



FH Gesundheitsberufe OÖ GmbH
Master-Studiengang
Management for Health Professionals –
Schwerpunkt Krankenhausmanagement

Green Anaesthesia

Möglichkeiten zur Reduktion des ökologischen Fußabdrucks in österrei- chischen Anästhesieabteilungen

MASTER-THESE

zur Erlangung des akademischen Grades
"Master of Science in Health Studies"

Linz, 31. Juli 2023

Vorgelegt von: Bernhard Aichinger, BScN
Matrikelnummer: 00638193

Eingereicht bei: Mag.^a Heidelinde Fröller (Studiengangsleitung)
Master-Studiengang Management for Health Professionals - Schwer-
punkt Krankenhausmanagement

Betreuerin/Betreuer: Mag. Michael Aiglesberger, BScN, MBA

Kurzfassung

Einleitung: Das Gesundheitswesen sorgt für 4,4 % des weltweiten Treibhausgasausstoßes. 32 % davon verursachen die Krankenhäuser und etwa 10 % der OP. Der Anteil der Anästhesie am CO₂-Fußabdruck der Krankenhäuser hängt stark von den verwendeten Medikamenten und Medizinprodukten und der Art ihres Einsatzes ab. Das Ziel dieser Arbeit war es, Möglichkeiten zur Reduktion dieses Anteils der Anästhesie im OP am ökologischen Fußabdruck auf ihre Umsetzbarkeit in Österreich hin zu untersuchen.

Methodik: Nach einer strukturierten Literaturrecherche angelehnt an das PRISMA-Schema wurden aus 55 Studien Möglichkeiten zur Einsparung von CO₂ identifiziert. Die Ergebnisse daraus wurden zur Bewertung mittels Online-Umfrage an alle Anästhesieabteilungen in Österreich gesendet. Eingeschlossen wurden alle Anästhesist*innen und Anästhesiepflegepersonen (N= 5.500). Die Ergebnisse wurden deskriptiv ausgewertet.

Ergebnisse: 294 Personen nahmen an der Umfrage teil (Rücklaufquote 5,3 %). Die Reduktion von volatilen Anästhetika und ein niedriger Frischgasflow, ein niedrigerer Anteil an Einwegprodukten und ein systematisiertes Abfallmanagement können den ökologischen Fußabdruck von Anästhesieabteilungen senken. Für eine erfolgreiche Umsetzung von Green Anaesthesia sind Information und Schulungen für die Mitarbeiter*innen ausschlaggebend. Die Bewertung mittels Ökobilanzen ist von regionalen und logistischen Gegebenheiten abhängig und kann nicht vollständig übertragen werden. Die Umfrage zeigte, dass die Bereitschaft zu nachhaltigen Arbeitsweisen groß (89,5 %) ist. Die größten Barrieren sind das fehlende Wissen zu diesem Thema (60,9 %), Beschaffungs- und Lieferbedingungen (60,5 %) und mangelnde Vorgaben und Unterstützung der Institutionen (60,2 %). Als gut umsetzbar wurden Einsparungen bei volatilen Anästhetika und Einwegprodukten bewertet. Beschränkungen in der Verwendung von Desfluran und Lachgas stoßen auf breite Zustimmung (74 %). Die Trennung von Abfall ist nur bei 45 % üblich, wobei die Bereitschaft für Recycling und Einsparung von Ressourcen bei älteren Teilnehmer*innen größer war als bei jüngeren.

Diskussion: Während die Ergebnisse aus der systematischen Literaturrecherche zeigten, dass es weltweit erfolgreiche Ideen und Programme zur Reduktion des ökologischen Fußabdrucks in der Anästhesie gibt, ergab die Umfrage in Österreich, dass das Wissen zum Thema Green Anaesthesia noch gering ist und oft gerade erst die ersten Schritte zur Reduktion von Ressourcen gemacht werden. Hier bedarf es gezielter Information und der Unterstützung der Institutionen, um wirkungsvolle Maßnahmen koordiniert einzuführen.

Schlüsselwörter: Green Anaesthesia, ökologischer Fußabdruck, Nachhaltigkeit, OP

Abstract

Introduction: The health sector accounts for 4.4 % of global greenhouse gas emissions. 32 % of this is caused by hospitals and about 10 % by the operating theatre. The share of anaesthesia in the CO₂ footprint of hospitals depends strongly on the drugs and medical devices used and the way they are used. The aim of this work was to investigate the feasibility of reducing the ecological footprint of anaesthesia in the operating theatre in Austria.

