

In der Anästhesie wird ein Großteil der Treibhausgase frei, die ein Krankenhaus ausstößt.



Foto: ???

Klimaschutz

Nachhaltigkeit in der Anästhesie

Ein großer Anteil der Treibhausgase, die das deutsche Gesundheitswesen verursacht, entstehen in der Anästhesie. Mittlerweile stehen Alternativen für besonders klimaschädlichen Anästhetika zur Verfügung. Mit ihnen können Anästhesisten den Ausstoß von Treibhausgasen deutlich senken.

Die Folgen des anthropogenen Klimawandels beeinflussen auch in Deutschland längst die Gesundheit des Einzelnen (1). Gleichzeitig ist das Gesundheitssystem global für vier bis fünf Prozent der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) verantwortlich und übertrifft damit die Summe aus Flug- und Schiffsverkehr (2).

Dieser Einfluss ist in hochtechnisierten Gesellschaften sogar noch höher: In Deutschland addieren sich die Emissionen aus dem Gesundheitswesen auf 0,71 Tonnen CO₂-Äquivalente (CO₂e) – also die zusammengefassten Erwärmungswirkungen der unterschiedlichen Treibhausgase – pro Kopf und Jahr, was aktuell etwa acht Prozent der

gesamten THG-Emissionen entspricht (3–5). Die Bereiche Anästhesie und Intensivmedizin tragen mit einem Anteil von etwa 50 Prozent wesentlich zu den Emissionen bei. 35 Prozent der Emissionen betreffen dabei Inhalationsanästhetika (6).

Jeder kann einen Beitrag leisten

Es liegt also nahe, zur Erfüllung nationaler Reduktionsziele vor allem im operativen Bereich Einsparmaßnahmen umzusetzen. Dazu kann insbesondere im OP jeder einzelne Anästhesist durch Umsetzung der Empfehlungen des Forums „Nachhaltigkeit in der Anästhesie“ der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) und des Berufsverbands Deutscher

Anästhesisten (BDA) beitragen und auf diese Weise seinen beruflichen Klimaeinfluss um bis zu 70 Prozent reduzieren (7–9). Das aktuelle Konsensuspapier des Weltverbandes der Anästhesiengesellschaften fordert von Anästhesisten zudem nicht nur den nachhaltigen Umbau von klinischer Versorgung, Forschung und Lehre, sondern auch, dass sie in ihren nationalen Gesundheitssystemen dabei eine Führungsrolle übernehmen (10). Ein Vergleich verschiedener Gesundheitssysteme zeigt ein immenses Einsparpotenzial: Eine Katarakt-OP führt in Indien zu sechs Kilogramm CO₂e-Emissionen und in Großbritannien zu 180 Kilogramm – bei vergleichbaren Komplikationsraten und Ergebnissen (2).

Mächtige Hebel sind im operativen Bereich der Verzicht auf beziehungsweise der sparsame Umgang mit inhalativen Narkotika sowie eine sinnvolle Steuerung der Lüftungstechnik im OP (11). Grundsätzlich werden THG-Emissionen drei Kategorien, den sogenannten Scopes, zugerechnet. Scope 1 umfasst Emissionen aus Quellen im eigenen Unternehmen, Scope 2 Emissionen aus Energiequellen, die eingekauft werden, und Scope 3 beinhaltet Emissionen, die außerhalb des eigenen Unternehmens entstehen. THG-Emissionen im OP werden Scope 1 (Kraftstoffverbrennung und flüchtige Emissionen) und Scope 2 (Strom- und Wärmebezug) zugerechnet. Damit sind sie durch individuelle beziehungsweise institutionelle Verhaltensänderung im OP beeinflussbar (12).

Sevofluran statt Desfluran

Ein Vergleich der THG-Emissionen an drei universitären Operationszentren in den USA, Kanada und England hat ergeben, dass die nordamerikanischen Kliniken für Allgemeinanästhesien hauptsächlich Desfluran und zusätzlich teilweise Distickstoffmonoxid (N₂O), also Lachgas, verwenden, was sich im hohen Anteil dieser Substanzen von 63 beziehungsweise 51 Prozent am jeweiligen CO₂-Fußabdruck deutlich bemerkbar macht (11, 13). Das britische Zentrum verzichtet komplett auf Desfluran und Lachgas, sodass inhalative Anästhetika hier nur einen Anteil von vier Prozent an den THG-Emissionen ausmachen. Im Rahmen des KLIK-green-Projekts ausgebildete Klimamanager haben in sechs von 250 teilnehmenden deutschen Krankenhäusern (darunter 140 mit OP-Betrieb) entsprechende Umstellungen durchgeführt (14). KLIK green ist am Universitätsklinikum Augsburg (UKA) in das multimodale, vom Vorstand ins Leben gerufene Großprojekt „University Medicine Augsburg goes green“ (UMAGG) eingebettet. Anstelle von Desfluran wird hier seit Mitte 2021 nur noch das um ein Vielfaches weniger klimawirksame Sevofluran verwendet (15). Relevante pharmakokinetische Nachtei-

le konnten am UKA dabei auch bei adipösen Patienten mit einem BMI von über 40 bisher nicht beobachten: Sowohl die Aufwachzeiten als auch die Aufenthalte im Aufwachraum haben sich bei diesen Patienten durch die Verwendung von Sevofluran nicht verlängert. Betrachtet man die nahezu deckungsgleichen Eliminationskurven von Sevofluran und Desfluran aus der Atemluft nach Beendigung der Gaszufuhr bei üblichen Eingriffsdauern ist das auch nicht zu erwarten (16–18).

