Ecological Sustainability in Anaesthesiology and Intensive Care Medicine. A DGAI and BDA Position Paper with Specific Recommendations*

M. Schuster[1] · H. Richter[1] · S. Pecher[2] · S. Koch[3] · M. Coburn[4]

für die Kommission „Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie"[§]
der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI)
und des Berufsverbandes Deutscher Anästhesisten e.V. (BDA)

▶ **Zitierweise:** Schuster M, Richter H, Pecher S, Koch S, Coburn M: Positionspapier mit konkreten Handlungsempfehlungen*: Ökologische Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie und Intensivmedizin. Anästh Intensivmed 2020;61:329–339. DOI: 10.19224/ai2020.329

Positionspapier mit konkreten Handlungsempfehlungen* der DGAI und des BDA:

Ökologische Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie und Intensivmedizin

www.ai-online.info

1 Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Kliniken Landkreis Karlsruhe, Fürst-Stirum-Klinik Bruchsal, Rechbergklinik Bretten, Akademische Lehrkrankenhäuser der Universität Heidelberg

2 Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin, Diakonie Klinikum Stuttgart

3 CharitéCentrum für Anästhesiologie und Intensivmedizin CC 7, Campus Charité Mitte & Campus Virchow – Klinikum, Charité Universitätsmedizin Berlin

4 Klinik für Anästhesiologie, Uniklinik RWTH Aachen

§ **Mitglieder der Kommission Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie (in alphabetischer Reihung):**

Prof. Dr. Thomas Bein, Prof. Dr. Mark Coburn[1], Prof. Dr. Herwig Gerlach, Priv.-Doz. Dr. Susanne Koch[2], Dr. Ana Kowark, Dr. Ferdinand Lehmann, Dr. Sabine Pecher, Dr. Hannah Richter, Prof. Dr. Rolf Rossaint, Dr. Charlotte Samwer, Priv.-Doz. Dr. Christian Schulz, Prof. Dr. Martin Schuster[3]

(1: Vorsitz DGAI, 2: Initiatorin, 3: Vorsitz BDA)

* Beschluss des Engeren Präsidiums der DGAI vom 16.03.2020/des Präsidiums des BDA vom 24.04.2020.

Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Schlüsselwörter

Empfehlungen – Anästhesiologie – Nachhaltigkeit – Klimawandel – CO_2-Emissionen

Keywords

Guidelines – Anesthesiology – Sustainability – Climate change – CO2 emission

Zusammenfassung

Das vorliegende Positionspapier mit konkreten Handlungsempfehlung wurde von den Präsidien von BDA und DGAI im März 2020 beauftragt und von der gemeinsamen Kommission „Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie" erstellt.

Ziel des Positionspapieres ist es, angesichts der drohenden Klimakatastrophe darzustellen, mit welchen konkreten Maßnahmen Anästhesistinnen und Anästhesisten zu einer konsequenten und nachhaltigen Reduktion von CO_2-Emissionen beitragen und negative ökologische Auswirkungen der anästhesiologischen und intensivmedizinischen Tätigkeit minimieren können. Das Positionspapier ist in sechs Abschnitte untergliedert und stellt auf Basis der publizierten Literatur die aktuelle Evidenz zusammen, wie Anästhesistinnen und Anästhesisten in ihrem beruflichen Wirkungskreis ökologische Nachhaltigkeit berücksichtigen können. Besonderes Augenmerk wird auf die Auswirkungen der in der Anästhesiologie und Intensivmedizin verwendeten Medikamente auf Umwelt und Klimawandel gelegt und die besondere Bedeutung der volatilen Anästhetika als direkte und potente Treibhausgase betont. Konkrete Empfehlungen zeigen daher Möglichkeiten zur Reduktion der klimaschädlichen Auswirkungen volatiler Anästhetika auf. Bezogen auf Sachartikel wird die zunehmende Verwendung von Einmalartikeln kritisch diskutiert und die Notwendigkeit zur Berücksichtigung des CO_2-Fußabdruckes bei der Produktauswahl betont. Da Abfall erhebliche direkte und indirekte negative ökologische Auswirkungen hat wird anhand des 5R-Konzepts erläutert, wie Abfall im OP und auf der Intensivstation aktiv reduziert werden kann, ohne die Prozesse negativ zu beeinflussen.

Über den direkten anästhesiologischen Arbeitsbereich hinausgehend adressiert das Positionspapier weitere wesentliche Handlungsfelder, die mittelbar mit dem beruflichen Alltag von Anästhesistinnen und Anästhesisten assoziiert sind. So wird auf die Bedeutung einer nachhaltigen Mobilität in Bezug auf Arbeitswege, klinisch induzierte Transporte und Kongressreisen hingewiesen. Ein verbessertes Energiemanagement kann im OP und auf der Intensivstation beginnen, muss aber letztlich das gesamte Krankenhaus umfassen, da in diesem Bereich hohe CO_2-Emissionen anfallen. Auch hier sind zahlreiche Maßnahmen bereits jetzt realisierbar und können und müssen vor Ort umgesetzt werden. Schlussendlich wird auch die Bedeutung von Forschung und Lehre betont, um der Herausforderung der ökologischen Nachhaltigkeit in Anästhesiologie und Intensivmedizin erfolgreich begegnen zu können.

Summary

This position paper with specific recommendations was commissioned by the DGAI and BDA executive committees in March 2020 and was compiled by the joint "Commission on Sustainability in Anaesthesiology".

With the impending climate disaster in mind, the aim of this position paper is to delineate with which specific measures anaesthesiologists can contribute to a consistent and sustained reduction in CO2 emissions and minimise the negative ecological implications associated with the fields of anaesthesiology and intensive care medicine. The paper is divided into six sections and, on the basis of published literature, presents the currently available evidence on how anaesthesiologists can incorporate sustainability aspects in their professional sphere of influence. Special attention is directed towards the environmental effects of drugs used in anaesthesiology and intensive care and their impact on climate change. In that regard, the direct and potent greenhouse gas effects of volatile anaesthetics are emphasized. In consequence, specific recommendations are made on reducing the damaging effects of volatile anaesthetics on the climate. With regard to consumables, the increasing use of disposable single-use items is the subject of critical analysis, and the need to incorporate the carbon footprint in the selection of products is stressed. As waste has significant direct and indirect ecological effects, the 5R concept is used to show how waste can be avoided in both the operating theatre and intensive care unit without upsetting existing processes.

In addition to these measures directly related to the field of anaesthesiology, this position paper addresses further areas of concern indirectly associated with the everyday professional role of the anaesthesiologist. As such, the paper alludes to the significance of sustainable mobility with regard to everyday commutes, patient transfers, and conferences. Improved energy management may commence in the operating theatre and intensive care unit but must ultimately encompass the whole hospital as a significant source of CO2 emissions. Numerous measures can already be implemented today, and appropriate steps should be taken at a local level. Last but not least, the importance of research and teaching is emphasized as a key factor in successfully facing the challenge of ecological sustainability in anaesthesiology and intensive care medicine.

Vorwort

Die Präsidien von BDA und DGAI haben im März 2020 die gemeinsame Kommission **Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie** damit beauftragt, ein Positionspapier mit konkreten Handlungsempfehlung zu erarbeiten. Die Präsidien von BDA und DGAI haben der Veröffentlichung des Positionspapieres und der Empfehlungen in der vorliegenden Form in ihren Sitzungen vom 16.03.2020 (DGAI) und 24.04.2020 (BDA) zugestimmt. BDA und DGAI bekennen sich mit diesem Positionspapier ausdrücklich zum Ziel des klimaneutralen, nachhaltigen Gesundheitssystems und werden daher in Verbindung mit den anderen Beteiligten des Gesundheitssektors ihre Einflussmöglichkeiten auf Politik und Industrie nutzen, um den notwendigen Transformationsprozess aktiv voranzutreiben.

Einleitung

Der Bericht des **Intergovernmental Panel on Climate Change** von 2018 war eine Warnung der Klimawissenschaftler dieser Welt, das 1,5 °C-Ziel der Klimaerwärmung nicht zu überschreiten. Nur eine rasche und substanzielle Reduktion der CO_2-Emissionen weltweit in den nächsten Jahren kann verhindern, dass sich-selbstverstärkende Effekte, wie das Abschmelzen der großen Eismassen in der Antarktis und das Auftauen der Permafrostböden, die Folgen des Klimawandels unbeherrschbar machen [1].

