

# Die klimafreundliche NarCO<sub>2</sub>se



Sarah Bertsch

Die globale Klimakrise stellt unsere Gesellschaft vor große Herausforderungen. Das Gesundheitswesen hat mit fünf bis zehn Prozent aller Treibhausgasemissionen einen starken Einfluss auf das Klima. Anästhesie und Intensivstation können als sehr ressourcenintensive Bereiche einen entscheidenden Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Einsparung leisten – wie der folgende Beitrag zeigt. Autorin Sarah Bertsch hat mit der zugrunde liegenden Facharbeit beim 25. Thieme intensiv-Pflegepreis 2021 den 2. Platz belegt.



Rund die Hälfte aller Emissionen im Gesundheitswesen fällt im OP-Bereich an – eine große Rolle spielen hier die flüchtigen Anästhetika, die immer noch überwiegend ungefiltert und unmetabolisiert in die Atmosphäre gelangen. (© sudok1/stock.adobe.com)

► **Tab. 1** GWP und atmosphärische Lebensdauer von inhalativen Anästhetika.

	GWP100	GWP20	Atmosphärische Lebensdauer (in Jahren)
CO <sub>2</sub>	1	1	30–95 (23)
N <sub>2</sub> O	298	298	114
Sevofluran	130	440	1,1
Desfluran	2540	6810	14
Isofluran	510	1800	3,2
Halothan	50	190	1,0
Enfluran	680	2370	4,3

Weltweit wird der Klimawandel uns alle und auch unsere Gesundheitsversorgung vor große Herausforderungen stellen. Gesundheitliche Bedrohungen durch zunehmende Naturkatastrophen, Umweltverschmutzung, Ausbreitung von Tropenerkrankungen und pandemische Ereignisse belasten unser Gesundheitssystem enorm. Ein stabiles Klima und ein funktionierender Lebensraum bilden dabei das Fundament unserer Gesundheit [1]. Darüber hinaus ist der Klimawandel ein wichtiger Faktor, der durch steigende Wasserspiegel und Dürreperioden mit fehlendem Ernteertrag die Auswanderung vieler Menschen weltweit zur Folge hat. Eine derart schnelle, weltweite demografische Umstrukturierung droht viele Gesundheitssysteme nicht nur drastisch zu schwächen, sondern in letzter Folge schlussendlich kollabieren zu lassen [2]. Das medizinische Personal steht hier an vorderster Front und spielt eine entscheidende Rolle, sowohl in der Versorgung der Patienten als auch in der Vermeidung eigener, unnötiger Emissionen [1].

Der vom Menschen verursachte Klimawandel, durch den Anstieg bestimmter Gase in unserer Atmosphäre ist eines der relevantesten Probleme unserer Zeit und beeinflusst unser Leben in Zukunft spürbar [3]. Durch Verbrennung fossiler Brennstoffe wird die Konzentration von Treibhausgasen deutlich erhöht, wodurch immer mehr Strahlen zur Erde zurückgeschickt und somit viel zu viel Wärme gespeichert wird. Mehr als drei Viertel des von Menschen verursachten Treibhauseffekts wird durch CO<sub>2</sub> verursacht [4]. Aufgrund dieser hohen Relevanz wird CO<sub>2</sub> als Vergleichsparameter herangezogen, die anderen Treibhausgase werden als CO<sub>2</sub>-Äquivalente beschrieben. Diese Maßeinheit macht die unterschiedlichen Treibhausgase und deren Einwirkung auf unser Klima vergleichbar [5]. Das CO<sub>2</sub>-Äquivalent ist also jene Einheit, die uns angibt, wie sehr ein Gas in einem bestimmten Zeitraum, zum Beispiel in 100 Jahren, im Vergleich zur gleichen Menge CO<sub>2</sub> zur Klimaerwärmung beiträgt. Um die unterschiedlichen Treibhausgase und deren Einfluss auf den Treibhauseffekt noch besser vergleichen zu können, wurde vom IPCC der Vereinten Na-

tionen das globale Erwärmungspotenzial im Zeitraum von 100 Jahren (GWP100) definiert [6].

