

# Klimawandelspezifische Aspekte in der Anästhesiologie

Die Folgen des anthropogenen Klimawandels beeinflussen auch in Deutschland längst die Gesundheit und das Leben des Einzelnen [1, 2]. Auf die Anästhesiologie – insbesondere auf die Intensiv- und Notfallmedizin – werden in diesem Zusammenhang zahlreiche Herausforderungen wie hitzebedingte Zunahme von Myokardinfarkten und Schlaganfällen, Dehydratationen und Nierenschädigung sowie ungewöhnliche respiratorische und intestinale Infektionserkrankungen, Exazerbationen von chronischen Lungenerkrankungen und wetterbedingte Großschadensereignisse zukommen [3, 4]. Gleichzeitig ist das Gesundheitssystem global für vier bis fünf Prozent der Treibhausgas (THG)–Emissionen verantwortlich und übertrifft damit die Summe aus Flug- und Schiffsverkehr [5]. Dieser Einfluss ist in hochtechnisierten Gesellschaften derzeit noch höher: in Deutschland addieren sich die Emissionen aus dem Gesundheitswesen auf 0,71 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent (CO<sub>2</sub>e) pro Kopf und Jahr, was aktuell etwa acht Prozent entspricht [6, 7, 8]. Die energie- und ressourcenintensiven OP-Bereiche und die Intensivmedizin tragen dazu in wesentlichem Umfang bei. Je nach Wahl des Narkoseverfahrens sind direkte Emissionen durch Inhalationsanästhetika sehr relevant [9, 10]. Es liegt also nahe, zur Erfüllung nationaler Reduktionsziele insbesondere auch im operativen Bereich Einsparmaßnahmen umzusetzen. Der Vergleich verschiedener Gesundheitssysteme zeigt immenses Einsparpotenzial: Eine Katarakt-OP verursacht in Indien 6 kg an CO<sub>2</sub>e-Emissionen, in Großbritannien dagegen 180 kg – bei vergleichbaren Komplikationsraten und Ergebnissen [11]. Das aktuelle Konsensuspapier des Weltverbandes der Anästhesiengesellschaften fordert von Anästhesisten nicht nur den nachhaltigen Umbau von klinischer Versorgung, Forschung und Lehre, sondern auch, dass sie innerhalb ihres nationalen Gesundheitswesens dabei eine Führungsrolle übernehmen sollen [12]. Im deutschsprachigen Raum können Anästhesistinnen und Anästhesisten durch Umsetzung der Empfehlungen des Forums Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie wesentlich dazu beitragen [10, 13] und ihren beruflichen Klimaeinfluss um bis zu 70 Prozent reduzieren [14]. In diesem Artikel soll insbesondere das Einsparpotenzial in der Anästhesiologie, aber auch die Einbindung der Maßnahmen in ein interdisziplinäres und interprofessionelles Gesamtkonzept aus Sicht des Klimamanagers erläutert werden.



## Systematik

Auf dem Weg zur Klimaneutralität eines Unternehmens muss zunächst eine CO<sub>2</sub>-Bilanz berechnet werden. Die Gesamtemissionen werden dabei in drei Bereiche eingeteilt: Direkte Emissionen (Scope 1) entstehen vor Ort durch Kraftstoffverbrennung oder flüchtige Substanzen (zum Beispiel volatile Anästhetika). Indirekte Emissionen (Scope 2) resultieren aus dem Energiebezug von externen Anbietern (zum Beispiel Strom und Wärme). Scope-3-Emissionen entstehen in der Lieferkette (inklusive Patienten- und Mitarbeitermobilität) und sind in Deutschland derzeit noch schwierig zu beziffern, da hier noch ein erheblicher Regulierungsbedarf besteht. Professor Dr. Martin Schuster, Vorsitzender des gemeinsamen Forums Nachhaltigkeit von der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)

und Berufsverband Deutscher Anästhesistinnen und Anästhesisten e. V. (BDA), formuliert es im *Deutschen Ärzteblatt* so: „England macht es vor: Im letzten Jahr hat der National Health Service 1,3 Megatonnen CO<sub>2</sub> eingespart und seine Zulieferer auf die Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien verpflichtet.“ [15] Zwar bieten erste Dienstleister auch deutschen Krankenhäusern bereits Hilfestellung auf dem extrem komplexen Gebiet von Ver- und Entsorgung an [16], aber die Dekarbonisierung der Lieferkette erfordert politische Leitplanken, welche den Produktherstellern Planungssicherheit bei der Erstellung kostenintensiver Life-Cycle-Assessments (LCA) bieten. Die Systematik der CO<sub>2</sub>-Emissionen wurde auch in der Studie von McNeill et al. verwendet, welche drei universitäre Operationseinheiten international be-

züglich ihres Carbon Footprints vergleicht [9]. Im Folgenden sollen die Gesamtemissionen am Universitätsklinikum Augsburg (UKA) denen aus dem OP-Bereich gegenübergestellt werden.