Als Ärztinnen und Ärzte stehen wir in einer besonderen Verantwortung. Weltweit wird der Klimawandel in den nächsten Jahrzehnten zu einer erheblichen Verschlechterung der Gesundheitsversorgung sehr vieler Menschen führen und die Gesundheitssysteme fast aller Länder vor große Herausforderungen stellen [2]. Zugleich ist der Gesundheitssektor selbst in erheblichem Ausmaß Emittent von Treibhausgasen und war 2014 für 4,4% der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich [3]. Folglich haben zahlreiche Ärzteverbände weltweit mit eigenen Stellungnahmen auf die Dringlichkeit der Reduktion von CO_2-Emissionen auch im Gesundheitssektor hingewiesen [4–8]. Ärztinnen und Ärzte sind aufgefordert, in ihren persönlichen Konsum- und, im Sinne der Divestment-Kampagne, auch in ihren Anlageentscheidungen dem Klimaschutz hohe Priorität einzuräumen [9].

Als hochtechnisierte, ressourcenintensive Bereiche sind Anästhesiologie und Intensivmedizin in erheblichem Maße an den CO_2-Emissionen des Gesundheitssystems beteiligt [10–12]. Zahlreiche anästhesiologische Fachgesellschaften haben in den letzten Jahren Empfehlungen veröffentlicht, wie Anästhesistinnen und Anästhesisten ihren Beitrag zur Reduktion der CO_2-Emissionen leisten können [5–8].

In den unten genannten Empfehlungen werden schwerpunktmäßig die Maßnahmen aufgeführt, die unmittelbar und vor Ort schon jetzt von uns Anästhesistinnen und Anästhesisten umgesetzt werden können. Allerdings sind zahlreiche Maßnahmen, darunter auch viele mit großen Hebeln, auf lokaler Ebene alleine nur schwer realisierbar. So ist Klimaneutralität innerhalb der nächsten drei Jahrzehnte für die Anästhesiologie und Intensivmedizin nur mit Hilfe weitreichender technischer Innovationen und signifikanter Investitionen in die energetische Sanierung und bauliche Infrastruktur der einzelnen Krankenhäuser zu verwirklichen. Auch sind die großen Themen der Sicherstellung einer Energieerzeugung aus regenerativen Quellen oder die Umsetzung von nachhaltigen Mobilitätskonzepten eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, die politischer Umsetzung bedarf. Als Berufsverband und wissenschaftliche Fachgesellschaft verwenden wir unseren Einfluss, um diese Änderungen einzufordern.

In der Vergangenheit hat die enge Kooperation zwischen klinisch tätigen Ärzten und der Industrie gerade im Bereich von Anästhesiologie und Intensivmedizin zu einer Vielfalt von technischen Innovationen geführt, welche die Patientenversorgung sicherer gemacht haben und neue

Horizonte der klinischen Möglichkeiten zum Wohle der Patienten erschlossen haben. Auch angesichts der Klima-Krise sollte die enge Kooperation mit der Industrie gestärkt werden, um einen Umbau hin zu einer ökologisch nachhaltigen Patientenversorgung zu fördern.

Glossar

CO_2e: CO_2-Äquivalent

Emissionen durch andere Treibhausgase als CO_2 können in **CO_2-Äquivalente** umgerechnet werden. Hierzu werden reale Emissionen mithilfe ihrer Masse und der Global Warming Potentials in eine entsprechende Menge von CO_2 mit vergleichbarem Effekt in der Atmosphäre umgerechnet (13).

GWP: Global Warming Potential

Das **Global Warming Potential** oder Treibhauspotenzial beschreibt den Stoff-spezifischen Treibhauseffekt im Vergleich zum Referenzgas CO_2 über einen gewissen Zeitraum. Meist wird der Zeitraum von 100 Jahren (GWP100) gewählt (14).

LCA: Life Cycle Assessment

Wie groß der CO_2-Fußabdruck verschiedener Sachartikel, Medikamente oder Behandlungsmaßnahmen tatsächlich ist, kann ein **Life Cycle Assessment** ermitteln. Hierbei wird der ökologische Fußabdruck „von der Wiege bis ins Grab" analysiert. Berücksichtigt werden dabei 1) Gewinnung des Rohstoffes, 2) Verarbeitung und Manufaktur, 3) Transportwege und Verpackung, 4) Nutzung, Wiederverwertung und Instandhaltung, 5) Recycling und 6) Entsorgung. Wichtige Faktoren sind neben der CO_2-Freisetzung auch der Wasserverbrauch und die Freisetzung von Toxinen (15).

A. Medikamente

E1: Anästhesien mit volatilen Anästhetika und/oder Lachgas sollten so geführt werden, dass möglichst wenige Anästhetika in die Umwelt abgegeben werden. Dies bedeutet die konsequente Nutzung von Minimal-Flow-Anästhesien.

E2: Die Verwendung von Desfluran sollte Fällen vorbehalten bleiben, in denen es medizinisch dringend erforderlich erscheint. Von allen handelsüblichen volatilen Anästhetika hat Sevofluran das geringste Treibhauspotenzial.

E3: Die Verwendung von Lachgas sollte vermieden werden, soweit Lachgas nicht medizinisch dringend notwendig erscheint.

E4: Die Entwicklung, Erprobung und Verwendung von Scavenging- und Recyclingystemen für inhalative Anästhetika sollte vorangetrieben werden.

E5: Bei Total Intravenösen Anästhesien und Regionalanästhesien kommt es, anders als bei volatilen Anästhesien, nicht zu verfahrensimmanenten direkten Treibhausgasemissionen. Zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen ist die Nutzung dieser Verfahren sinnvoll, sofern sie medizinisch angemessen sind.

E6: Medikamentenverwurf sollte aus ökonomischen und ökologischen Gründen vermieden werden.

E7: Medikamentenreste müssen fachgerecht entsorgt werden und dürfen nicht ins Abwassersystem der Klinik gelangen. In der Regel erfolgt die fachgerechte Entsorgung von Medikamentenresten der Anästhesie und Intensivmedizin über den zu verbrennenden Restmüll.

Volatile Anästhetika (VA) und Lachgas wirken in der Erdatmosphäre als potente Treibhausgase. Sevofluran und Desfluran zählen zu den Fluorkohlenwasserstoffen (FKW). Isofluran, Enfluran und Halothan haben als Fluorchlorkohlenwasserstoff (FCKW) zusätzlich ozonschädigende Effekte. Gleiches gilt auch für Lachgas (N_2O) [11,16–19]. Die klimaschädliche Potenz der VA ist erheblich höher als die von CO_2. Sie wird als Treibhauspotenzial in Relation zum Effekt von CO_2 erfasst (**Global Warming Potential** – GWP). Dafür wird üblicherweise ein Betrachtungszeitraum von 100 Jahren gewählt (GWP100) [17,19–21], um die vollständige, atmosphärische Lebensdauer von CO_2 zu erfassen [22].

Der hauptsächliche, treibhauswirksame Effekt der VA findet innerhalb ihrer atmosphärischen Lebensdauer statt und verteilt sich nicht konstant über die Zeitspanne von 100 Jahren. Bei der Betrachtung der GWP100 wird daher der klimaschädliche Effekt der VA innerhalb der nächsten 10–30 Jahre unterschätzt. Eine Betrachtung des GWP für den Zeitraum von 20 Jahren kann sinnvoll sein, um den Treibhauseffekt darzustellen, der sich innerhalb des relevanten gesellschaftlichen und politischen Handlungszeitraums zur Bekämpfung der Erderwärmung einstellen wird (Tab. 1) [19].

Zusätzlich zum Treibhauspotenzial pro genutzter Stoffmenge muss der unterschiedlich hohe Verbrauch von VA für das Erreichen der ausreichenden minimalen alveolären Konzentration (MAC) in die Betrachtungen miteinbezogen werden. Im **Steady-State** und unter gleichen Flussraten wird bei einer Allgemeinanästhesie mit Desfluran ca. 50-mal so viel CO_2-Äquivalent emittiert wie bei einer Allgemeinanästhesie mit Sevofluran. Dieser Unterschied wird deutlich, wenn die Emissionen durch die Aufrechterhaltung einer inhalativen Anästhesie im **Steady-State** in gefahrene Autokilometer umgerechnet werden [17,21,24]. Tabelle 2 zeigt diese Emissionen, basierend auf einem GWP100, für 6 h inhalative Allgemeinanästhesie – einem Arbeitstag entsprechend. Unterstellt wird eine Narkose im **Steady-State**, An- und Abfluten sind nicht mit eingerechnet. Als Trägergas für Sevofluran und Isofluran verschlechtert Lachgas deren CO_2-Fußabdruck deutlich [21,25].