Anästhesie, Intensivstationen und Operationsbereiche spielen dabei als höchst energie- und ressourcenintensive Bereiche die größte Rolle [1]. Der Operationsbereich (OP) inklusive Anästhesie verbraucht durch ständige Klimaregulation, helle Beleuchtung und komplexe Maschinerie rund 50 Prozent aller Emissionen des gesamten Gesundheitssystems. Im Bereich der Anästhesie liegen die größten Probleme in Bezug auf die Umweltbelastung vorrangig in den Kernbereichen Energieversorgung, Abfallmanagement und bei der Nutzung volatiler Anästhetika [7].

## Volatile Anästhetika

Volatile Anästhetika haben einen enormen Einfluss auf die Erdatmosphäre. Aufgrund aktuell noch sehr selten verwendeter Recyclingsysteme für volatile Anästhetika werden diese in den meisten Fällen ungefiltert und unmetabolisiert in die Umwelt abgegeben. 2014 betrug die durch volatile Anästhetika verursachten globalen Emissionen knapp vier Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent. 80 Prozent dieser Emissionen entstanden dabei durch die Verwendung von Desfluran. Sevofluran und Desfluran gehören zu den Fluorkohlenwasserstoffen (FKW). Isofluran, Enfluran und Halothan sind Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) und haben, wie auch Lachgas, zusätzlich eine ozonschädigende Wirkung [8]. Wird das GWP100 dieser volatilen Anästhetika mit CO<sub>2</sub> verglichen, wird deutlich, dass deren klimaschädigendes Potenzial wesentlich höher ist als der Einfluss von CO<sub>2</sub>. Vor allem die Differenz von Desfluran zum Rest ist signifikant. Das GWP100 von Desfluran beträgt 2540. Das bedeutet, dass ein Gramm Desfluran das gleiche globale Erwärmungspotenzial aufweist wie 2540 Gramm CO<sub>2</sub>. Sevofluran hat im Vergleich dazu ein globales Erwärmungspotenzial von 130 [9] (► **Tab. 1**).

Wird Desfluran von der anästhesiologischen Abteilung eines Krankenhauses verwendet, sind die volatilen Anästhetika für circa 50 Prozent aller Treibhausgasemissionen des jeweiligen Operationsbereichs verantwortlich. In Abteilungen ohne Desfluran verursachen die volatilen Anästhetika nur vier Prozent der klimaschädigenden Umwelteinflüsse im OP [8]. Als Privatperson emittiert ein deutscher Bundesbürger knapp elf Tonnen CO<sub>2</sub> und ein österreichischer Bürger rund 9,7 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. Als Vollzeitmitarbeiter einer anästhesiologischen Abteilung, in der Desfluran verwendet wird, kommen weitere 17,1 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Jahr hinzu. Wird kein Desfluran verwendet, sind es hingegen nur 5,4 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent [7]. Neben dem unterschiedlichen Treibhauspotenzial in der Atmosphäre muss ebenso der unterschiedlich hohe Verbrauch in Volumenprozent (Vol.-%) betrachtet werden, um eine ausreichende minimale alveoläre Konzentration zu erreichen. Desfluran produziert somit während einer Narkose circa 50-mal so viel CO<sub>2</sub>-Äquivalent wie

► **Tab. 2** Vergleich verschiedener CO<sub>2</sub>-Äquivalente.

Mittelklassewagen	Desfluran	Sevofluran	Propofol
100 km/h	1 h (1 L FGF/1 MAC)	1 h (ca. 6 ml Sevo)	1 h (100 mcg/kg/min)
15 kg CO <sub>2</sub> e	35 kg CO <sub>2</sub> e	1,5 kg CO <sub>2</sub> e	< 100 g CO <sub>2</sub> e

Sevofluran. Aufgrund der Tatsache, dass unser Körper volatile Anästhetika fast gar nicht metabolisieren kann, werden diese unverändert über die Narkosegasabsaugung in die Außenluft abgegeben und verweilen dort über Jahre oder Jahrzehnte in der Atmosphäre. Im Fall von Sevofluran beträgt die Metabolisierung circa 2–5 Prozent, bei Desfluran sind es nur 0,8 Prozent. Auch hier zeigt sich ein deutlicher Unterschied: Während Sevofluran nach 1,1 Jahren nicht mehr in der Atmosphäre nachgewiesen werden kann, verbleibt Desfluran dort für 14 Jahre und Lachgas sogar für 114 Jahre [9].