## Der Augsburger Weg

Bereits im Mai 2019 rief der Vorstand des UKA die Initiative „University Medicine Augsburg goes green (UMAGG)“ ins Leben, die Klimaneutralität bis 2040 anvisiert und den Vorstand bezüglich des nachhaltigen Umbaus der Universitätsmedizin in Augsburg berät. Sprecherin von UMAGG ist die stellvertretende kaufmännische Direktorin. Unterstützend wurde 2021 ein Anästhesist als Klimamanager im Rahmen des vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und



© Sergey Nivens – stock.adobe.com

Verbraucherschutz (BMU) geförderten und vom BUND umgesetzten KliKGreen-Projektes [17] eingesetzt sowie eine Kooperation mit dem Zentrum für Klimaresilienz der Universität Augsburg im Rahmen der bayernweiten Green-Hospital<sup>PLUS</sup>-Initiative eingegangen [18]. Das Energieaudit durch eine externe Beratungsfirma hatte zuvor die Scope-1- und Scope-2-Emissionen quantifiziert und Optimierungsmöglichkeiten spezifiziert. Auch im Arbeitskreis Nachhaltigkeit des Verbandes der Universitätsklinika Deutschlands (VUD) ist UMAGG engagiert.

Bei den Scope-1-Emissionen konnte die Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin durch den Verzicht auf das Narkosegas Desfluran mit Demontage aller Vaporen ab Mitte 2021 [19] eine Einsparung von 261 t CO<sub>2</sub>e/a (78 Pro-

zent der Scope-1-Emissionen in der OP-Bilanz und elf Prozent in der Gesamtbilanz) gegenüber dem Vorjahr erwirken und wurde damit als Use-Case in der Abschlusspressekonferenz des KliKGreen-Projektes vorgestellt. Auch eine relevante finanzielle Einsparung geht mit dieser Maßnahme einher. Da der Vapor das Desfluran im gekühlten OP-Saal ununterbrochen auf über 39 °C aufheizen muss, um im Notfall jederzeit einsatzbereit zu sein, kommt zur Ersparnis bei den direkten Emissionen noch die Reduktion des elektrischen Energieverbrauchs in der Größenordnung eines Kühlschranks pro Vapor hinzu [20]. Somit können die Scope-2-Emissionen bei fortgesetzter Vorhaltung und weitgehendem Verzicht auf Desfluran die direkten Emissionen sogar übersteigen. Vereinfachend gehen daher aktuelle Berechnungen vom bis zu 50-fachen Treibhaus-