In klinischen Dosierungen ist das in der Atmosphäre sehr langlebige Lachgas bezüglich seiner Klimaschädlichkeit dem Desfluran vergleichbar (19). Anlagen für N₂O wurden in modernisierten deutschen Operationssälen aber zumeist



Das Anästhetikum Sevofluran hat einen deutlich kleineren CO₂-Fußabdruck als andere Anästhetika wie Desfluran.

nicht mehr verbaut – so auch nicht am UKA. Allerdings wird ein Lachgas-Sauerstoff-Gemisch in der Geburtshilfe, bei Kindern und von Zahnärzten noch relativ häufig verwendet, wenn kein Anästhesist zur Verfügung steht. Klimaschonende Alternativen zu Inhalationsanästhesien sind zum einen die Regionalanästhesie und zum anderen die total intravenösen Anästhesien (TIVA) (20). Untersuchungen der gängigsten Inhalationsanästhesien so-

wie einer Propofolnarkose kamen zu dem Ergebnis, dass der Klimateffekt einer TIVA gegenüber Inhalationsanästhesien praktisch vernachlässigbar ist (21). 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. Einige Autoren fordern daher den Verzicht auf inhalative Anästhetika (22, 23). Wer das nicht möchte, kann zur Reduktion der negativen Klimawirkung Aktivkohle-Auffangsysteme für Desfluran und Sevofluran direkt am Narkosegerät installieren, sie anschließend desorbieren lassen und mit einer Recovery Rate von circa 95 Prozent wieder der Verwendung am Patienten zuführen. Diese Maßnahme wurde von KLIK-green-Klimamanagern an vier von 140 teilnehmenden Einrichtungen mit OP-Betrieb durchgeführt (14).

Einfluss des Frischgasflusses

Nach vielen Jahren der Forschung immer noch kaum über eine experimentelle Anwendung hinausgekommen ist das seltene und relativ teure Edelgas Xenon (24). Aufgrund von wesentlichen medizinischen und ökologischen Vorteilen konnte zwar bereits 2005 eine Zulassung in Deutschland erwirkt werden, aber die Technologie für eine Rückgewinnung und Wiederverwendung ist derzeit nur als Patent vorhanden und nicht in Serienproduktion verfügbar (25). Der Versuch der Neueinführung von Methoxyfluran in Deutschland als Schmerzmittel für den Rettungsdienst geht da insbesondere bei besser wirksamen Alternativen in die vollkommen entgegengesetzte Richtung (26, 27). Trotz integrierter Aktivkohle-Molekülfänger in das Applikationssystem wird vor der Arbeitsplatzbelastung in der Notaufnahme beziehungsweise im Rettungswagen gewarnt; eine um-

weltgerechte Entsorgung ist nicht vorgesehen (28).

Einen sehr großen Einfluss auf den Verbrauch und die Freisetzung inhalativer Anästhetika in die Umwelt hat der Frischgasfluss. Es handelt sich dabei um einen linearen Zusammenhang: Eine Verdopplung des Frischgasflusses bewirkt eine Verdopplung der freigesetzten Inhalationsanästhetika. Ein Vergleich der Emissionen eines aktuellen Mittelklasse-PKW mit Verbrennungsmotor mit der Freisetzung von CO₂e während eines Arbeitstags im OP unter Verwendung verschiedener Volatila und Frischgasflüsse veranschaulicht das gut (29): Bei minimalem Frischgasfluss unter 0,5 Liter pro Minute wird idealerweise nur der vom Patienten verbrauchte Sauerstoff ins Narkosekreisläufe zugegeben und das ausgeatmete CO₂ im Atemkalk komplett gebunden. In diesem Idealfall, der mit einem handelsüblichen halbgeschlossenen Narkosesystem erst erreicht wird, wenn das System – bestehend aus Patient und Narkosegerät – „aufgesättigt“ ist, entspricht ein Arbeitstag mit Sevofluran-Inhalationsanästhesien einer Fahrstrecke von etwa 20 Kilometern. Verwendet man hingegen Desfluran unter den gleichen Bedingungen, beträgt die entsprechende Fahrstrecke knapp 900 Kilometern (7). Bei einem realistischeren durchschnittlichen Frischgasfluss von einem Liter pro Minute verdoppeln sich die potenziellen Fahrstrecken in etwa und steigen bei weiterer Erhöhung des Frischgasflusses nahezu linear mit diesem an.