Die Verwendung einer 240 ml umfassenden Flasche Desfluran entspricht 893 kg CO<sub>2</sub> [10]. Während einer Stunde Narkose mit Desfluran mit einem Liter Frischgasfluss (FGF) und einer minimalen alveolären Konzentration (MAC) von 1 werden 35 kg CO<sub>2</sub> emittiert. Ein Mittelklassewagen produziert 150 g CO<sub>2</sub>/km, also 15 kg pro 100 km. Somit lässt sich der Verbrauch einer Flasche Desfluran mit 240 ml und 893 kg CO<sub>2</sub> mit einer Autostrecke von 5953 km vergleichen [11] (► **Tab. 2**).

Das Resultat einer sechs Stunden andauernden Desfluran-Narkose im steady state mit einem Liter FGF pro Minute entspricht (An- und Abfluten zu Beginn und am Ende der Narkose nicht miteinberechnet) einer CO<sub>2</sub>-Emission, die mit einer Autostrecke von 1.800 km verglichen werden kann. Eine sechsstündige Sevofluran-Narkose mit einem Liter FGF entspricht einer Strecke von 38,6 km. Eine Minimal-Flow-Narkose (0,5 l FGF) entspricht einer Strecke 19,3 km [9]. Durch Kombinationsnarkosen mit Allgemein- und Regionalanästhesieverfahren und consequentem Minimal-Flow kann der Verbrauch an volatilen Anästhetika entscheidend minimiert werden. Aus klimapolitischer Sicht wäre somit eine strenge Indikationsstellung volatiler Anästhetika, insbesondere von Desfluran, dringend notwendig [12].

## Umsetzungsvorschläge

Um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eines Krankenhauses zu reduzieren, liegt die Verantwortung sowohl bei den institutionell verantwortlichen Leitungen als auch bei allen handelnden Einzelpersonen [3]. Veränderungen erfordern eine tiefgreifende und durchdachte Strategie, um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Gesundheitsversorgung zu senken. Es sind zahlreiche Investitionen in die Forschung nötig, um eine effiziente Gesundheitsversorgung und ein globales Umdenken des

Gesundheitssektors mit seinem übermäßigen Ressourcenverbrauch zu erzielen [2].

In die Entscheidungsfindung über die Wahl der verwendeten Narkoseformen sollte die Vermeidung von Umweltverschmutzung und Kostenreduktion zwingend miteinfließen. Aus umweltpolitischer Sicht müssen Desfluran und N<sub>2</sub>O ausschließlich für Patienten reserviert werden, bei denen Morbidität und Mortalität im Vergleich zu anderen Medikamenten reduziert werden können. Auch wenn Zeitdruck und Effizienzsteigerung im operativen Setting eine große Rolle spielen, können diese Faktoren durch Übung und Erfahrung auch mit Medikamenten, die eine schlechtere Steuerbarkeit aufweisen, und mit alternativen Anästhesieformen gemeistert werden. Die totale intravenöse Anästhesie (TIVA) und Regionalanästhesieverfahren sind die wohl umweltfreundlichsten Alternativen [15].