effekt gegenüber dem Gebrauch von Sevofluran aus [21 bis 25]. Klimaschonende Alternativen zu Inhalationsanästhesien sind zum einen die total intravenöse Anästhesie (TIVA) und zum anderen die Regionalanästhesie als Monoverfahren [26]. Sherman et al. haben Live Cycle Assessments (LCA) für die gängigsten Inhalationsanästhesien sowie für eine Propofolnarkose berechnet und sind zu dem Ergebnis gekommen, dass der Klimaeffekt einer TIVA gegenüber Inhalationsanästhesien praktisch vernachlässigbar ist [27]. Um die Zeit von der Anästhesieeinleitung bis zur Einfahrt in den OP-Saal zu überbrücken, ist es daher sinnvoll, zumindest in dieser Phase Narkosegase durch Propofol zu ersetzen. Das Systemvolumen der Narkosegeräte muss auch für eine kurze Überbrückung komplett mit Gas gefüllt werden, das nach dem Verlassen des Einleitungsplatzes nutzlos in die Atmosphäre entweicht. Die von Kollegen der Technischen Universität München (TUM) entwickelten und über das Forum Nachhaltigkeit von DGAI und BDA bezogenen Aufkleber mit Informationen zum THG-Potenzial bei verschiedenen Frischgasflussraten wurden an den Sevofluran-Vaporen angebracht und die Bevorzugung der Minimalfluss-Narkose, der total intravenösen Anästhesie (TIVA) sowie der Regionalanästhesie bei fehlenden Kontraindikationen in klinikinternen Fortbildungsveranstaltungen wiederholt vermittelt. Auch speziell für die inhalationsaffine Kinderanästhesie wurden gemeinsam mit dem Wissenschaftlichen Arbeitskreis Kinderanästhesie (WAKKA) Empfehlungen entwickelt [28], welche sich als Ergänzung zu den wertvollen Handlungsanweisungen aus dem Positionspapier des Forums Nachhaltigkeit von DGAI und BDA verstehen [10]. Durch die Summe dieser Maßnahmen ist ein weiterer Rückgang des Verbrauchs an volatilen Anästhetika und zugehörigen THG-Emissionen am UKA zu erwarten. Der Effekt soll erneut zum Jahresende 2023 bilanziert werden. Bei der Verwendung von Desfluran mit Lachgas fällt im Vergleich zu Sevofluran die Diskrepanz der THG-Emissionen (Scope 1 bis 3) aus dem OP mit vier Prozent versus 60 Prozent noch deutlich höher aus [9]. In klinischen Dosierungen ist das in der Atmosphäre sehr langlebige Lachgas bezüglich seiner Klimaschädlichkeit dem Desfluran vergleichbar [29]. Anlagen für N<sub>2</sub>O wurden in modernisierten bayerischen Operationsälen aber zumeist nicht mehr verbaut – so auch am UKA. Allerdings wird ein Lachgas-Sauerstoff-Ge-

misch (zum Beispiel Livopan®) in der Geburtshilfe, bei Kindern und von Zahnärztinnen/Zahnärzten noch relativ häufig verwendet, wenn keine Anästhesistin/kein Anästhesist zur Verfügung steht. Problematisch ist bei der Verwendung in halboffenen Systemen der hohe Frischgasfluss bei hoher applizierter Konzentration. Ein ähnlich hohes Global-Warming-Potential wie Desfluran haben die Fluorkohlenwasserstoffe Norfluran und Apafluran, welche als Treibgase in Aerosol-Inhalatoren verwendet werden. Zwar sind die pro Sprühstoß freigesetzten Mengen gering, jedoch hat ein Wechsel auf Pulverinhalatoren bei täglicher Applikation von zwei Sprühstößen den gleichen Effekt wie eine Ernährungsumstellung auf vegetarische Kost [30].

Dank des Vorstandbeschlusses, für das Jahr 2022 Ökostromzertifikate zu erwerben, konnte der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des Stromverbrauches und damit der größere Anteil der Scope-2-Emissionen auf nahezu Null reduziert werden. Im Jahr 2022 wurde außerdem die mit 10.000 Euro dotierte UMAGG-Challenge ausgerufen, bei der Mitarbeiterinnen/Mitarbeiter Ideen zur Ressourcenschonung einbringen konnten. Im Namen der interprofessionellen Jury wurden 14 Preise für insgesamt 30 Vorschläge vergeben, welche unter anderem Einsparmaßnahmen in den Bereichen Mitarbeitermobilität, Drucken und Papierverbrauch, Heizung und Beleuchtung adressierten. Zwei wirkungsvolle UMAGG-Projekte zur Stromersparnis sind aktuell noch in der Umsetzungsphase: Der Wechsel von Leuchtstoffröhren auf LED-Beleuchtung in den fensterlosen Bereichen des Zentralgebäudes und der Ruhebetrieb der Raumlufttechnik aller nicht benötigter OP-Säle außerhalb der Regelarbeitszeit. Eines von drei OP-Zentren in Nordamerika und Europa erreichte in der CO<sub>2</sub>-Footprint-Studie von McNeill et al. [9] durch die letztere Maßnahme eine Reduktion der THG-Emissionen um 50 Prozent. Jeden einzelnen OP-Saal durchströmen pro Stunde bei aktuellen Lüftungsanlagen, die Keimarmut durch „Laminar Air Flow“ ermöglichen, rund 9.000 m<sup>3</sup> Luft, welche gefiltert und klimatisiert (das heißt geheizt oder gekühlt) werden muss. Dies ist ein extrem energieaufwendiger Prozess, und so verbrauchen OP-Bereiche pro m<sup>2</sup> Fläche drei bis sechsmal so viel Energie wie der Rest eines Krankenhauses. Für die Beheizung der untersuchten universitären OP-Einheiten war bauartabhängig mit ca. 2.000 bis über 6.000 MWh/a die größte Energiemenge erforderlich, für Lüftung und Kühlung je nach Energieeffizienz der jeweiligen Anlage etwa 500 bis 2.000 MWh/a. Der Energieverbrauch aller weiteren elektrischen Verbraucher im OP (PCs, Beleuchtung, Pumpen, Kauter, Monitoring, Narkosegeräte, Infusions- und Konvektionswärmegeräte etc.) zusammengenommen ist demgegenüber praktisch vernachlässigbar [9]. Der Stromverbrauch der Raumlufttechnik der 24