Bei Raumlufthanlagen ansetzen

Der andere große Hebel zur Einsparung von Treibhausgasen im OP ist die Absenkung der Leistung der Raumlufthanlagen in den Ruhebetrieb oder deren Abschalten in den nicht im Notfallbetrieb benötigten OP-Sälen außerhalb der Regelarbeitszeit. Dies ist freilich eine organisatorische Maßnahme, die innerhalb eines Krankenhauses sorgfältig abgestimmt werden muss und die niemand im Alleingang umsetzen kann. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, den ökologischen Umbau an ei-

ner Stelle zentral zu koordinieren, wie es am UKA durch UMAGG geschieht. Das kanadische OP-Zentrum aus der vorgenannten Studie erreichte durch diese Maßnahme eine Reduktion der THG-Emissionen um 50 Prozent (11). Das Universitätsklinikum Dresden hat diese Option bereits erfolgreich implementiert, den Erfolg quantifiziert und hygienische Bedenken ausgeräumt. Dafür gab es mehrere Auszeichnungen (30). Zwölf teilnehmende Akutkrankenhäuser des KLIK-green-Projektes führen derzeit ähnliche Maßnahmen durch.

Jeden einzelnen OP-Saal durchströmen pro Stunde bei aktuellen Lüftungsanlagen, die Keimarmut durch „Laminar Air Flow“ ermöglichen, circa 3 000 bis 9 000 Kubikmeter Luft, die gefiltert und klimatisiert – das heißt geheizt oder gekühlt und gegebenenfalls befeuchtet – werden muss. Das ist ein extrem energieaufwendiger Prozess. So hat der Vergleich der drei universitären Operationszentren in den USA, Kanada und England gezeigt, dass für die Beheizung der OP-Einheiten bauartabhängig 2 000 bis über 6 000 Megawattstunden pro Jahr aufgewendet werden mussten – die größte Energiemenge, die in den Operationszentren aufgewendet werden musste. Lüftung und Kühlung allein verbrauchten zusammengekommen je nach Energieeffizienz der jeweiligen Anlage etwa 500 bis 2 000 Megawattstunden pro Jahr. Der Energieverbrauch aller weiteren elektrischen Verbraucher im OP (PCs, Beleuchtung, Pumpen, Kauter, Monitoring, Narkosegeräte, Infusions- und Konvektionswärmegeräte etc.) zusammengekommen war demgegenüber praktisch vernachlässigbar (11).

Ein übliches Problem bei der Quantifizierung des Effekts einer solchen Lastabsenkung ist die Tatsache, dass beim Bau der OP-Einheiten eine getrennte Erfassung der Verbrauchsdaten von Heizung, Lüftung und Klimatechnik im OP gegenüber dem restlichen Krankenhaus nicht vorgesehen wurde und daher für eine Vergleichsmessung vor und nach einer Intervention zunächst nachgerüstet werden muss –

wofür eine Unterbrechung des Betriebs erforderlich werden kann und finanzielle Mittel zur Verfügung gestellt werden müssen (3). Moderne Techniken wie Wärmerückgewinnung verbessern zwar die Effizienz der Anlagen, erschweren aber gleichzeitig überschlagsmäßige Verbrauchsschätzungen, wobei man davon ausgehen muss, dass die OP-Bereiche pro Quadratmeter Fläche drei bis sechs Mal so viel Energie verbrauchen wie der Rest eines Krankenhauses (11).

Erhebliches Potenzial

Die THG-Emissionen für Ver- und Entsorgung von Verbrauchsmaterialien (Scope 3) lagen in den drei untersuchten OP-Einrichtungen in den USA, Kanada und England zwischen 536 und 650 Tonnen CO₂e pro Jahr und entsprachen damit einem Anteil von zwölf bis 20 Prozent des Gesamtfußabdrucks der Einrichtungen. Zweifellos gibt es auch auf diesem Gebiet ein erhebliches Optimierungspotenzial (8), wofür auch konkrete Handlungsempfehlungen im Positionspapier von DGAI und BDA ausgesprochen werden (7). Allerdings erfordern wirkungsvolle Umstellungen im Gegensatz zu den vorgenannten Maßnahmen bei der Vielzahl von eingesetzten Produkten zahlreiche kleinschrittige, detailtiefe und aufwendige Einzelentscheidungen, die außerdem interprofessionell sorgfältig abgestimmt werden müssen. Es ist jedoch möglich, nachhaltige Effekte zu erzielen. England macht es vor: Der National Health Service (NHS) hat im vergangenen Jahren 1,3 Megatonnen CO₂ eingespart und seine Zulieferer auf die Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien verpflichtet (31). Auch in Deutschland bieten erste Dienstleister den Krankenhäusern Hilfestellung auf diesem komplexen Gebiet an (32).

Dr. med. Daniel Bolkenius,

Prof. Dr. med. Axel R. Heller

Universitätsklinikum Augsburg, Klinik für
Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin

Literatur im Internet:
www.aerzteblatt.de/lit/???
oder über QR-Code.