Im **Steady-State** einer Allgemeinanästhesie verdoppeln sich die Emissionen der VA bei einer Verdopplung der Flussrate [19,21,24–26]. Eine Narkose-Aufrechterhaltung im **Minimal-Flow** ist daher in jedem Fall sinnvoll. Hohe Frischgasflüsse sollten Situationen vorbehalten bleiben, in denen eine rasche Änderung der Narkosetiefe notwendig ist. Auch zur Narkoseausleitung sollten

Tabelle 1
Global Warming Potentials und atmosphärische Lebensdauern von inhalativen Anästhetika (nach Sulbaek Anderson et al. 2012 [17]).

	GWP100	GWP20	atmosphärische Lebensdauer (in Jahren)
CO_2	1	1	30–95 (23)
N_2O	298	289	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

Tabelle 2
Emissionen durch 6h inhalative Allgemeinästhesie im Steady-State umgerechnet in zurückgelegten Autokilometer (nach Sherman und Feldman 2017 [24]).

	Minimal-Flow-Anästhesie 0,5 l/min	Low-Flow-Anästhesie 1 l/min	High-Flow-Anästhesie 2 l/min	High-Flow-Anästhesie 5 l/min
Sevofluran 2,2%	19,3 km	38,6 km	77,2 km	183,5 km
Desfluran 6,7%	898,0 km	1825,0 km	3650,0 km	9067,0 km
Isofluran 1,2%	38,6 km	67,6 km	144,8 km	366,9 km
Lachgas (N_2O) 60%	280,0 km	550,4 km	1081,5 km	2723,0 km

hohe Flussraten nur bei abgedrehtem Vapor verwendet werden [25].

Volatile Anästhetika werden im Bereich der klinischen Anästhesie derzeit vollständig in die Umwelt abgegeben. Der dadurch verursachte Treibhauseffekt ist erheblich. Die weltweiten Emissionen durch VA lagen 2014 bei 3 Mio. t CO_2-Äquivalent. Der Treibhauseffekt von Lachgas ist hierbei noch nicht berücksichtigt. 80% dieser CO_2-äquivalenten Emissionen ließen sich allein auf Desfluran zurückführen [11]. In einer durchschnittlichen Abteilung für Anästhesiologie verursachen die VA, je nach Nutzung, von 3,5 bis 118,3 kg CO_2-Äquivalent pro Anästhesiefall [27,28]. Bei 10.000 Anästhesiefällen im Jahr entspricht dies dem jährlichen CO_2-Fußabdruck von bis zu 200 durchschnittlichen Bundesbürgern. Durch die Vermeidung von Desfluran können 67% der CO_2-Emissionen einer Abteilung für Anästhesiologie vermieden werden [28].

Verschiedene technische Lösungen werden derzeit entwickelt oder stehen kurz vor der Marktreife, um VA und Lachgas wiederaufzufangen, anstatt sie direkt in die Umwelt abzugeben. Mit deren Hilfe könnten sie thermisch, katalytisch oder photochemisch zerstört oder alternativ zur Wiederverwendung aufbereitet werden [24,25,29–31]. Es sind bereits Systeme in klinischer Verwendung, um in der Geburtshilfe verwendetes Lachgas aufzufangen und durch thermische Katalyse zu zerstören [24,30]. Technisch ist es bereits möglich, Sevofluran aus speziell entwickelten Aktivkohlefiltern wiederzugewinnen und nach Destillation und Sterilisation erneut in der Patientenversorgung einzusetzen. VA könnten somit zukünftig als Präzedenzfall dienen, um auch recycelte Medikamente auf dem Markt zuzulassen. In Deutschland bereits in der Intensivmedizin gängige Verfahren, VA in Kohlefiltern aufzufangen, sind alleinig unzureichend, da die VA nach Entsorgung wieder aus dem Filter in die Atmosphäre abgegeben werden [24,25].

Bezüglich der CO_2-Emissionen bei Herstellung, Vertrieb und Vernichtung fehlen genaue Daten von fast allen anderen Medikamenten, welche für Anästhesien häufig verwendet werden, sodass aktuell hierzu keine detaillierten Aussagen bezüglich einzelner Medikamente getroffen werden können.

Da bei der Verwendung von Verfahren wie TIVA oder Regionalanästhesien keine direkten Emissionen von Treibhausgasen entstehen, liegen die verfahrensspezifischen Emissionen deutlich unter denen einer inhalativen Anästhesie [24,25,32–34].

Wenn es zu erheblichem Verwurf von Medikamenten kommt, ist es sinnvoll, kleinere Ampullengrößen zu erwägen [25]. Beispielsweise werden bis zu 20% des Propofol-Verwurfs als vermeidbar eingestuft [35]. In besonderen Situationen kann eine Umstellung von Propofol in 50 und 100 ml-Ampullen auf 20 ml-Ampullen den Verwurf um über 90% reduzieren [36]. Dies kann auch aus Gründen der Kosteneffizienz sinnvoll sein, da verworfene Medikamente circa ein Viertel der Gesamtkosten der Medikamente ausmachen [35]. Hierbei ist eine Gesamtbetrachtung, auch unter Berücksichtigung des Abfalls (s.u.), notwendig. Aufgezogen vorgehaltene, aber später nicht verwendete Medikamente verursachen nicht nur hohe Kosten, sondern haben auch einen relevanten negativen ökologischen Effekt [36]. In 50% der Fälle werden aufgezogene Notfallmedikamente unbenutzt verworfen [37]. Dies betrifft Medikamente, die sofort und ohne Zeitverzug verwendet werden müssen (z.B. Notsectio-Narkose), und Medikamenten, bei denen es durch Verdünnungsschritte zu Zeitverzögerungen und Dosierungsfehler kommen kann (z.B. Katecholamin-Bolusspritzen). Es ist zu erwägen, diese unter entsprechenden hygienischen Bedingungen in der Apotheke als aufgezogene Fertigspritzen herstellen zu lassen oder als Fertigspritzen zu erwerben, da diese in der Regel über einen längeren Zeitraum haltbar sind und den Verwurf damit deutlich reduzieren können [15].

Das **Drug Therapeutic Committe des Stockholm County Council** in Schweden hat eine Umweltklassifikation für Pharmazeutika entwickelt. **Der Hazard Score** (beruhend auf dem **früheren Persistance Bioaccumulation and Toxicity (PBT) Index**) dient dazu, die Risiken

von Medikamenten auf die Umwelt einzustufen. Wo immer möglich sollte der Score bei der Medikamentenwahl zu Rate gezogen werden, um Medikamente mit möglichst geringem umweltschädigendem Effekt zu verwenden. Leider existiert für viele anästhesiologische Medikamente noch keine entsprechende Einstufung [38].

Verworfene Medikamente können durch nicht fachgerechte Entsorgung über das Abwasser in die Umwelt gelangen. So sind Propofol-Rückstände im Abwasser von Krankenhäusern nachweisbar [39]. Propofol hat einen **Hazard Score** von 4 (auf einer Skala von 0 bis maximal 9). Es ist weder in Wasser noch unter anaeroben Bedingungen biologisch abbaubar [25,33,36,40].

Alle Abteilungen müssen ein System zur fachgerechten Entsorgung von Medikamentenrückständen etablieren. Schulungen der Mitarbeiter sind notwendig, um diese umzusetzen.

Das Entsorgen unverbrauchter Medikamentenreste in den Abguss ist ökologisch inakzeptabel. In der Regel müssen Medikamentenreste verbrannt werden. Die notwendigen Temperaturen sind hierbei unterschiedlich [25]. Eine Zerstörung von Propofolrückständen erfolgt erst ab einer Erhitzung über 1.000 °C für mindestens 2 Sekunden [36]. Die meisten in der Anästhesiologie verwendeten Medikamente könnten hingegen auch bei geringerer Temperatur verbrannt werden [25]. Da die Medikamentenentsorgung pragmatisch und fehlerresistent organisiert sein sollte, ist zu empfehlen, Medikamentenreste in Zellstofftücher zu entleeren und in den zu verbrennenden Restmüll zu geben. Vollelektrolytlösungen, in die keine Medikamente zugegeben wurden, können in den Abguss entleert werden.

B. Sachartikel

E1: Der zunehmende Ersatz von Mehrweg- durch Einwegprodukte sollte kritisch hinterfragt werden. Es sollte geprüft werden, an welcher Stelle Mehrwegprodukte eine Alternative darstellen können.

E2: Die Nutzung von Mehrwegtextilien wie sterile Kittel, OP-Hauben und Abdecktücher sollte erwogen werden.

E3: Insbesondere Einwegartikel aus Metall haben eine schlechte CO_2-Bilanz und ein Ersatz dieser durch Mehrwegprodukte sollte geprüft werden.

E4: Es ist zu fordern, dass für alle Medizinprodukte durch den Hersteller ein vollständiges LifeCycleAssessment des CO_2-Fußabdrucks ausgewiesen wird.