Methodology: After a structured literature search based on the PRISMA scheme, possibilities for saving CO₂ were identified from 55 studies. The results were sent to all anaesthesia departments in Austria for evaluation by means of an online survey. All anaesthetists and anaesthetic nurses were included (N= 5.500). The results were analyzed descriptively.

Results: 294 persons participated in the survey (response rate 5.3 %). The reduction of volatile anaesthetics and a low fresh gas flow, a lower proportion of disposable products and a systematized waste management can reduce the ecological footprint of anaesthesia departments. Information and training for staff is crucial for successful implementation of green anaesthesia. The assessment through LCAs depends on regional and logistical circumstances and cannot be fully transferred. The survey showed that the willingness to adopt sustainable working practices is high (89.5 %). The biggest barriers are the lack of knowledge on the subject (60.9 %), procurement and supply conditions (60.5 %) and lack of requirements and support from institutions (60.2 %). Savings in volatile anaesthetics and disposables were rated as easy to implement. Restrictions in the use of desflurane and nitrous oxide meet with broad approval (74 %). Waste segregation is only common among 45 %, with a greater willingness to recycle and save resources among older participants than younger ones.

Discussion: While the results from the systematic literature review showed that there are successful ideas and programs for reducing the ecological footprint in anaesthesia worldwide, the survey in Austria revealed that knowledge on the topic of green anaesthesia is still low and often just the first steps are taken to reduce resources. Targeted information and the support of institutions are needed here in order to introduce effective measures in a coordinated manner.

Keywords: green anaesthesia, ecological footprint, sustainability, OR

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Erstellung dieser Masterarbeit unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank meinem Betreuer Mag. Michael Aiglesberger, BScN, MBA, der mich schon von der Themenwahl an beraten hat und außerdem hilfreiche Anregungen und konstruktive Vorschläge beigesteuert hat.

Das Eco-Team im Ordensklinikum Linz BHS hat den Denkanstoß und die persönliche Motivation geleistet, das Thema dieser Arbeit zu bestimmen.

Allen Ärztlichen Direktor*innen, Pflegedirektor*innen, Geschäftsführer*innen und Abteilungsleiter*innen der angeschriebenen Krankenhäuser danke ich herzlich für die Bereitschaft, die Umfrage an ihre Mitarbeiter*innen weiterzuleiten.

Der größte Dank gilt meiner Frau Tina und meinen Töchtern Ella und Olivia für die Zeit, die sie mir zur Verfügung gestellt haben, um ungestört an dieser Arbeit zu schreiben.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung.....	4
1.2 Persönliche Motivation	5
1.3 Ziel der Arbeit.....	5
1.4 Forschungsfragen	6
2 Theoretischer Hintergrund.....	7
2.1 Treibhauseffekt.....	7
2.1.1 Erdatmosphäre.....	8
2.1.2 Treibhausgase.....	8
2.1.3 Kohlendioxid (CO ₂).....	9
2.1.4 CO ₂ -Äquivalent.....	10
2.1.5 Global Warming Potential	11
2.1.6 Treibhausgasemissionen im Gesundheitswesen	12
2.2 Nachhaltigkeit.....	13
2.2.1 Definition	13
2.2.2 Ökologischer Fußabdruck	14
2.3 Nachhaltigkeit im Anästhesieprozess	15
2.3.1 Anästhesieformen	15
2.3.2 Airwaymanagement.....	16
2.3.3 Sterile Sets.....	16
2.3.4 Entsorgung von medizinischem Abfall	17
2.4 Life Cycle Assessment – Ökobilanz – DIN EN 14040	17
2.4.1 Definition	17
2.4.2 Messung einer Ökobilanz	18
2.5 Beschaffung im Gesundheitswesen – DIN EN 20400	20
2.5.1 Rechtliche Aspekte, Normierung	20
2.5.2 Nachhaltige Beschaffung.....	22
3 Methodik	23
3.1 Theoretischer Teil (Literaturrecherche).....	23

