstleister für die Wiederaufbereitung von Narkosegasen hat auf Basis aktueller Auswertungen für die Verwendung des Narkosegas-Wiedergewinnungszyklus ein Einsparpotenzial von bis zu 2.000 Euro pro OP-Saal im Jahr ermittelt.



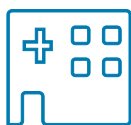
Quelle: eigene Darstellung der Informationen von ZeoSys Medical GmbH, 2024b

Das Deutsche Krankenhausinstitut e. V. und die Techniker Krankenkasse bedanken sich herzlich bei Univ.-Prof. Dr. med. habil. Thea Koch, Direktorin der Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie am Universitätsklinikum Dresden, und bei Herrn Dr. med. Stefan P. Wirtz, Chefarzt der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und perioperative Schmerztherapie und Helios Fachgruppenleiter Anästhesiologie, für die Bereitstellung der Informationen im Rahmen von Kurzinterviews mit dem DKI.

Weitere Quellen:

Helios Kliniken GmbH, 2024; Management & Krankenhaus, 2023; Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden, 2024; ZeoSys Medical GmbH, 2024a, 2024b

Zum Weiterlesen ...



Weitere Praxisbeispiele⁶

KLINIK	MASSNAHME	WEITERE INFORMATIONEN, ONLINE VERFÜGBAR UNTER:
BG Kliniken	Verzicht auf Desfluran, Recyclingverfahren in Planung	https://www.bg-kliniken.de/ueber-uns/das-unternehmen/aktuelles-1/klimaschutz-im-op-bg-kliniken-setzen-auf-umweltschonende-narkosegase/
Kliniken des Landkreises Karlsruhe	Verzicht auf Desfluran	https://www.ai-online.info/images/ai-ausgabe/2020/05-2020/AI_05-2020_Originalia_Schuster.pdf
Universitätsklinikum Bonn	Verzicht auf Desfluran	https://ukbmittendrin.de/anaesthesie/
Universitätsklinikum Gießen	Verzicht auf Desfluran	https://www.laekh.de/fileadmin/user_upload/Heftarchiv/Einzelartikel/2021/07_08_2021/Klimaschutz.pdf
Urologie Planegg	Verzicht auf Desfluran, Minimal-Flow	https://www.ukmp.de/klinik/umweltbemuehungen/umstellung-narkosegase.html
Universitätsklinikum Düsseldorf	Recycling von Narkosegasen	https://www.uniklinik-duesseldorf.de/ueber-uns/pressemittelungen/detail/klimaschutz-im-krankenhaus-op-klimafreundlicher-narkosekreislauf
Ev. Diakonissenkrankenhaus Leipzig	Recycling von Narkosegasen	https://www.diako-leipzig.de/aktuelle-mitteilungen/aktuelle-mitteilung/klimaschutz-im-op-mit-narkosegas-recycling
Marienkrankenhaus Kassel	Recycling von Narkosegasen	https://marienkrankenhaus-kassel.de/recycling-klimaschaedlicher-narkosegase/
Universitätsklinikum Essen	Recycling von Narkosegasen	https://nachhaltigkeit.ume.de/projekte/

⁶Liste ist nicht abschließend

LITERATURVERZEICHNIS

Andersen, M. P. S., Nielsen, O. J., Wallington, T. J., Karpichev, B., & Sander, S. P. (2012). Assessing the impact on global climate from general anesthetic gases. *Anesthesia & Analgesia*, 114(5), 1081-1085

Bolkenius, D. & Heller, A. R. (2021). Klimaschutz: Nachhaltigkeit in der Anästhesie. <https://www.aerzteblatt.de/archiv/222665/Klimaschutz-Nachhaltigkeit-in-der-Anaesthesie>

Brattwall, M., Warrén-Stomberg, M., Hesselvik, F. & Jakobsson, J. (2012). Brief review: theory and practice of minimal fresh gas flow anesthesia. *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthésie*, 59(8), 785-797. <https://doi.org/10.1007/s12630-012-9736-2>

Conway, N., Baumann, A., Gucwa, N., Schneider, G. & Schneider, F. (2020). Perioperative Medizin: Die klimafreundlichere Narkose. *Deutsches Ärzteblatt*, 117(25). <https://www.aerzteblatt.de/archiv/214435/Perioperative-Medizin-Die-klimafreundlichere-Narkose>

Filser, M. & Levsen, A. (2022). Klimaschutz in deutschen Krankenhäusern: Status quo, Maßnahmen und Investitionskosten: Auswertung klima- und energierelevanter Daten deutscher Krankenhäuser. https://www.dki.de/fileadmin//forschungsberichte/2022-01-25_DKI-Gutachten_Klimaschutz_in_deutschen_Krankenhaeusern_final-update.pdf

Helios Kliniken GmbH. (2024). Nachhaltigkeit: Fokus Umwelt. <https://www.helios-gesundheit.de/unternehmen/nachhaltigkeit/fokusthemen/umwelt/#:~:text=Helios%20wird%20klimaneutral&text=Bis%20zum%20%20Jahr%202030%20will,und%20bis%202040%20Klimaneutralität%20erreichen>

International Resource Panel, Stefan Brinzeu, Anu Ramaswami, Heinz Schandl, Meghan O'Brien, Rylie Pelton, Jean Acquatella, Elias T. Ayuk, Anthony Shun Fung Chiu, Robert Flanegin, Jacob Fry, Stefan Giljum, Seiji Hashimoto, Stefanie Hellweg, Karin Hosking, Yuanchao Hu, Manfred Lenzen, Mirko Lieber, Stephan Lutter, ... Hala Razian. (2019). *Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want*