Einwegmaterialien sind im Bereich der Anästhesiologie und Intensivmedizin ubiquitär präsent und verdrängen zunehmend Mehrwegprodukte. Als Hauptfaktoren bei der Entscheidung zwischen Einmal- vs. Mehrwegprodukten werden hygienische Bedenken, Bequemlichkeit und Kosten genannt. Umweltgedanken spielten bislang nur eine untergeordnete Rolle [15].

Zu einer wachsenden Anzahl medizinischer Produkte liegt ein vollständiges Life Cycle Assessment (LCA) vor. Ein Review von 6 LCAs, die waschbare, wiederverwertbare OP-Textilien (OP-Mäntel, Abdecktücher) mit Einmaltextilien verglichen, ergab, dass wiederverwertbare Textilien einen ca. 30–50% geringeren CO_2-Fußabdruck aufweisen. Einwegartikel verbrauchen – auch unter Berücksichtigung des Wasser- bzw. Energiebedarfs beim Waschen und Sterilisieren der Mehrwegartikel – 200–300% mehr Energie, 250–330% mehr Wasser und produzieren 750% mehr Müll [41].

Auch beim Vergleich von Einweg- mit Mehrweg-Medikamentenschalen schnitten die Mehrwegartikel nicht nur aus ökologischer, sondern auch aus ökonomischer Sicht besser ab [42]. Wiederverwertbare Larynxmasken zeigten in allen untersuchten Kategorien der ökologischen Nachhaltigkeit deutlich geringere negative ökologische Effekte [43]. Bei Nutzung von Einweglaryngoskopen liegen die CO_2-Emissionen 16–25-fach höher als bei Mehrweginstrumenten aus rostfreiem Stahl, besonders wenn nicht nur Laryngoskopspatel sondern auch die Handgriffe Einwegmaterialien sind [44,45].

Die Gewinnung von Metallen aus Erzen ist extrem energieintensiv und führt zu einem sehr hohen CO_2-Fußabdruck [27,46]. Die Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH) weist darauf hin, dass die Nutzung von Einweginstrumenten aus Metall (Laryngoskope, Scheren, Nadelhalter, Pinzetten etc.) im besonderen Maße bedenklich ist, da es neben dem hohen Ressourcenverbrauch durch irrtümliches Einbringen dieser Einwegprodukte in den Sterilisationsprozess zu einer erhebliche Korrosionsgefährdung auch der übrigen Instrumente kommen kann. Zudem würden zahlreiche Einwegprodukte unter problematischen ethischen Bedingungen in unterentwickelten Ländern hergestellt [47]. Einweginstrumente aus Metall sollten daher wo immer möglich durch Mehrweginstrumente ersetzt werden. Wo dies nicht möglich erscheint, ist zumindest ein effektives Recycling zu fordern. Eine Tonne recycelter Stahl reduziert die CO_2-Emissionen um ca. 80% verglichen mit der Produktion von Metall aus Rohmaterialien [48,49].

LCAs bieten die Möglichkeit, fundierte ökologische Faktoren beim Einkauf mit in die Entscheidung einzubeziehen. Sie können auch mögliche Verbesserungswege aufzeigen. LCAs sind spezifisch für die jeweilige geografische Region, da Energiequellen und Transport sehr variabel sind. Extrapolationen sind darum mit Umsicht zu betrachten und nationale LCAs von den Herstellern zu fordern [15,50].

C. Abfallmanagement

E1: Das Konzept der 5 R's des Abfallmanagements (Reduce, Reuse, Recycle, Rethink und Research) sollte implementiert werden.

E2: In allen OP-Bereichen und Intensivstationen sollte ein funktionierendes Recyclingkonzept von Abfall nachgewiesen werden.

E3: Es ist zu fordern, dass Verpackungen aus möglichst sortenreinem Plastik hergestellt werden, welches hochwertig recycelt werden kann.

E4: Gefährliche Abfälle verursachen durch ihre besondere Entsorgungsart sehr hohe CO_2-Emissionen. Es sollte aus ökologischen und ökonomischen Gründen dringend vermieden werden, dass Abfälle die auch als gewöhnliche Abfälle entsorgt oder recyclelt werden können, unreflektiert und aus Bequemlichkeit als gefährliche Abfälle entsorgt werden.

Ca. 20–30% des Krankenhausabfalls entsteht im OP, 25% davon in der Anästhesie, wovon ein großer Teil aus Verpackungen besteht [51,52]. Pro Fall generiert ein OP zwischen 7,62 kg und 16,39 kg Abfall [27]. Das Konzept der 5 R's (**Reduce, Reuse, Recycle, Rethink, Research**) wurde geprägt, um den stetig wachsenden Anfall von Müll zu reduzieren [50].

Reduce:

„Weniger ist mehr" ist die effektivste Methode, weniger Ressourcen zu verbrauchen und Abfall zu reduzieren, und ist ein sowohl ökologisch als auch ökonomisch nachhaltiges Konzept (53). Es gibt eine Vielzahl an Möglichkeiten, mit denen Material eingespart werden kann, ohne die Patientensicherheit oder Versorgungsqualität zu gefährden.

Folgende Maßnahmen seien als Beispiele genannt:

- Beatmungsschläuche können bei Gebrauch von individuellen Atemsystemfiltern 7 Tage genutzt werden (außer bei Verschmutzungen oder infektiösen Patienten). Mehrere Studien zeigten keine erhöhte Keimzahl in den Schläuchen nach 24 h vs. 7 Tagen [54–57], sodass die DGAI und die DGKH ein solches Vorgehen empfehlen (58). Zudem sollte die Verwendung von waschbaren Schlauchsystemen erwogen werden [55].
- Fertig gepackte Sets, zum Beispiel zur Anlage von ZVKs oder Regionalanästhesien, sowie OP-Siebe enthalten häufig unnötiges Plastik, Kompressen oder sonstige Materialien, die unbenutzt verworfen werden. Diese können auf Anfrage meist kosteneffektiv durch die Hersteller eliminiert werden [59].
- Die Indikationsstellung von Untersuchungen oder Tests sollte stets kritisch erfolgen – wie beispielsweise die präoperative Routineblutentnahme bei gesunden Patienten vor kleinen, elektiven Eingriffen [60]. Ein effektives Patient Blood Management ist letztlich ein auch ökologisch sinnvoller Ansatz.

Recycle:

Circa 60% des Abfalls im OP sind potenziell recycelbar. Als Hürden zu effektivem Recycling im OP werden fehlende Behältnisse und Infrastruktur, Unwissenheit, Bequemlichkeit und mangelnde Unterstützung genannt [61].

Da der meiste Verpackungsmüll beim Öffnen des **Equipments** entsteht, bevor der Patient im OP-Saal ist, ist hier eine Kontamination praktisch ausgeschlossen. Eine Möglichkeit, den Recyclingmüll sicher nicht-kontaminiert zu halten, wäre, die Recycling-Säcke zu verschließen, sobald der Patient in den OP gefahren wird [15]. Klar strukturierte Programme erleichtern die Einführung eines Recyclingprogrammes und erhöhen die Effizienz. Recyclingbehältnisse sollten klar gekennzeichnet, bequem zu erreichen und mit klaren Instruktionen dazu, was dort gesammelt werden kann, versehen sein. Eine Einbindung lokaler Recyclingfirmen und wiederholte Fortbildungen des Personals sind unabdingbar [15].

Im OP können Papier/Kartonagen, Plastik, Glas, Batterien, Druckerpatronen, Elektroschrott und Metall recycelt werde. Recycling kann zudem kosteneffizient sein [7]. Circa 30% des OP-Abfalls besteht aus Plastik. Darunter befinden sich Gegenstände aus Polypropylen und PET (Einwegtextilien, blaue Sterilisationsverpackung für medizinische und chirurgische Instrumente), Polyethylen (Plastikschläuche, Becher, Schalen), Polyurethan, PVC (Absaugschläuche, Sauerstoffschläuche), Co-polymere und andere Gemische. Dies ist oft ungenügend oder gar nicht deklariert. Einige Plastiksorten müssen in gesonderter Weise aufbereitet werden, zum Beispiel PVC [51]. Recyceltes Plastik benötigt nur 25% der Energie im Vergleich zu primär hergestelltem [62]. Werden Plastiksortengemische recycelt, sind allerding nur minderwertige Produkte zu gewinnen, sodass die Forderung besteht, Verpackungen aus sortenreinem Plastik herzustellen und zu deklarieren.