3.1.1	Suchbegriffe	23
3.1.2	Ein- und Ausschlusskriterien	24
3.1.3	Ablauf der Literaturrecherche	24
3.2	Empirischer Teil (Online-Umfrage)	26
3.2.1	Konzeptspezifikation.....	26
3.2.2	Operationalisierung	28
3.2.3	Fragebogenkonstruktion.....	29
3.2.4	Stichprobe	31
3.2.5	Pre-Test	31
3.2.6	Durchführung.....	32
3.2.7	Auswertung	32
4	Ergebnisse	34
4.1	Theoretischer Teil (Literaturrecherche).....	34
4.1.1	Ökologischer Fußabdruck des Gesundheitswesens	34
4.1.2	Volatile Anästhetika vs. TIVA.....	36
4.1.3	Einweg vs. Mehrweg	39
4.1.4	Abfallmanagement	44
4.1.5	Umsetzung von Green Anaesthesia	48
4.1.6	Maßnahmen	50
4.2	Empirischer Teil (Online-Umfrage)	54
4.2.1	Stichprobe	54
4.2.2	Allgemeine Einstellung zu nachhaltigen Arbeitsweisen.....	60
4.2.3	Volatile Anästhetika	62
4.2.4	Einweg vs. Mehrweg	63
4.2.5	Ressourcen- und Abfallmanagement.....	66
4.2.6	Umsetzung	67
4.3	Zusammenfassung der Ergebnisse	71
5	Diskussion.....	75
5.1	Beantwortung der Forschungsfragen.....	75
5.2	Schlussfolgerungen.....	81
5.3	Limitationen.....	83
5.4	Ausblick.....	84

6 Literaturverzeichnis	85
Rechtsvorschriftenverzeichnis	99
Abbildungsverzeichnis	100
Tabellenverzeichnis	101
Anhang	102
Anhang A: Suchprotokoll	103
Anhang B: Online-Fragebogen	110
Anhang C: Eidesstattliche Erklärung.....	118

Abkürzungsverzeichnis

BVerG	Bundesvergabegesetz
CE	Conformité Européenne, Europäische Konformität
CH ₄	Methan (Hauptbestandteil von Erdgas, Endprodukt biologischer Prozesse)
CO ₂	Kohlenstoffdioxid, Kohlendioxid , Carbon Dioxide
CO ₂ e	Kohlendioxid-Äquivalent (Vergleichsmessung für Treibhausgase)
DALY	Disability-Adjusted Life Years (Summe der durch Tod und durch gesundheitliche Einschränkungen verlorenen Lebensjahre)
EU27	Europäische Union mit ihren 27 Mitgliedsstaaten ab dem Jahr 2020 (nach dem Austritt des Vereinigten Königreichs)
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoff (Treibgas, Lösemittel, baut Ozon ab)
gha	Globaler Hektar (Einheit des ökologischen Fußabdrucks)
Gt	Gigatonne (1 Mrd. Tonnen)
GWP	Global Warming Potential
HFC	Fluorkohlenwasserstoff (z. B. Narkosegase)
kt	Kilotonne (1.000 Tonnen)
LCA	Life Cycle Assessment, Ökobilanz
MPG	Medizinproduktegesetz
MRIO	Multiregionales Input-Output Assessment
Mt	Megatonne (1 Mio. Tonnen)
N ₂ O	Distickstoffmonoxid, Lachgas , Nitrous Oxide
O ₃	Ozon (giftiges Oxidationsmittel, das UV-Strahlung in der Atmosphäre abhält)
OECD	Organization for Economic Development
PONV	Postoperative Nausea and Vomiting (postoperative Übelkeit und Erbrechen)
ppb	Parts per Billion (10 ⁻⁹ , 0,000 000 001)
ppm	Parts per Million (10 ⁻⁶ , 0,000 001)
ppt	Parts per Trillion (10 ⁻¹² , 0,000 000 000 001)
SF ₆	Schwefelhexafluorid (Verwendung als Isoliergas)
TIVA	Total Intravenöse Anästhesie
UK	United Kingdom (Vereinigtes Königreich)
UN	United Nations (Vereinte Nationen)