Karliner, J., Slotterback, S., Boyd, R., Ashby, B. & Steele, K. (2019). Health Care's Climate Footprint: How the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action. https://noharm-global.org/sites/default/files/documents-files/5961/HealthCaresClimateFootprint_092319.pdf

KLIGreen. (2022, 2. März). Klimaschutz und Narkosegas. https://www.bund-berlin.de/fileadmin/berlin/publikationen/Klimaschutz-pdf/Fact-Sheet_Narkosegas_und_Klimaschutz_Update.pdf

kma Online. (2024). LKH Villach setzt auf recyceltes OP-Narkosegas. <https://www.kma-online.de/aktuelles/medizintechnik/detail/lkh-villach-setzt-auf-recyceltes-op-narkosegas-52098>

Koch, S. & Pecher, S. (2020). Neue Herausforderungen für die Anästhesie durch den Klimawandel [New challenges for anesthesia due to the climate change], *Der Anaesthesist* 69(7), 453-462. <https://doi.org/10.1007/s00101-020-00770-1>

Kolbert, U. (2020). Aktiver Klimaschutz auch im OP - Sophienklinik. Sophienklinik GmbH. <https://www.sophienklinik.de/news/aktiver-klimaschutz-auch-im-op/>

Larsen, R., Fink, T. & Müller-Wolff, T. (Hrsg.). (2016). *Anästhesie und Intensivmedizin für die Fachpflege* (9., vollständig überarbeitete Auflage). Springer.

Lutter, S., Giljum, S., Gözet, B. & Wieland, H. (2018). Die Nutzung natürlicher Ressourcen: Bericht für Deutschland 2018. *Wirtschaftsuniversität Wien (WU) – Institute for Ecological Economics*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/deuess18_de_bericht_web_f.pdf

Management & Krankenhaus. (2023). Recycling von Narkosegasen reduziert CO₂ Emissionen um rund 1.100 Tonnen pro Jahr. <https://www.management-krankenhaus.de/news/recycling-von-narkosegasen-reduziert-co2-emissionen-um-rund-1100-tonnen-pro-jahr>

Ostertag, K., Bratan, T., Gandenberger, C., Hüsing, B. & Pfaff, M. (2021). Ressourcenschonung im Gesundheitssektor – Erschließung von Synergien zwischen den Politikfeldern Ressourcenschonung und Gesundheit. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-01-25_texte_15-2021_ressourcenschonung_gesundheitssektor.pdf

Özsel, T. J.-P., Sondekoppam, R. V. & Buro, K. (2019). The future is now-it's time to rethink the application of the Global Warming Potential to anaesthesia. *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthésie*, 66(11), 1291–1295. <https://doi.org/10.1007/s12630-019-01385-w>

Pichler, P.-P., Jaccard, I. S., Weisz, U. & Weisz, H. (2019). International comparison of health care carbon footprints. *Environmental Research Letters*, 14(6), 64004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab19e1>

Publications Office of the European Union, L-2985 Luxembourg. (2024). Regulation (EU) 2024/573 of the European Parliament and of the Council of 7 February 2024 on fluorinated green-house gases, amending Directive (EU) 2019/1937 and repealing Regulation (EU) No 517/2014. *Official Journal of the European Union*(573). <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/573/oj>

Richter, H., Weixler S. & Schuster, M. (2020). The carbon footprint of anaesthesia: How the choice of volatile anaesthetic affects the CO₂ of a department of anaesthesiology. *Clinical Anaesthesia*(61), 154–161.

Schuster, M., Richter H., Pecher S., Koch S., Coburn M. (2020). Positionspapier mit konkreten Handlungsempfehlungen*: Ökologische Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie und Intensivmedizin. *Anästh Intensivmed* 2020;61:329–339. DOI: 10.19224/ai2020.329. https://www.ai-online.info/images/ai-ausgabe/2020/0708-2020/AI_07-08-2020_Sonderbeitrag_Schuster.pdf

Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden. (2024). Anästhesie am Uniklinikum Dresden verzichtet auf klimabelastendes Narkosegas. <https://www.uniklinikum-dresden.de/de/presse/aktuelle-medien-informationen/anaesthesie-am-uniklinikum-dresden-verzichtet-auf-klimabelastendes-narkosegas>

ZeoSys Medical GmbH. Volatile Anästhesie ohne CO₂ Emission: Das Kreislaufsystem. <https://zeosys-medical.de/human/>

ZeoSys Medical GmbH. (2024a). CONTRAfluranTM Narkosegasfilter. <https://zeosys-medical.de/contrafluran-op-narkosegasfilter/>

ZeoSys Medical GmbH. (2024b). Wir machen den Anästhesieprozess nachhaltig. <https://zeosys-medical.de/>

Klinikreport Nachhaltigkeit +++ Impuls kompakt. Ausgabe 1. Schwerpunkt: Narkosegase. Herausgeber: Techniker Krankenkasse, Bramfelder Straße 140, 22305 Hamburg, Nachhaltigkeitsmanagement, und Deutsches Krankenhausinstitut e. V., Prinzenallee 13, 40549 Düsseldorf. Autorinnen: Melanie Filser und Ann Katrin Parloh. Gestaltung: The Ad Store GmbH, Hamburg. Titelbild: Getty Images.

© Techniker Krankenkasse und Deutsches Krankenhausinstitut e. V. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Einwilligung der TK und des DKI. Die enthaltenen Informationen wurden sorgfältig recherchiert. Für eventuelle Änderungen oder Irrtümer können wir keine Gewähr übernehmen. 1. Auflage 2024. Stand: September 2024