MacNeill et al. (2017) untersuchten den CO_2-Fußabdruck von drei großen Kliniken in Canada, den USA und England. Sie führten ein detailliertes Abfall-Audit durch und berechneten die CO_2-Emissionen der verschiedenen Abfallsorten. Alleine durch Rohstoffgewinnung, materialspezifische Produktion, Transport und Entsorgung (ohne Berücksichtigung weiterer CO_2-Emissionen für die produktspezifische Herstellung und die Verpackung des Gegenstands) fielen für Plastik 3.254 kg CO_2e/Tonne, für Stahl 2.708 kg CO_2e/Tonne und für Glas 895 kg CO_2e/Tonne an [13,27].

Klare Definitionen von verschiedenen Abfallsorten sind notwendig [63,64]. In Krankenhäusern fallen neben ca. 30% krankenhausspezifischen Abfällen aus dem Pflege- und Behandlungsbereich v.a. hausmüllähnliche Abfälle an (ca. 60%). Etwa 10% sind gefährliche Abfälle und beinhalten zu 3% infektiöse und 7% schadstoffhaltige Abfälle wie Chemikalien und Zytostatika [65]. Infektiöse Abfälle müssen in speziellen Sonderabfallverbrennungsanlagen entsorgt werden, was u.a. zusätzlichen Transport erfordert [66,67]. Bei der Verbrennung von klinischem und gefährlichem Müll entstehen mit 1.833 kg CO_2e/Tonne die meisten entsorgungsbedingten Emissionen [27]. Die weitaus größte Abfallmenge kann aber bei sorgfältiger Sammlung, Lagerung und Transport gemeinsam mit Siedlungsabfällen in thermischen Abfallbehandlungsanlagen verwertet werden – ein Großteil hiervon ist zudem potenziell recycelbar [66,67]. Deshalb

ist zu fordern, verschiedene Abfallsorten akkurat zu trennen und somit den Anteil an klinischem – gefährlichem Müll so gering wie möglich zu halten [10].

D. Mobilität

E1: Da die Mobilität in Bezug auf die Arbeitswege einen wesentlichen Anteil des CO_2-Fußabdrucks von anästhesiologischen Abteilungen ausmacht, sollten die Kliniken alternative Mobilitätskonzepte entwickeln und fördern.

E2: In Bezug auf die präklinische Notfallmedizin und Intensivtransporte sollten Elektromobilität und Telemedizin genutzt werden. Luftgebundene Patiententransporte sollten kritisch hinterfragt werden.

E3: In Bezug auf Kongressteilnahmen und Verbandsarbeit sollte präferenziell der öffentliche Personenverkehr verwendet werden. Inlandsflüge sollten wo immer möglich vermieden werden und sind nur in individuell begründeten Ausnahmefällen als Reisekosten erstattungsfähig. Dabei ist eine CO_2-Kompensation des Fluges in Erwägung zu ziehen.

E4: Kongress-Streaming, Videokonferenzen und Webinare sollten angeboten werden, um reisebedingte CO_2-Emissionen zu reduzieren.

Um den CO_2-Fußabdruck im Gesundheitssektor zu reduzieren, ist es notwendig, den Faktor Mobilität in den Fokus zu nehmen. Im Gesundheitssektor sind folgende drei Verkehrsbereiche zu berücksichtigen: Die Fahrt der Berufstätigen im Gesundheitssektor zu ihrer jeweiligen Arbeitsstelle (Berufsverkehr), der Rettungsdienst und ambulante Patiententransporte (Patiententransport), sowie die Reisen zu Kongressen und Meetings (Bildungsreisen). Um in den einzelnen Bereichen den CO_2-Fußabdruck zu reduzieren, sind unterschiedliche Ansatzpunkte zu berücksichtigen.

Gerade im täglichen Berufsverkehr liegt der PKW-Besetzungsgrad im Mittel bei 1,2 Personen. In einer Studie machte die Fahrt zum Arbeitsplatz ca. 12–39% des CO_2-Fußabdrucks einer Anästhesieabteilung aus [28]. Alternative Wohnort-angepasste Mobilitätskonzepte sind notwendig, um diese berufsbedingten CO_2-Emissionen zu begrenzen.

Zu den möglichen klinikinternen Angriffspunkten gehören [68]:

- eine Förderung der Fahrradinfrastruktur mit ausreichend vorgehaltenen Fahrradstellplätzen auf dem Klinikgelände und die Forderung einer guten Anbindung der Krankenhäuser an Fahrradschnellwege
- Ladestrukturen für E-Mobilität
- Das Angebot eines „Job-Tickets“ kann den Umstieg auf den öffentlichen Nahverkehr fördern. Eine gute Anbindung der Krankenhäuser an den öffentlichen Nahverkehr ist zu fordern.
- In ländlichen Räumen können Pendlerportale/Mitfahrzentralen für Arbeitnehmer krankenhausintern entwickelt werden.
- Durch vermehrten Ausbau von Homeoffice-Angeboten und Videokonferenzen können Arbeitswege verkürzt werden.

Nach Umsetzung eines Mobilitätskonzeptes für den Berufsverkehr ist zu erwarten, dass diese verbesserte Fahrrad- und Fußgänger-Infrastruktur sowie die Angebote des öffentlichen Personenverkehrs auch von Patienten genutzt werden.

Für den Bereich des Rettungsdienstes wird eine Umstellung auf alternative, nicht-fossile Antriebsarten (Elektromobilität, Wasserstoff-Brennzelle) unumgänglich sein. Eine weitere Option ist, Systeme mit besonders hohem Verbrauch an fossilen Energieträgern wie die Luftrettung bei klinisch nicht zwingender Notwendigkeit kritisch zu hinterfragen.

Angesichts der hohen Quote an Notarzteinsätzen ohne ärztliche Intervention könnte u.U. die Verwendung von telemedizinischen Lösungen die Notwendigkeit zur Allokation des notärztlich besetzen, zweiten Fahrzeuges reduzieren. Ganz allgemein kann die Implementierung von telemedizinischen, ärztlichen Konsultationen den CO_2-Fußabdruck deutlich reduzieren. Eine telemedizinische ärztliche Visite ist schon bei Entfernungen von mehr als 3,5 km die klimafreundlichere Alternative verglichen mit einer Anreise mit dem PKW [69].

Die Anzahl großer, internationaler Kongresse mit einer steigenden Anzahl eines weitangereisten Publikums nimmt stetig zu. Kongressteilnahmen können bedingt durch die notwendige Anreise über zum Teil große Entfernungen erhebliche CO_2-Emissionen verursachen. Für einen einzelnen internationalen Kongress lag der allein durch die Anreise der Teilnehmer verursachte CO_2-Fußabdruck bei 22.000 t, was dem mittleren jährlichen CO_2-Fußabdruck von 2.000 Bundesbürgern entspricht [70]. Insbesondere Anreisen mit dem Flugzeug sind problematisch, da Flugreisen mit 230 g CO_2e pro Personenkilometer den mit Abstand größten CO_2-Fußabdruck verursachen. Die CO_2-Emissionen pro Personenkilometer sind bei Fahrten mit dem PKW (147 g/km) oder der Bahn (32 g/km) deutlich geringer [71]. Weiterhin sollte die Möglichkeit von Videoübertragungen der Kongresse ausgebaut werden. Online-Videoübertragung von Vorträgen und interaktive Sitzungen sollten als attraktive Option angeboten werden, um auch ohne Anreise an Kongressveranstaltungen teilnehmen zu können [70].

E. Energiemanagement

E1: Es sollten Konzepte implementiert werden, um den beträchtlichen Energieverbrauch durch Heizung, Lüftung und Klimaanlage im OP- und Intensivbereich zu reduzieren, z.B. durch das Herunterregulieren der Anlagen in ungenutzten Sälen außerhalb der Kernbetriebszeit und Optimierung der Einstellung von Temperatur und Lüftung.

E2: Alle Abteilungen sollten darauf hinwirken, dass in ihren Krankenhäusern die Möglichkeiten zur Umsetzung von Energiesparmaßnahmen, zur energetischen Sanierung und zur Nutzung erneuerbarer Energien geprüft und möglichst zeitnah umgesetzt werden.

E3: Um den CO_2-Fußabdruck der Kliniken in Deutschland zu verringern, ist eine Umstellung auf erneuerbare Energien essenziell.

Operative Bereiche ebenso wie Intensivstationen sind Ressourcen-intensive Bereiche mit einem sehr hohen Energieverbrauch [10,72]. Der Energieverbrauch der OP-Bereiche übersteigt den der übrigen Klinik um das 3- bis 6-Fache. Dabei entfallen 90–99% der Energie im OP-Bereich allein auf Heizung, Klimaanlage und Lüftung [27].