1 Einleitung

Der weltweite Treibhausgas-Ausstoß steigt kontinuierlich an und lag im Jahr 2021 bei 54,59 Milliarden Tonnen (Gigatonnen, Gt) CO₂-Äquivalente (CO_{2e}, Kapitel Kapitel 2.1.4) (Jones et al., 2023). Der Anteil der Kohlendioxid (CO₂)-Emissionen aus fossilen Brennstoffen war 2019 mit 37,99 Gt CO₂ auf dem bisherigen Höhepunkt (Crippa et al., 2022, S. 4). Im Vergleich dazu wurden 1995 weltweit 23,45 Gt CO₂ aus fossilen Quellen produziert (IPCC, 2023). Die Covid-19-Pandemie sorgte 2020 für einen Rückgang auf 34,81 Gt, wobei bereits 2021 der Ausstoß mit 37,86 Gt nur mehr um 0,36 % unter der Höchstmarke von 2019 lag (Crippa et al., 2022, S. 4f). Mit der Reduktion der Covid-19-bedingten Einschränkungen steigt seitdem auch die Nachfrage nach fossilen Energiequellen und macht so den Rückgang von 2020 zunichte (Vereinte Nationen, 2022, S. 52). China (12,46 Gt), USA (4,75 Gt), EU27 (2,77 Gt), Indien (2,65 Gt), Russland (1,94 Gt) und Japan (1,08 Gt) sorgen dabei mit 49,2 % der gesamten Treibhausgase für fast die Hälfte der globalen Menge. China produzierte 2021 als mit Abstand größter Emittent beispielsweise 12,46 Gt, Österreich produzierte 66.008 Megatonnen (0,066 Gt) CO_{2e} (Crippa et al., 2022, S. 4f). Bei den jährlichen Emissionen pro Kopf führt der Inselstaat Palau die Liste mit 60,17 t an, Österreich liegt mit 7,5 t pro Einwohner international an 35. Stelle (Abbildung 1) (Crippa et al., 2022, S. 47ff).

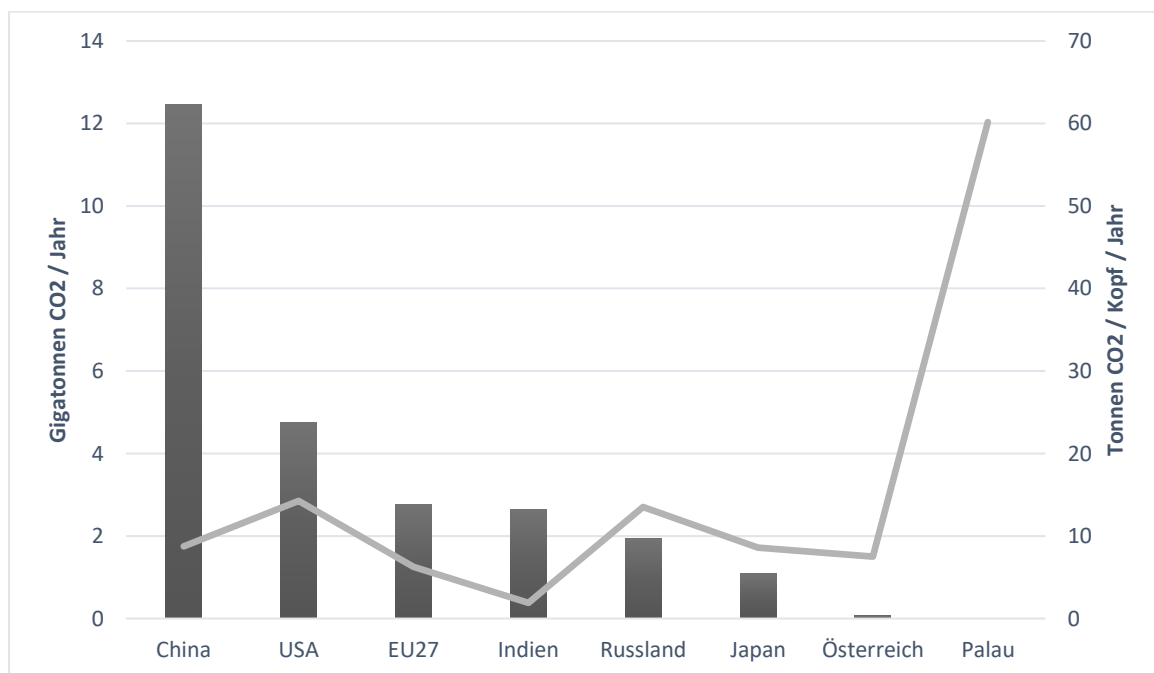


Abbildung 1: CO₂-Emissionen von ausgewählten Ländern gesamt pro Jahr und pro Kopf (eigene Darstellung, 2023 nach Crippa et al., 2022, 47ff)

Die Vereinten Nationen erwarten in den kommenden zehn Jahren nach der Covid-19-Pandemie eine Steigerung der Treibhausgasemissionen um 14 % bis 2032. António Guterres,

Generalsekretär der Vereinten Nationen, warnt unter diesen Gesichtspunkten vor häufigeren Hitzewellen, Dürren und Überschwemmungen, die Milliarden Menschen in aller Welt treffen werden und zu Armut, Hunger und Instabilität beitragen (Vereinte Nationen, 2022, S. 2). Die Vereinten Nationen fordern daher in ihren „Zielen für nachhaltige Entwicklung“ konzentriertes globales Handeln ohne Aufschub und sofortige Klimaschutzmaßnahmen (Vereinte Nationen, 2022, S. 53).