## Flow-Reduktion

Weil ein vollständiger Verzicht auf volatile Anästhetika weder realistisch noch erstrebenswert ist, bildet die Minimal-Flow-Anästhesie mit einem Frischgasfluss von weniger als einem halben Liter pro Minute eine sichere, effiziente, einfache und zuverlässige Methode zur Reduzierung von überschüssigem Narkosegasverbrauch. Durch die nur sehr geringe Menge an metabolisiertem Narkosegas kann durch consequenten Minimal- beziehungsweise Metabolic-Flow bei dichtem Kreissystem der Verlust an Narkosegas sehr stark reduziert werden. Durch fehlendes Bewusstsein über die Wichtigkeit einer consequenten Flow-Reduktion während einer inhalativen Narkose entstehen jedoch häufig unnötige Emissionen [15]. In einer Studie von Reithmeier konnte gezeigt werden, dass eine Einwaschphase mit vollständig geöffnetem Vapor (18 Vol.-%) und minimalem Frischgasflow (FGF) von 0,5 Liter pro Minute ein ausreichender MAC 0,5 in nur drei Minuten erreicht werden kann. Eine ausreichende Narkosetiefe mit genügend Opiaten ist hierbei die Voraussetzung für den ausreichenden MAC 0,5. Verglichen mit den zwei Kontrollgruppen (FGF vier Liter pro Minute und zehn Liter pro Minute) dauerte das Erreichen des MAC 0,5 zwar geringfügig länger, was jedoch für die Angleichung mit der zerebralen Anflutungskinetik von Vorteil ist. Die Kosten- und Emissionsersparnis in den ersten fünf Minuten ist mit 40–47 Prozent als eindeutig signifikant zu erachten und wird deshalb in Hinblick auf einen ressourcenschonenden Umgang als Standard gefordert [16]. Bedenken über theoretische Compound-A induzierte Nephrotoxizität beim Menschen

aufgrund von Low-Flow-Anästhesien haben große Mengen an überschüssigen Narkosegasen verursacht. Dies geschah trotz bereits vor 20 Jahren erscheinender Sicherheitsnachweise und neuen non-Compound-A-produzierenden CO<sub>2</sub>-Absorbern. Obwohl ein niedriger Frischgasfluss die Lebensdauer eines CO<sub>2</sub>-Absorbers deutlich reduziert, sind die Gesamtkosten einer Minimal-Flow-Narkose trotzdem deutlich geringer und können zusätzlich reduziert werden, wenn ein Wechsel des Absorbers nur aufgrund von kapnographischem Nachweis eines angemessenen inspiratorischen CO<sub>2</sub>-Grenzwerts geschieht [17]. Voraussetzung für eine funktionierende Minimal-Flow-Narkose ist ein dichter Beatmungskreislauf mit minimaler Leckage. Dies setzt eine Atemwegssicherung mit einem Endotrachealtubus oder einem sehr dicht sitzenden supraglottischen Atemweg voraus [15].

### Innovative Technologien

Innovative Technologien ermöglichen bereits eine Zerstörung oder sogar eine Wiederaufbereitung von umweltschädlichen Narkosegasen [17]. Die vom Patienten ausgeatmeten Anästhetika werden vollständig aufgefangen, in einem aus Aktivkohle bestehenden Filter gesammelt und bis zur Rücksendung an die entsprechende Firma sicher gespeichert. Die zurückgesendeten Filter werden dann durch Wasserdampf in Druckbehältern stark erhitzt. Dadurch wird das volatile Anästhetikum sterilisiert, vom Wasserdampf getrennt und kann in weiterer Folge zu einem Anteil von circa 80 Prozent wiederverwendet werden. Dies bietet die Möglichkeit zur Einsparung unnötiger Emissionen und ermöglicht eine deutliche Kostenreduktion. Die adsorbierten Narkosegase werden ohne Belastung für die Umwelt wiedergewonnen und dürfen seit der Zulassung 2017 wieder als vollwertiges Medikament eingesetzt werden. Krankenhäuser sparen dadurch zusätzlich die Betriebskosten für Absauganlagen [18].

### Alternative Anästhesieformen

Sowohl die totale intravenöse Anästhesie als auch die Regionalanästhesie verzichten vollständig auf den Einsatz volatiler Anästhetika und eliminieren somit den klimaschädigenden Einfluss dieser Treibhausgase. Werden Regionalanästhesieverfahren mit volatilen Anästhesien kombiniert, kann zumindest eine MAC-Reduktion und dadurch ein geringerer Verbrauch an Narkosegasen erzielt werden. Obwohl bei der TIVA vollständig auf Narkosegase verzichtet wird, fallen bei der Herstellung, dem Transport, dem Betrieb der Perfusor-Pumpe, der Entsorgung von Propofol und den Einmalmaterialien ebenso Emissionen an. Wird eine Desfluran-Narkose ausschließlich in Hinblick auf die Emissionen, die durch Herstellung, Transport, Betrieb des Vapors und der Entsorgung anfallen, betrachtet, bleibt der Umweltschaden einer Desfluran-Narkose immer noch um das Zwanzigfache höher, verglichen mit einer totalen intravenösen Anästhesie. Wird das unmetabolisierte, abgeatmete volatile Anästhetikum miteinbezogen, beträgt die Emission im Fall von Desfluran das bis zu 10.000-Fache