Diese CO_2-Emissionen können durch Einsparungen im Energieverbrauch reduziert werden [27,72,73]. So kann durch Energiesparmaßnahmen der Verbrauch und somit der CO_2-Fußabdruck des OP-Bereiches um 50% reduziert werden, was auch zu deutlichen Kostenersparnissen führt [27]. Folgende praktische Schritte sollten dabei gegangen werden:

(1) Heizung, Lüftung und Klimaanlage laufen in den meisten OP-Bereichen kontinuierlich in allen Sälen, obwohl diese häufig in mindestens 40% der Zeit ungenutzt bleiben. Das Herunterregulieren der Anlagen in ungenutzten Sälen außerhalb der Kernbetriebszeit („Night-Setback“ oder „Unoccupied-Setback“), ausgenommen der nötigen Notfall-OP-Säle, kann Energieersparnisse von bis zu 50% ermöglichen [27,74].

(2) Erste Optimierungsschritte bezüglich Heizung und Klimaanlage betreffen die Einstellungen der Temperaturkurven in zentralen Regelungsanlagen [73]. Bei Sälen mit hohen Temperaturen kann jede Temperaturreduktion um 1°C die Heizenergie um 5–8% reduzieren [73].

(3) Auch bei der Lüftung kann es in einem ersten Schritt lohnenswert sein, das System zu überprüfen und die Luftwechselraten den Raumlufttemperaturen anzupassen [73]. Im europäischen Ausland ist es zum Teil schon üblich, Lüftungsanlagen in den operationsfreien Zeiten vollständig abzuschalten [75].

(4) In weniger frequentierten Bereichen (Lager- und Nebenräume, Toiletten etc.) sind Bewegungsmelder zur Steuerung der Beleuchtung sinnvoll [76].

(5) Traditionell im OP-Bereich verwendete Halogenlampen sollten durch LEDs ersetzt werden. Dies kann zu Energieersparnissen bei der Beleuchtung um bis zu 80% führen [73,77]. Zudem erzeugen LEDS weniger Strahlungsenergie, was die für die Kühlung benötigte Energie reduziert [10].

Bei der Versorgung von Intensivpatienten lagen die täglichen Emissionen zwischen 88–178 kg CO_2e/Patiententag, wobei auch hier der Energieverbrauch (dominiert vom Verbrauch durch Heizung, Lüftung, Klimaanlage) 76–87% des CO_2-Fußabdrucks ausmacht [72]. Um diesen zu reduzieren wird vor allem ein Umstieg auf erneuerbare Energien und eine Optimierung hinsichtlich der Energie-Effizienz der Gebäudesubstanz empfohlen ([78]. Durch ganzheitliche Energiemanagementkonzepte können Krankenhäuser ihren Energiebedarf um bis zu 30% und die dadurch generierten CO_2-Emissionen um bis zu 50% reduzieren. Neben technischen Lösungen integrieren diese Konzepte auch Ansätze zur Optimierung des Nutzerverhaltens. Solche Energiesparmaßnahmen können zu langfristigen Kostenersparnissen führen [73,79]. Die Möglichkeiten zu ihrer Umsetzung sollten von allen deutschen Krankenhäusern geprüft und realisiert werden.

Die in deutschen Krankenhäusern heutzutage häufig eingebauten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK; auch Blockheizkraftwerke) haben eine hohe Primärenergieausbeute, da die bei der Stromerzeugung anfallende Wärme zum Heizen oder Kühlen genutzt wird. Eine hohe Energieausbeute ist jedoch nur bei optimalem Betrieb der KWK-Anlage zu erreichen. KWK-Anlagen sind als Übergangstechnologie zu betrachten, da sie aktuell in der Regel mit fossilen Brennstoffen betrieben werden [79,80]. Für einen Umstieg in eine klimafreundliche Zukunft ist die Nutzung von erneuerbaren Energien für Strom und Heizung in Krankenhäusern unerlässlich, beispielsweise Windkraft, Wasserkraft, Photovoltaik, Solarthermie, Erdwärme oder Biogas ermöglichen eine CO_2-arme Energieerzeugung, die kosteneffizient gestaltet werden kann [73,79].

F. Forschung und Lehre

E1: Die Auswirkungen des Klimawandels auf die intensivmedizinische und notfallmedizinische Versorgung und Versorgungskapazitäten sind unzureichend erforscht. Entsprechende Forschungsprojekte sollten entwickelt und gefördert werden.

E2: Forschungsprojekte in Bezug auf die ökologische Nachhaltigkeit der Anästhesiologie und Intensivmedizin sollten Themen wie Medikamentenauswahl sowie die optimierte Nutzung von volatilen Anästhetika und Medizinprodukten umfassen.

E3: Konferenzen, Tagungen und Fortbildungsveranstaltungen der Anästhesiologie und Intensivmedizin sollten ökologisch verantwortlich und CO_2-neutral geplant, organisiert und durchgeführt werden.

E4: Nachhaltigkeitsaspekte im Gesundheitswesen sollten integraler Bestandteil der studentischen Ausbildung und ärztlichen Weiterbildung sein. Alle Abteilungen sind aufgefordert, entsprechende Angebote in ihr Aus-, Fort- und Weiterbildungscurriculum zu integrieren.

E5: Durch Informations- und Schulungsmaßnahmen sollten alle Mitarbeitende der Abteilungen zu klimafreundlichem Verhalten motiviert werden.

Die WHO schätzt, dass es bei einem ungebremsten weiteren Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur durch den Klimawandel allein zwischen 2030 und 2050 zu circa 250.000 zusätzlichen Todesfällen pro Jahr kommen wird, unter anderem ausgelöst durch Hitzewellen und Naturkatastrophen [81]. Aber auch pulmonale, respiratorische, nephrologische und infektiologische Erkrankungen werden im relevanten Maße durch den Klimawandel zunehmen. Dies wird erhebliche Auswirkungen auf die benötigten notfallmedizinischen und intensivmedizinischen Versorgungskapazitäten haben. Hier ist weitergehende Forschung notwendig, um den gesundheitlichen Folgen des Klimawandels für die Bevölkerung bestmöglich begegnen zu können [82,83].

Der Gesundheitssektor ist mit einer realen Wertschöpfung von 11,2% des Bruttosozialproduktes ein wichtiger Wirtschaftsfaktor in Deutschland (84). Zugleich liegt der Anteil der Treibhausgasemissionen des Gesundheitssektors bei 6,7% und damit bei 55,1 Mt CO_2 jährlich, oder 0,68 t CO_2/Einwohner [78]. Der CO_2-Fußabdruck des Gesundheitssektors wurde bisher kaum untersucht und stand bezüglich der Forderungen einer Reduktion seiner CO_2-Emissionen bislang nicht im Fokus. Hier sind in den nächsten Jahren erhebliche Forschungsanstrengungen notwendig, um konkrete Möglichkeiten zur Reduktion der CO_2-Emissionen des Gesundheitssektors zu erarbeiten.

Auch Veranstaltungen wie Konferenzen, Tagungen und Fortbildungen sollten eine möglichst nachhaltige und CO_2-neutrale Planung und Durchführung sicherstellen. Dafür sollten unnötige Emissionen durch die Anreise, den Veranstaltungsort, die Unterbringung und Verpflegung der Teilnehmenden, die verwendeten Sachartikel und den produzierten Müll vermieden werden [85].

Als akademische Lehrerinnen und Lehrer haben wir eine besondere Verantwortung, unser Wissen über Nachhaltigkeitsaspekte der klinischen Tätigkeit an die nächste Generation der Ärztinnen und Ärzte weiterzugeben. Eine Integration von Nachhaltigkeit als fundamentales Konzept in die studentische Ausbildung ist daher unumgänglich. Im selben Maße sind entsprechende Anstrengungen geboten, um in der ärztlichen Fort- und Weiterbildung die Kenntnisse um eine ökologisch, sozial und ökonomisch nachhaltige Patientenversorgung zu fördern.

Die Implementierung des **„Reduce, Reuse, Recycle, Rethink and Research"**-Ansatzes kann das Bewusstsein der Belegschaft der Krankenhäuser schulen und positive Effekte bezüglich dem Zusammenhalt und der Entwicklung nachhaltiger Krankenhäuser bewirken und somit dem Ziel der notwendigen großen Transformation näherbringen. Der „Faktor Mensch" ist ein zumeist unterschätzter, aber essenzieller Faktor für die Einleitung von Veränderungen [73]. Schulungen der Mitarbeitenden sind entscheidend, um diese für die Thematik zu sensibilisieren.