© Sergey Nivens – stock.adobe.com

OP-Säle im Zentralbereich des UKA beträgt mit 3.350 MWh/a etwa zehn Prozent des Gesamtverbrauches des Hauptstandortes und könnte durch einen Ruhebetrieb der außerhalb der Regelarbeitszeit nicht benötigten OP-Säle um gut 1.000 MWh/a bzw. rund 1/3 reduziert werden, wodurch die Maßnahme nicht nur ökologisch, sondern infolge steigender Energiepreise auch ökonomisch sinnvoll ist. Einspareffekte im Bereich der Fernwärme, welche durch reduzierte Raumheizung aufgrund des Temperaturgradienten zwischen OP-Saal und einströmender Luft zustande kommen, sind hierbei noch nicht eingerechnet.

Die Scope-3-Emissionen für Ver- und Entsorgung von Verbrauchsmaterialien lagen in den von McNeill et al. untersuchten OP-Einheiten zwischen 536 und 650 t CO<sub>2</sub>e/a und entsprechen damit einem Anteil von zwölf bis 20 Prozent ihres Gesamt-Footprints [9]. Zweifellos gibt es auf diesem Gebiet ebenfalls ein erhebliches Optimierungspotenzial [13], wofür auch konkrete Handlungsempfehlungen im Positionspapier von DGAI und BDA ausgesprochen werden [10]. Allerdings erfordern wirkungsvolle Umstellungen im Gegensatz zu den vorgenannten Maßnahmen bei der Vielzahl von eingesetzten Produkten regelhaft zahlreiche kleinschrittige, detailtiefe und aufwendige Einzelentscheidungen, welche zudem interprofessionell und interdisziplinär jeweils sorgfältig abgestimmt werden müssen. Da LCA für die meisten Produkte nicht verfügbar sind, werden Kaufentscheidungen bisher im Wesentlichen wirtschaftlich begründet. Das Universitätsklinikum Heidelberg hat mittels der Top-down-Methode (wobei von den Produktkosten auf die THG-Emissionen geschlossen wird)

seine Scope-3-Emissionen überschlagen und kam zu dem Ergebnis, dass sie mit 172.500 t CO<sub>2</sub>e/a dreimal so hoch sind wie die Scope-1- und Scope-2-Emissionen zusammen [31]. Diese Vereinfachung könnte den Schluss nahelegen, dass durch die Bestellung finanziell günstigerer Produkte (zum Beispiel aus Fernost) der Footprint von Scope-3 reduziert werden könnte, was aber sicherlich zu kurz greift. Ein Anfang, der die Dimension der Aufgaben auf dem Weg zur Klimaneutralität aufzeigt, ist aber gemacht. Im Rahmen der UMAGG-Challenge wurden ein wissenschaftlich begleitetes Pilotprojekt zum Thema Recycling und LCA von Einwegprodukten sowie zwei Projekte zu papierlosen Prozessen im Bestellwesen und in der Personalverwaltung prämiert. Eine Reduktion der Speisereste im Patienten- und Mitarbeiterbereich konnte erwirkt werden und der Veggie Day ist seit 2021 umgesetzt. Projekte zur Dekarbonisierung der Patienten- und Mitarbeitermobilität sind auf dem Weg.

*Das Literaturverzeichnis kann im Internet unter [www.bayerisches-aerzteblatt.de](http://www.bayerisches-aerzteblatt.de) (Aktuelles Heft) abgerufen werden.*

## Autoren

Dr. Daniel Bolkenius  
Dr. Renate Linné

Universitätsklinikum Augsburg,  
Stenglinstr. 2, 86156 Augsburg