einer Propofol-Narkose [11]. Im Gegensatz zu den Narkosegasen wird Propofol vom Körper vollständig metabolisiert, somit emittiert das Medikament selbst kein CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Gelangen Medikamentenreste über den normalen Müll in unser Abwasser, kann dies jedoch einen enormen Umweltschaden anrichten [19]. Einer amerikanischen Studie zufolge werden 50 Prozent des Propofols in einem durchschnittlichen OP unbenutzt verworfen [20]. Da die vollständige Zerstörung von Propofol erst bei Temperaturen von mehr als 1000 Grad Celsius möglich ist, sollte Restpropofol zwingend mit dem Verbrennungsmüll der Krankenhäuser entsorgt werden. Das Minimieren von Medikamentenverwurf bildet somit einen zentralen Hebel für die Vermeidung von umweltschädlichem Potenzial durch Propofol und reduziert zudem die Kosten [19].

### Abfallmanagement im Gesundheitswesen

Neben den volatilen Anästhetika ist der Bereich des Abfallmanagements ein Kernthema bei der Reduktion der Umweltbelastung. Das Gesundheitswesen generiert als ressourcenintensiver Bereich eine sehr große Menge an Abfall und gehört neben der Nahrungsmittelindustrie zu den größten Abfallproduzenten der westlichen Welt. Ein Drittel dieser Abfälle stammt dabei aus dem Operationsbereich. Durch den vermehrten Einsatz von Einwegartikeln im Bereich der Anästhesie, wie beispielsweise Larynxmasken, Beatmungsschläuche sowie OP-Einwegmaterialien wie Einwegkleidung, steigt diese Menge stetig weiter an. Da diese Einwegartikel als potenziell infektiös eingestuft werden, müssen sie zusätzlich bei hohen Temperaturen verbrannt werden [13]. Die im Rahmen der Gesundheitsversorgung anfallenden Abfälle bergen grundsätzlich ein höheres Infektions- und Verletzungspotenzial. Das macht ein sicheres und zuverlässiges Abfallmanagement unerlässlich. Ist dies nicht gewährleistet, entstehen schwerwiegende Folgen für die öffentliche Gesundheit und unsere Umwelt. Ein besseres öffentliches Bewusstsein für das Problem ist von entscheidender Bedeutung, um die Beteiligung an der Entwicklung und Umsetzung innovativer Richtlinien und Programme zu fördern [14].

Im Gesundheitswesen wird zwischen allgemeinem und klinischem Abfall unterschieden. Klinische Abfälle sind potenziell kontaminiert und können dadurch Krankheiten verursachen und Infektionen weitergeben. Sie umfassen sowohl infektiöse und pathogene Inhalte, scharfe Gegenstände wie auch pharmazeutische und radioaktive Materialien. Untersuchungen zeigten, dass fast 70 Prozent des OP-Abfalls zwar recycelbar wäre, trotzdem aber fälschlicherweise als klinischer Abfall entsorgt wird [13]. Obwohl in einem durchschnittlichen Krankenhaus knapp 60 unterschiedliche Arten von Müll unterschieden werden können, wird in den meisten Operationsbereichen der gesammelte Müll als Sondermüll zur Verbrennung gebracht. Die Entsorgung von Müll ist grundsätzlich schon sehr kostspielig. Klinischer Sondermüll verursacht dabei allerdings die mit Abstand höchsten Kosten. Bis zu 800 Euro fallen