Eine bereits messbare Folge der steigenden Emissionen war, dass die Jahresmitteltemperatur 2021 um 1,11 °C ($\pm 0,13$) über dem Niveau vom Ende des 19. Jahrhunderts lag (Vereinte Nationen, 2022, S. 52f). Laut Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) steigt die Temperatur der Erdoberfläche je 1.000 Gt CO₂ um 0,45 °C an. Ziel des Pariser Klimaabkommens im Jahr 2015, das mittlerweile alle Staaten der Welt unterzeichnet haben, war, die Erwärmung der Erde auf 2 °C, wenn möglich aber auf 1,5 °C, zu begrenzen (IPCC, 2018, S. 4f). Dafür ist es laut IPCC (IPCC, 2023, S. 20f) nötig, die kumulierten CO₂-Emissionen im Zeitraum 2020 bis 2030 auf 500 Gt zu begrenzen, was jedoch laut Schätzungen bei einer Beibehaltung der fossilen Brennstoffe in gewohnter Menge mit 83-prozentiger Sicherheit nicht umsetzbar ist.

„Österreich bekennt sich zur Umsetzung der Agenda 2030 der Vereinten Nationen (United Nations, UN) mit ihren 17 Nachhaltigkeitszielen“ (Bundeskanzleramt Österreich, 2022). Das Ziel Nummer zwölf („Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen“) soll dabei eine verringerte Menschen- und Umweltbelastung durch Abfälle, eine erhöhte Recyclingrate, gesteigerte Verantwortung der Unternehmen, nachhaltige Beschaffungsprozesse und die Schaffung von sicheren Informationen für alle Menschen sicherstellen (Vereinte Nationen, 2022, S. 51).

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit der Bevölkerung zeigen sich in einer Zunahme von respiratorischen, kardiovaskulären, renalen und kognitiv-psychischen Erkrankungen (Bein et al., 2020, S. 463ff). Vor allem in Hitzewellen konnte ein signifikanter Anstieg von akuten Nierenschädigungen beobachtet werden (Bein et al., 2020, S. 464f).

2019 hat der Weltärztebund auf seiner 70. Generalversammlung einen Klimanotstand ausgerufen und auch alle anderen Gesundheitsberufe dazu aufgerufen, sich der Aktion anzuschließen. Das Ziel der gemeinsam Anstrengung ist, die Gesundheit der Menschen weltweit vor den Folgen des Klimawandels zu schützen (Schilling & Dinger, 2022, S. 28). Dabei wurde auch der ökologische Fußabdruck des globalen Gesundheitssektors anerkannt und Pläne zur Reduktion von Abfall und CO₂-Emissionen geschmiedet, um ein nachhaltiges Gesundheitssystem zu gewährleisten (Schilling & Dinger, 2022, S. 28).

Das Gesundheitswesen sorgt für 4,4 % der weltweiten Treibhausgas-Emissionen, wobei im Vergleich dazu der internationale Flug- und Schiffsverkehr 3 bzw. 2 % beitragen (Kaufmann, 2021, S. 183f). Würde man das globale Gesundheitssystem als eigenes Land

betrachten, wäre es der fünftgrößte CO₂-Produzent der Welt (McGain et al., 2020, S. 681). In Österreich hat das Gesundheitswesen mit jährlich rund 6,8 Megatonnen (Mt) CO₂ unter allen Dienstleistungssektoren den höchsten Anteil an den nationalen CO₂-Emissionen und liegt mit diesen 6,7 % unter den OECD-Ländern an sechster Stelle (Pichler et al., 2019, S. 2). Gesundheitssysteme tragen schätzungsweise zwischen 3 % (China) und 10 % (USA) zu den jährlichen Treibhausgas-Emissionen auf Landesebene bei (Drew et al., 2022, S. 1002). In Abbildung 2 zeigen Drew et al. (2022) die Mengen an CO_{2e}, die die internationalen Gesundheitssysteme produzieren. Sie beziehen sich dabei auf Ergebnisse aus einer systematischen Literaturarbeit.