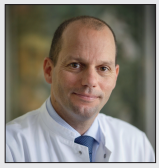
Literatur

1. IPCC: Summary for Policymakers. In: Masson-Delmotte V, Zhai P, Pörtner HO, Roberts D, Skea J, Shukla PR, et al (Hrsg.): Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above preindustrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Geneva: International Panel on Climate Change 2018
2. Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Belesova K, Boykoff M, et al: 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 2019;394(10211):1836–1837
3. Karliner J, Slotterback S, Boyd R, Ashby B, Steele K: Health care's climate footprint. How the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action. Health Care Without Harm (HCWH) and Arup 2019
4. WMA: WMA Resolution on Climate Emergency. World Medical Association; 2019. https://www.wma.net/policies-post/wma-resolution-on-climate-emergency/ (Zugriffsdatum: 03.03.2020)
5. ASA: Environmental Sustainability. American Society of Anesthesiologists. https://www.asahq.org/about-asa/governance-and-committees/asa-committees/committee-on-equipment-and-facilities/environmental-sustainability (Zugriffsdatum: 03.03.2020)
6. RCoA: Environment and sustainability. Royal College of Aneaesthetists; Available from: https://www.rcoa.ac.uk/about-college/strategy-vision/environment-sustainability (Zugriffsdatum: 03.03.2020)
7. ANZCA: Statement on Environmental Sustainability in Anaesthesia and Pain Medicine Practice. Background paper. New Zealand: Australian and New Zealand College of Anaesthetists 2019
8. ESA: The Sustainable Anaesthesia Project. European Society of Anaesthesiology. http://newsletter.esahq.org/sustainable-anaesthesia-project/ (Zugriffsdatum: 03.03.2020)
9. Abbasi K, Godlee F: Investing in humanity: The BMJ's divestment campaign. BMJ 2020;368:m167
10. Kagoma Y, Stall N, Rubinstein E, Naudie D: People, planet and profits: the case for greening operating rooms. CMAJ 2012;184(17):1905–1911
11. Vollmer MK, Rhee TS, Rigby M, Hofstetter D, Hill M, Scheonenberger F, et al: Modern inhalation anesthetics: potent greenhouse gases in the global atmosphere. Geophys Res Lett 2015;42:1606–1611
12. SDU: Carbon Footprint from Anaesthetic gas use. Cambridge: Sustainable Development Unit, National Health Service (NHS) 2013
13. DEFRA: 2011 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors. Department for Environment, Food and Rural Affairs 2011
14. IPCC: Climate Change 2013. The Physical Science Basis.Contribution of Working Group I to the Fith Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, et al (Hrsg.): Cambridge and New York: Intergovernmental Panel on Climate Change; 2013.
15. Axelrod D, Bell C, Feldman J, Hopf H, Huncke TK, Paulsen W, et al: Greening the Operating Room. Greening the Operating Room and Perioperative Arena: Environmental Sustainability for Anesthesia Practice. American Society of Anesthesiologists (ASA); 2015
16. Charlesworth M, Swinton F: Anaesthetic gases, climate change, and sustainable practice. Lancet Planet Health 2017;1(6):e216-–e217

17. Sulbaek Andersen MP, Nielsen OJ, Wallington TJ, Karpichev B, Sander SP: Medical intelligence article: assessing the impact on global climate from general anesthetic gases. Anesth Analg 2012;114(5):1081–1085
18. Oyaro N, Sellevag SR, Nielsen CJ: Atmospheric chemistry of hydrofluoroethers: Reaction of a series of hydrofluoroethers with OH radicals and Cl atoms, atmospheric lifetimes, and global warming potentials. J Phys Chem A 2005;109(2):337–346
19. Ozelsel TJ, Sondekoppam RV, Buro K: The future is now-it's time to rethink the application of the Global Warming Potential to anesthesia. Can J Anaesth 2019;66(11):1291–1295
20. Sulbaek Andersen MP, Sander SP, Nielsen OJ, Wagner DS, Sanford TJ Jr., Wallington TJ: Inhalation anaesthetics and climate change. Br J Anaesth 2010;105(6):760–766
21. Ryan SM, Nielsen CJ: Global warming potential of inhaled anesthetics: application to clinical use. Anesth Analg 2010;111(1):92–98
22. Wallington TJ, Anderson JE, Mueller SA, Winkler S, Ginder JM, Nielsen OJ: Time horizons for transport climate impact assessments. Environ Sci Technol 2011;45(7):3169–3170; author reply 7–8
23. Jacobson MZ: Correction to "Control of fossil-fuel particulate black carbon and organic matter, possibly the most effective method of slowing global warming". J Geophys Res 2005;10:D14105
24. Sherman J, Feldman J, Berry JM: Reducing Inhaled Anesthetic Waste and Pollution Anesthesiology News. Anesthesiology News 2017;12–14
25. Sherman J, McGain F: Environmental Sustainability in Anesthesia. Pollution Prevention and Patient Safety. Advances in Anesthesia 2016;34:47–61
26. Feldman JM: Managing fresh gas flow to reduce environmental contamination. Anesth Analg 2012;114(5):1093–1101
27. 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–e388
28. Richter H, Weixler S, Schuster M: Der CO2-Fußabdruck der Anästhesie. Wie die Wahl volatiler Anästhetika die CO2-Emissionen einer anästhesiologischen Klinik beeinflusst. Anästh Intensivmed 2020;61:154–161. DOI:10.19224/ai2020.154
29. Barwise JA, Lancaster LJ, Michaels D, Pope JE, Berry JM: Technical communication: An initial evaluation of a novel anesthetic scavenging interface. Anesth Analg 2011;113(5):1064–1067
30. Ek M, Tjus K: Destruction of Medical N2O in Sweden. In: Liu G (Hrsg.): Greenhouse Gases - Capturing, Utilization and Reduction. InTech 2012;185–198
31. Rauchenwald V, Rollins MD, Ryan SM, Voronov A, Feiner JR, Sarka K, et al: New Method of Destroying Waste Anesthetic Gases Using Gas-Phase Photochemistry. Anesth Analg 2020;131:288–297
32. Sherman J, Le C, Lamers V, Eckelman M: Life cycle greenhouse gas emissions of anesthetic drugs. Anesth Analg 2012;114(5):1086–1090
33. Sherman JD, Barrick B: Total Intravenous Anesthetic Versus Inhaled Anesthetic: Pick Your Poison. Anesth Analg 2019;128(1):13–15
34. White SM, Shelton CL: Abandoning inhalational anaesthesia. Anaesthesia 2020;75(4):451–454
35. Gillerman RG, Browning RA: Drug use inefficiency: a hidden source of wasted health care dollars. Anesth Analg 2000;91(4):921–924
36. Mankes RF: Propofol wastage in anesthesia. Anesth Analg 2012;114(5):1091–1092
37. Atcheson CL, Spivack J, Williams R, Bryson EO: Preventable drug waste among anesthesia providers: opportunities for efficiency. J Clin Anesth 2016;30:24–32
38. Janusinfo: Classification. Drug Therapeutic Committee and Health and Medical Care Administration of the Stockholm County Council. Stockholm: Drug Therapeutic Committee and Health and Medical Care Administration of the Stockholm County Council 2019. https://www.janusinfo.se/beslutsstod/lakemedelochmiljo/pharmaceuticalsandenvironment/environment/classification.5.7b57ecc216251fae47488423.html (Zugriffsdatum: 20.02.2020)
39. Mullot JU, Karolak S, Fontova A, Levi Y: Modeling of hospital wastewater pollution by pharmaceuticals: first results of Mediflux study carried out in three French hospitals. Water Sci Technol 2010;62(12):2912–2919
40. Janusinfo: Propofol. Drug Therapeutic Committee and Health and Medical Care Administration of the Stockholm County Council. Stockholm: Drug Therapeutic Committee and Health and Medical Care Administration of the Stockholm County Council 2019. Available from: https://www.janusinfo.se/beslutsstod/lakemedelochmiljo/pharmaceuticalsandenvironment/databaseenven/propofol.5.30a7505616a041a09b063eac.html (Zugriffsdatum: 20.02.2020)
41. Overcash M: A comparison of reusable and disposable perioperative textiles: sustainability state-of-the-art 2012. Anesth Analg 2012;114(5):1055–1066
42. McGain F, McAlister S, McGavin A, Story D: The financial and environmental costs of reusable and single-use plastic anaesthetic drug trays. Anaesth Intensive Care 2010;38(3):538–544
43. Eckelman M, Mosher M, Gonzalez A, Sherman J: Comparative life cycle assessment of disposable and reusable laryngeal mask airways. Anesth Analg 2012;114(5):1067–1072
44. Sherman JD, Hopf HW: Balancing Infection Control and Environmental Protection as a Matter of Patient Safety: The Case of Laryngoscope Handles. Anesth Analg 2018;127(2):576–579
45. Sherman JD, Raibley LAt, Eckelman MJ: Life Cycle Assessment and Costing Methods for Device Procurement: Comparing Reusable and Single-Use Disposable Laryngoscopes. Anesth Analg 2018;127(2):434–443
46. MPG: Eiserner Klimaschutz. Max-Planck-Gesellschaft 2019. https://www.mpg.de/14112208/metallindustrie-nachhaltig-co2-neutral (Zugriffsdatum: 20.02.2020)
47. Deutsches Ärzteblatt: Einweg in Kliniken: Tausende Tonnen Edelstahl landen im Müll. Deutsches Ärzteblatt 2020. Available from: https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/108566/Einweg-in-Kliniken-Tau (Zugriffsdatum: 20.02.2020)
48. Shelton CL, Abou-Samra M, Rothwell MP: Recycling glass and metal in the anaesthetic room. Anaesthesia 2012;67(2):195–196
49. Frischenschlager H, Karigl B, Lampert C, Pölz W, Schindler I, Tesar M, et al: Klimarelevanz ausgewählter Recycling-Prozesse in Österreich. Endbericht. Wien: Umweltbundesamt GmbH 2010
50. McGain F, Story D, Kayak E, Kashima Y, McAlister S: Workplace sustainability: the „cradle to grave" view of what we do. Anesth Analg 2012;114(5):1134–1139
51. McGain F, Clark M, Williams T, Wardlaw T: Recycling plastics from the operating suite. Anaesth Intensive Care 2008;36(6):913–914
52. McGain E, Hendel SA, Story DA: An audit of potentially recyclable waste from anaesthetic practice. Anaesth Intensive Care 2009;37(5):820–823
53. Hutchins DC, White SM: Coming round to recycling. BMJ 2009;338:b609
54. Hartmann D, Jung M, Neubert TR, Susin C, Nonnenmacher C, Mutters R:

Microbiological risk of anaesthetic breathing circuits after extended use. Acta Anaesthesiol Scand 2008;52(3):432–436
55. McGain F, Algie CM, O'Toole J, Lim TF, Mohebbi M, Story DA, et al: The microbiological and sustainability effects of washing anaesthesia breathing circuits less frequently. Anaesthesia 2014;69(4):337–342
56. Dubler S, Zimmermann S, Fischer M, Schnitzler P, Bruckner T, Weigand MA, et al: Bacterial and viral contamination of breathing circuits after extended use – an aspect of patient safety? Acta Anaesthesiol Scand 2016;60(9):1251–1260
57. Huebner NO, Daeschlein G, Lehmann C, Musatkin S, Kohlheim U, Gibb A, et al: Microbiological safety and cost-effectiveness of weekly breathing circuit changes in combination with heat moisture exchange filters: a prospective longitudinal clinical survey. GMS Krankenhhyg Interdiszip 2011;6(1):Doc15
58. DGKH, DGAI: Infektionsprävention bei Narkosebeatmung durch Einsatz von Atemsystemfiltern. Anästh Intensivmed 2010;51:831–838
59. Chasseigne V, Leguelinel-Blache G, Nguyen TL, de Tayrac R, Prudhomme M, Kinowski JM, et al: Assessing the costs of disposable and reusable supplies wasted during surgeries. Int J Surg 2018;53:18–23
60. Roissant R, Coburn M, Zwissler B: Klug entscheiden...in der Anästhesiologie. Deutsches Ärzteblatt. 2017;114(22–23):1120–1122
61. McGain F, White S, Mossenson S, Kayak E, Story D: A survey of anesthesiologists' views of operating room recycling. Anesth Analg 2012;114(5):1049–1054
62. McGain F, Story D, Hendel S: An audit of intensive care unit recyclable waste. Anaesthesia 2009;64(12):1299–1302
63. Hubbard RM, Hayanga JA, Quinlan JJ, Soltez AK, Hayanga HK: Optimizing Anesthesia-Related Waste Disposal in the Operating Room: A Brief Report. Anesth Analg 2017;125(4):1289–1291
64. Guetter CR, Williams BJ, Slama E, Arrington A, Henry MC, Moller MG, et al: Greening the operating room. Am J Surg 2018;216(4):683–688
65. Umweltbundesamt: Best Practice Municipal Waste Management. Datenblatt SWSM-08_MED https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/stoffstrom_medizin_med.pdf (Zugriffsdatum: 01.03.2020)
66. Umweltbundesamt: Thermische Behandlung. Entsorgung von Krankenhausabfällen. Umweltbundesamt 2016 https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/entsorgung/thermische-behandlung#entsorgung-von-krankenhausabfallen (Zugriffsdatum: 01.03.2020)
67. LAGA: Vollzugshilfe zur Entsorgung von Abfällen aus Einrichtungen des Gesundheitsdienstes. Mitteilung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 18: Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 2015
68. Hergert M, Chlond B: Ökologische und ökonomische Potenziale von Mobilitätskonzepten in Klein- und Mittelzentren sowie dem ländlichen Raum vor dem Hintergrund des demographischen Wandels. Abschlussbericht. TEXTE 14/2019. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt 2019
69. Holmner A, Ebi KL, Lazuardi L, Nilsson M: Carbon footprint of telemedicine solutions--unexplored opportunity for reducing carbon emissions in the health sector. PLoS One 2014;9(9):e105040
70. Nathans J, Sterling P: How scientists can reduce their carbon footprint. Elife 2016;5:e15928
71. Umweltbundesamt: Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr in Deutschland – Bezugsjahr 2018. Umweltbundesamt 2020 https://www.umweltbundesamt.de/bild/vergleich-der-durchschnittlichen-emissionen-0 (Zugriffsdatum: 20.02.2020)
72. McGain F, Burnham JP, Lau R, Aye L, Kollef MH, McAlister S: The carbon footprint of treating patients with septic shock in the intensive care unit. Crit Care Resusc 2018;20(4):304–312
73. KGNW, EnergieAgentur.NRW: EN.Kompass Krankenhaus – Projektbericht 2015. In: KGNW, EnergieAgentur.NRW (Hrsg.): Krankenhausgesellschaft Nordrhein-Westfalen e.V. (KGNW) 2015
74. Love C: Operating Room HVAC Setback Strategies. Chicago: The American Society for Healthcare Engineering 2011
75. Kluge S: Raumlufttechnik im OP Abschalten. kma – krankenhaustechnik. Stuttgart: Thieme 2013:14–18
76. Greening the OR: Guidance Documents. Reston: Greening the OR Initiative, Practice Greenhealth 2011
77. Tuenge JR: LED Surgical Task Lighting. Scoping Study: A Hospital Energy Alliance Project. U.S. Department of Energy 2011
78. Pichler PP, Jaccard IS, Weisz U, Weisz H: International comparison of health care carbon footprints. Environmental Research Letters 2019;14(6)
79. EnergieAgentur.NRW: Effiziente Energienutzung in Krankenhäusern. Nützliche Informationen und Praxisbeispiele. Wuppertal: EnergieAgentur.NRW 2010
80. Quaschning V: Erneuerbare Energien und Klimaschutz. Hintergründe – Techniken und Planug – Ökonomie und Ökologie – Energiewende. München: Carl Hanser Verlag 2018
81. WHO: Climat change and health. World Health Organisation (WHO) 2018. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health (Zugriffsdatum: 20.02.2020)
82. Bein T, Karagiannidis C, Quintel M: Climate change, global warming, and intensive care. Intensive Care Med 2020;46(3):485–487
83. Bein T, Karagiannidis C, Gründling M, Quintel M: Klimawandel und globale Erderwärmung – neue Herausforderungen für die Intensivmedizin. Der Anaesthesist 2020. DOI:10.1007/s00101-020-00783-w
84. WHO: Current health expenditure (CHE) as a percentage of gross domestic product (GDP). Data by country. World Health Organisation (WHO) 2015 http://apps.who.int/gho/data/node.main.GHEDCHEGDPSHA2011 (Zugriffsdatum: 03.03.2020)
85. Zotova O, Petrin-Desrosiers C, Gopfert A, Van Hove M: Carbon-neutral medical conferences should be the norm. Lancet Planet Health 2020;4(2):e48–e50.

Korrespondenzadresse



Prof. Dr. med. Martin Schuster

Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie
Kliniken Landkreis Karlsruhe
- Fürst-Stirum-Klinik Bruchsal
- Rechbergklinik Bretten
Akademische Lehrkrankenhäuser der Universität Heidelberg
Gutleutstraße 1 – 14
76646 Bruchsal, Deutschland

Tel.: 07251 708-57501

E-Mail: martin.schuster@rkh-kliniken.de

ORCID-ID: 0000-0001-5946-4166