pro Tonne Sondermüll und pharmazeutischen Abfällen an, da diese eine Verbrennung bei extrem hohen Temperaturen (1000 °C) erfordern. Im Vergleich dazu kostet die Entsorgung von Haushaltsabfällen rund 80 Euro pro Tonne. Es wird geschätzt, dass nur knapp vier Prozent der Abfälle in Behältern für Sondermüll auch diesen Anforderungen entsprechen [12]. 2009 wurde in einem australischen 780 Betten umfassenden Krankenhaus eine Initiative zum Thema Abfallmanagement gestartet. Die pro Monat angefallenen 20 000 kg Abfall wurden damals aufgrund mangelnder Richtlinien zur Mülltrennung nicht separiert, sondern gesammelt als klinischer Abfall entsorgt. Durch institutionelle Veränderungen, Mitarbeiterschulungen und Informationsplakate zum Thema Mülltrennung konnte noch im selben Jahr eine Reduktion des klinischen Abfalls um 70 Prozent erreicht werden. 2014 wurde eine erneute Initiative zum Thema Recycling gestartet. Dabei wurden die 70 Prozent Allgemeinmüll untersucht und die recycelbaren Bestandteile herausgefiltert. Dies führte zu einer Reduktion des Allgemeinmülls um 56 Prozent. Verglichen mit dem Jahr 2009 konnte dadurch der umweltschädliche klinische Verbrennungsmüll insgesamt um 82 Prozent und der gesamte nicht recycelbare Müll um 50 Prozent gesenkt werden [13].

## Life Cycle Assessments

Die Lebenszyklusanalyse („Life Cycle Assessment“) ist eine wissenschaftliche Methode, um den Umwelteinfluss eines Produktes oder Prozesses von der „Wiege bis zum Grab“ zu analysieren. Dabei wird der Umwelt-Fußabdruck bewertet, der mit der Gewinnung natürlicher Ressourcen, Herstellung, Verpackung, Transport, Verwendung sowie Wiederverwendung und Recycling beziehungsweise Abfallentsorgung von Produkten oder Prozessen einhergeht [19]. Durch solche „Life Cycle Assessments“ kann beispielsweise verdeutlicht werden, dass der umweltschädliche Einfluss einer Mehrweg-Larynxmaske um 50 Prozent geringer ist als die Verwendung eines Einwegprodukts [21]. Einmal-Larynxmasken können aufgrund ihres hohen PVC-Gehalts nicht weiterverwendet werden. Zusätzlich enthalten diese den Weichmacher DEHP (Di(2-ethylhexyl)-phthalat), der bei Kontakt mit Hitze freigesetzt wird. DEHP gilt als wahrscheinlich krebserregend und endokriner Disruptor [19]. Dies betrifft auch wiederverwendbare Textilien im Anästhesie- und Operationsbereich. Sie verbrauchen deutlich weniger Energie, Wasser, Kohlenstoff und organische Chemikalien zu ähnlichen Kosten bei demselben Schutzniveau und Komfort wie Einwegtextilien. Die Minimierung der Verschwendung von Medikamenten und Einwegartikeln spart Geld und reduziert den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in großem Maß [22].

## Mobilitätskonzepte

Um die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gesundheitswesen zu reduzieren, muss ebenso das Thema der Mobilität berücksichtigt werden. Berufsverkehr, Patiententransporte und Kongressfahrten bilden die größten Einflussfaktoren. Um die Emis-

sionen auf dem Weg zur Arbeit zu verringern, sind neue Mobilitätskonzepte erforderlich, die sowohl die öffentliche Infrastruktur als auch die Krankenhäuser als Arbeitgeber und die Mitarbeiter selbst betreffen [9]. Ein sinnvoll ausgebauten öffentliches Verkehrsnetz, die Möglichkeit, vergünstigte Tickets für den öffentlichen Nahverkehr zu erwerben, sowie eine bedarfsangepasste Zahl an überdachten und vor Diebstahl geschützten Fahrradabstellplätzen und eine gute Erreichbarkeit des Krankenhauses über sichere Fahrradwege sind eine wichtige Grundvoraussetzung für ein attraktives, umweltschonendes Mobilitätskonzept. Carsharing und E-Ladestationen für Elektroautos, E-Bikes und E-Roller können den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eines Gesundheitsunternehmens weiter reduzieren [7]. Dies führt in weiterer Folge potenziell auch bei den Patienten zu einer vermehrten Inanspruchnahme dieser Angebote. In Bezug auf Patiententransporte ergibt sich für den Rettungsdienst ein Einsparpotenzial schädlicher Emissionen durch einen Umstieg auf nachhaltige, nicht fossile Antriebsarten wie E-Mobilität oder Wasserstoff-Brennzellen. Ebenso sollte der luftgebundene Patiententransport mittels Rettungshubschrauber stets streng indiziert sein. Ein weiteres zukunftsorientiertes Modell ist die Implementierung der Telemedizin, wodurch vor allem Transportemissionen aufseiten der Patienten stark reduziert werden können [9].