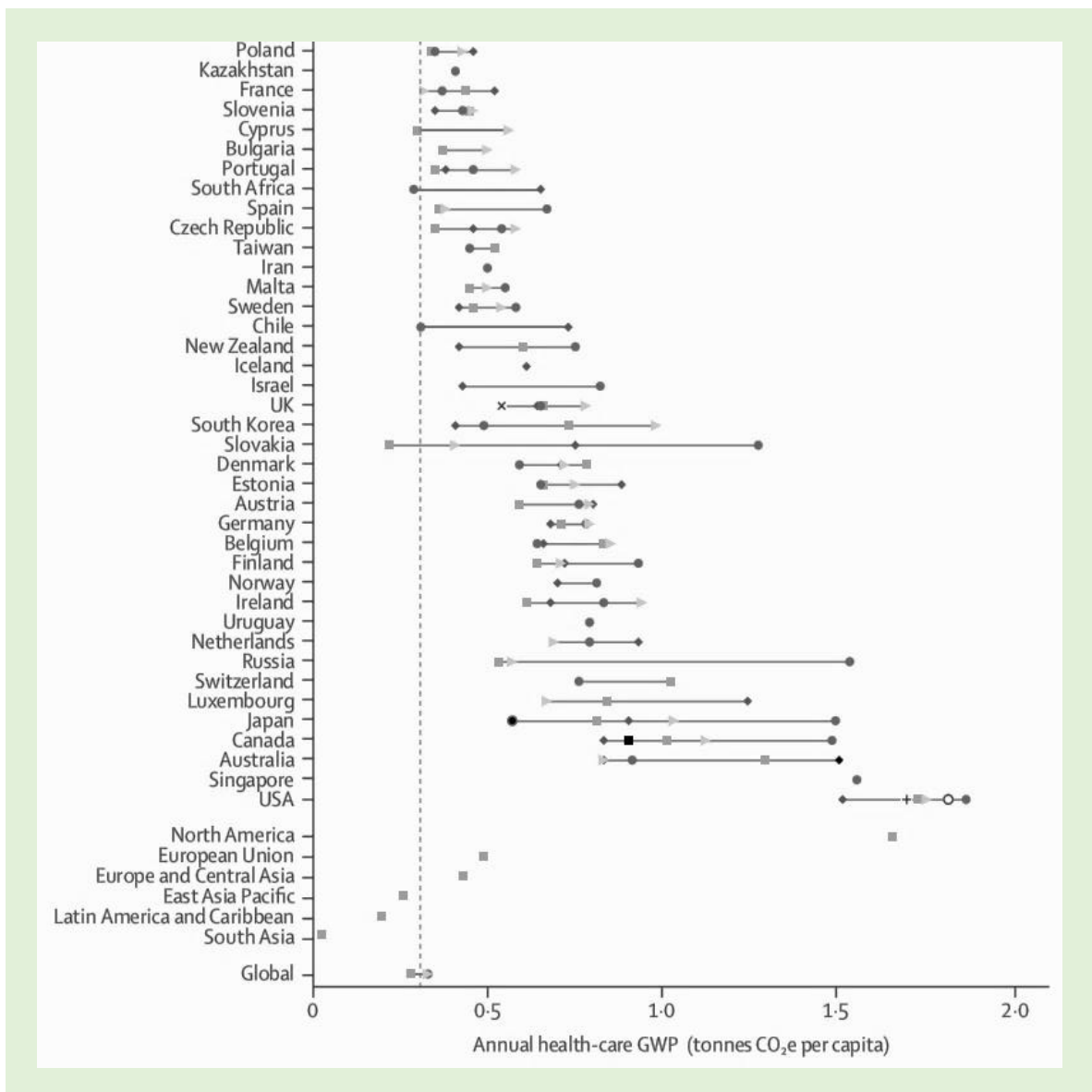


Abbildung 2: CO_{2e}-Emissionen internationaler Gesundheitssysteme - Ausschnitt (Drew et al., 2022, S. 1003)

1.1 Problemstellung

Von den Gesamtemissionen der Gesundheitssysteme verursachen 24-50 % die Krankenhäuser, 12-25 % die pharmazeutischen Produkte und 10-23 % der ambulante Versorgungsbereich (Drew et al., 2022, S. 1002).

Im OP-Bereich fallen rund 30 % des gesamten Abfalls von Krankenhäusern an, wobei ein Viertel davon von der Anästhesie verursacht wird (Xiao et al., 2021, S. 729). Operationssäle sind 3- bis 6-mal energieintensiver als die Krankenhäuser insgesamt, was vor allem auf die Heizungs-, Lüftungs- und Klimatisierungsanlagen zurückzuführen ist (MacNeill et al., 2017, S. 384). Auf einzelne Operationen bezogen trägt der Stromverbrauch, der mehrheitlich durch diese Anlagen erreicht wird, im Durchschnitt 42 % (6-67%) zu den Emissionen bei (Drew et al., 2021, S. 10).

Die CO₂-Emissionen, die in den OPs produziert werden, betragen 3.200 bis 5.200 Tonnen CO_{2e} pro Jahr und zwischen 146 und 232 kg CO_{2e} pro Operation. Dabei sorgt die Wahl des Narkosegases für die größten Schwankungen in den einzelnen Untersuchungen. Hier variieren die Zahlen in der Literatur sehr stark je nach Länge und Art der Operation von sechs bis 1.007 kg CO_{2e} pro Eingriff (Drew et al., 2021, S. 6).

Nach dem Bau eines Krankenhauses und dem Energie- und Wasserverbrauch haben die Beschaffung, das Abfallmanagement und das Verhalten der Mitarbeiter*innen das größte Einsparpotenzial (McGain & Naylor, 2014, S. 3). Vor allem die Tatsache, dass ein hoher Anteil am Krankenhausmüll nicht dem Recycling-Prozess zugeführt wird, sondern wegen der Einstufung als Infektions- oder Sondermüll vernichtet wird, unterscheidet ihn von normalem Haushaltsabfall und trägt zu einer noch höheren Belastung bei (Windfeld & Brooks, 2015, S. 103). Das Gesundheitssystem ist in Deutschland der fünftgrößte Abfallproduzent im Land (Heeser, 2022, S. 44) und gerade die Verwendung von Einwegprodukten trägt einen großen Teil dazu bei: Durch einen Umstieg von Einweg- auf Mehrwegprodukte können bis zu 84 % der CO_{2e}-Emissionen eingespart werden (McGain et al., 2017a, S. 867). Diese Zahlen müssen laut McGain et al. (2017a, S. 866f) allerdings je Land und auch Region mittels Ökobilanzen (Life Cycle Assessment) eigens erhoben werden, da es durch verschiedenen lange Transportwege und durch Unterschiede in der Stromproduktion im Land zu großen Abweichungen kommen kann.

Neben dem Abfall sind in der Anästhesie auch die direkten Auswirkungen auf die Treibhausgase erhöht, denn durch die Verwendung von volatilen Anästhetika (Narkosegase) erhöht sich der CO₂-Fußabdruck von Anästhesist*innen um das 2- bis 3-fache der durchschnittlichen Bürger*innen (Schuster & Coburn, 2022, S. 821) und sie können bis zu 77 % der CO_{2e}-Emissionen eines Krankenhauses ausmachen (Richter et al., 2020, S. 157). Der Verzicht auf das Narkosegas Desfluran, das beispielsweise 2540-mal stärker zum Treibhauseffekt beiträgt als CO₂ (Bertsch, 2022, S. 324), kann laut Studien die CO_{2e}-Emissionen

einer Anästhesieabteilung um 68 % (Richter et al., 2020, S. 157) bis 90 % (MacNeill et al., 2017, S. 384f) senken.

Weisz et al. (2019) beschreiben diese Situation als paradox: Gerade durch die Arbeit für die Gesundheit der Bevölkerung tragen Gesundheitsanbieter selbst zum Klimawandel und dessen gesundheitliche Folgen bei (Weisz et al., 2019, S. 7). Burrell (2018) empfiehlt deshalb, den aus dem hippokratischen Eid abgeleiteten Leitsatz „Primum non nocere“ im gleichen Maß wie für die Patienten auch auf die Umwelt anzuwenden und zu versuchen, die Schäden möglichst gering zu halten (Burrell, 2018, S. 630). Die Vereinten Nationen fordern in Kapitel acht der Agenda 21, dass Umwelt- und Entwicklungsgesichtspunkte in die Entscheidungsfindung der Politik-, Planungs- und Managementebene integriert werden (Vereinte Nationen, 1992, 66f).