### FAZIT

Um innerhalb der nächsten 30 Jahre eine Klimaneutralität für die Bereiche OP, Anästhesie und Intensivstation zu erreichen, müssen neben den persönlichen Verhaltensänderungen vor allem technische Innovationen und finanzielle Investitionen getätigt werden. Dazu zählen thermische Sanierung, erneuerbare Energiequellen, ein verantwortungsvoller Einsatz mit volatilen Anästhetika, durchdachte Mobilitätskonzepte und ein sinnvolles Recycling- und Abfallmanagement [9].

Ein verantwortungsvoller Umgang mit Ressourcen in Hinblick auf ökologische und ökonomische Aspekte muss von den handelnden Personen und institutionellen Leitungen zukünftig mehr beachtet und konsequent umgesetzt werden, um einer drohenden Klimakatastrophe entgegenzuwirken [1]. Hinsichtlich der verwendeten Materialien ist vor allem die zunehmende Verwendung von Einweganstelle von Mehrwegartikeln eine sehr kritisch zu betrachtende Entwicklung. Bei der Produktauswahl sollte ein genauer Blick auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und das Life Cycle Assessment die Grundlage bilden. Mithilfe des 5-R-Konzepts (reduce, rethink, reuse, research, recycle) und aktiver Mülltrennungs- und Recyclinginitiativen kann unnötiger klinischer Verbrennungsmüll im Gesundheitswesen vermieden werden, ohne die Arbeitsabläufe zu behindern oder negativ zu beeinflussen [9].

Klimaschutz muss als Grundpfeiler einer nachhaltigen Gesundheitsversorgung zukünftig mehr in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit aller handelnden Pflegepersonen gerückt werden [23]. Das medizinische Personal spielt hierbei eine entscheidende Rolle, sowohl in der Versorgung der Patienten als auch in der Prävention eigener, vermeidbarer Emissionen. Den handelnden Personen wird somit ein verantwortungsbewusstes Handeln in der Wahl ihrer täglichen Entscheidungen abverlangt [1]. Wissen weiterentwickeln und weiterzugeben ist in der Medizin schon lange alltäglich. Im Bereich der ökologischen Nachhaltigkeit und des Umweltschutzes liegt eine besondere Verantwortung darin, das eigene Wissen auszubauen und an zukünftige Generationen von Ärzten und Pflegepersonen weiterzugeben. Schulungen über ökologische Nachhaltigkeit und ein umweltschonender Umgang mit Ressourcen sollte sowohl in der medizinischen als auch in der Krankenpflegeausbildung zukünftig in den Ausbildungskatalog aufgenommen werden. Ebenso muss das allgemeine Wissen über eine ökologische und ökonomische Patientenversorgung durch interne Schulungen und Weiterbildungen vermittelt und gefestigt werden, um Wissenslücken über unnötige, umweltschädliche volatile Anästhetika, Einmalmaterialien und Müll- und Abfallprodukte zu reduzieren [9].

## Autorin



### Sarah Bertsch

Diplomierte Gesundheits- und Krankenpflegerin mit Zusatzdiplom für Anästhesie.

E-Mail: sarah.bertsch@gmx.at

## Literatur

- [1] Koch S, Pecher S. Neue Herausforderungen für die Anästhesie durch den Klimawandel. *Anästhesist* 2020, 7: 453–61
- [2] Muret J, Kelway J. Why should anaesthesiologists and intensivists care about climate change? *Anaesth Crit Care Pain Med* 2019, 38(6): 565–7
- [3] Lehmann F. Klimarelevanz volatiler Anästhetika; 2020. Im Internet: [bit.ly/3e12WvX](https://bit.ly/3e12WvX); Stand: 30.08.2022
- [4] Hegeler A. Was ist der Treibhauseffekt? Einfach erklärt; 2018. Im Internet: [bit.ly/3Q27EqL](https://bit.ly/3Q27EqL); Stand: 30.08.2022
- [5] myclimate. Was sind CO<sub>2</sub>-Äquivalente? 2021. Im Internet: [bit.ly/3TtKQTK](https://bit.ly/3TtKQTK); Stand: 30.08.2022
- [6] Bundesverband Geothermie. CO<sub>2</sub>-Äquivalente; 2020. Im Internet: [bit.ly/3cywBfi](https://bit.ly/3cywBfi); Stand: 30.08.2022

- [7] Meyer M. Desflurane Should Des-appear: Global and Financial Rationale. *Anaesth Analg* 2020, 131(4): 1317–22
- [8] Richter H, Weixler S, Schuster M. Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Anästhesie. Wie die Wahl volatiler Anästhetika die CO<sub>2</sub>-Emissionen einer anästhesiologischen Klinik beeinflusst. *Anästhesiol Intensivmed* 2020, 61: 154–61
- [9] Schuster M, Richter H, Pecher S et al. Positionspapier mit konkreten Handlungsempfehlungen der DGAI und des BDA: Ökologische Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie und Intensivmedizin. *Anästhesiol Intensivmed* 2020, 61: 329–39
- [10] Self J. Calculating the carbon dioxide equivalent produced by vaporising a bottle of desflurane. *Anaesthesia* 2019, 74(11): 1479
- [11] Sherman J, Le C, Lamers V et al. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Anaesthetic Drugs. *Anesth Analg* 2012, 114(5): 1086–90
- [12] Conway N, Baumann A, Gucwa N et al. Perioperative Medizin – die klimafreundlichere Narkose. *Dtsch Arztebl* 2020, 117(25): 1258–9
- [13] Wyssusek KH, Foong WM, Steel C et al. The Gold in Garbage: Implementing a Waste and Segregation and Recycling Initiative. *AORN J* 2016, 103(3): 316.e1–8
- [14] WHO. Safe management of wastes from health-care activities: A summary; 9 December 2017. Im Internet: [bit.ly/3e86mx6](https://bit.ly/3e86mx6); Stand: 30.08.2022
- [15] Sherman J, Feldman J, Berry JM. (2017): Reducing Inhaled Anaesthetic Waste and Pollution. *Anesthesiology News* 2017. Im Internet: [bit.ly/3CLBtBy](https://bit.ly/3CLBtBy); Stand: 30.08.2022
- [16] Reithmeier EE. (2012): Einsparpotenzial von Desfluran durch Minimal-Flow in der Einwaschphase. Dissertation, Universität Ulm; 2012. Im Internet: [bit.ly/3R1iYop](https://bit.ly/3R1iYop); Stand: 30.08.2022
- [17] McGain F, Murat J, Lawson C et al. Environmental sustainability in anaesthesia and critical care. *Brit J Anaesth* 2020, 125(5): 680–92
- [18] ZeoSys (2021): Contrafluran. Im Internet: [bit.ly/3fSuPHp](https://bit.ly/3fSuPHp); Stand: 07.10.2022
- [19] Campbell M, Pierce T. Atmospheric science, anaesthesia, and the environment. *BJA Education* 2015, 15(4): 173–9
- [20] Gillerman G, Browning R. Drug use inefficiency: a hidden source of wasted health care dollars. *Anesth Analg* 2000, 91(4): 921–4
- [21] Eckelman M, Mosher M, Gonzalez A et al. Comparative Life Cycle Assessment of Disposable and Reusable Laryngeal Mask Airways. *Anesth Analg* 2012, 114(5): 1067–72
- [22] Overcash M. A Comparison of Reusable and Disposable Perioperative Textiles: Sustainability State-of-the-Art 2012. *Anesth Analg* 2012, 114(5): 1055–66
- [23] MacNeill AJ, Lillywhite R, Brown CJ. The impact of surgery on global climate: a carbon footprinting study of operating theatres in three health systems. *Lancet Planet Health* 2017, 1(9): e381–8

## Bibliografie

intensiv 2022; 30: 323–328  
 DOI 10.1055/a-1925-3979  
 ISSN 0942-6035  
 © 2022. Thieme. All rights reserved.  
 Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,  
 70469 Stuttgart, Germany