1.2 Persönliche Motivation

Durch die gesellschaftliche Entwicklung im Bereich Klimawandel und Ressourcenknappheit beginnen immer mehr Mitarbeiter*innen von Anästhesieabteilungen über die möglichen Folgen nachzudenken, die ihre Arbeitsweise und Prozesse auf die Umwelt haben (Schuster & Coburn, 2022, S. 821). Im Krankenhaus des Autors wurde aus diesen Einzelinteressen von Mitarbeiter*innen eine Arbeitsgruppe („Eco-Team“) gegründet, die sich mit Möglichkeiten auseinandersetzt, wie die Anästhesie nachhaltiger oder „grüner“ werden kann. Vor allem die großen Abfallmengen und der immer höhere Anteil an Einwegprodukten war neben der offenkundig klimaschädlichen Wirkung von volatilen Anästhetika ein Anstoß, deren Auswirkungen zu untersuchen und Möglichkeiten für Einsparungen zu erarbeiten.

Die Überlegungen hinsichtlich einer „Green Anaesthesia“ dürfen allerdings einer patientenorientierten, finanzierbaren und benutzerfreundlichen Arbeitsweise nicht entgegenwirken, sondern sollen diese weiterhin ermöglichen und bestenfalls teilweise verbessern.

1.3 Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit ist es, wissenschaftlich fundierte Informationen zur Nachhaltigkeit von Produkten und Methoden in der Anästhesie zu finden, um Möglichkeiten für ökologische Einsparungen zu generieren und auf ihr Anwendungspotenzial in Österreich hin zu überprüfen. Es soll damit möglich sein, Handlungsempfehlungen im Sinne einer „Green Anaesthesia“ für die Praxis abzuleiten. In der Folge soll diese Arbeit zu einem besseren Verständnis der Möglichkeiten beitragen, umweltfreundliche Anästhesiepraktiken in der medizinischen Praxis zu etablieren und damit einen Beitrag zu einer nachhaltigeren Gesundheitsversorgung leisten.

1.4 Forschungsfragen

Mithilfe der folgenden Forschungsfragen soll identifiziert werden, inwieweit die Umstellung auf nachhaltige Methoden und Medizinprodukte in der Berufspraxis der Anästhesie in Österreich durchführbar ist.

- Welchen Einfluss haben Anästhesieformen, Medikamente und Medizinprodukte auf den ökologischen Fußabdruck der Anästhesie?
- Welche Möglichkeiten ergeben sich in der Anästhesie, nachhaltigere Arbeitsweisen zu schaffen und welche förderlichen und hemmenden Faktoren bestehen in der Praxis?
- Welche Maßnahmen zur Reduktion des ökologischen Fußabdrucks können in der Praxis umgesetzt werden bzw. werden in österreichischen Anästhesieabteilungen bereits umgesetzt?

2 Theoretischer Hintergrund

Dieses Kapitel beschreibt die Hintergründe und theoretischen Grundlagen einer Green Anaesthesia und soll damit auf die Nachhaltigkeit in der Anästhesie hinführen. Zunächst wird der Begriff "Treibhauseffekt" erklärt, der als natürliches, aber durch menschliche Einflüsse verstärktes Phänomen beschrieben wird, bei dem bestimmte Gase in der Atmosphäre die Wärmestrahlung der Erde einfangen und dadurch zur globalen Erwärmung beitragen. Diese Gase, wie Kohlendioxid und Methan, sind wesentliche Treiber des Klimawandels. (Klose, 2016, S. 44ff)

Anschließend wird der Fokus auf den Begriff "Nachhaltigkeit" gelegt, der das Konzept einer ressourcenschonenden Nutzung der Erde beinhaltet, um die Bedürfnisse der heutigen Generation zu erfüllen, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu beeinträchtigen. (Brundtland et al., 1987, S. 41)

Im Kontext der Anästhesie geht es weiters darum, nachhaltige Prinzipien und Praktiken in der Anästhesiologie zu implementieren, um die Umweltauswirkungen zu reduzieren. Dies kann beispielsweise durch den Einsatz von ressourcenschonenden Anästhesieverfahren, die Minimierung von Abfall und die Verwendung umweltfreundlicher Materialien erreicht werden.

Ein wichtiger Aspekt ist hierbei das "Life Cycle Assessment" (LCA), das eine umfassende Bewertung der Umweltauswirkungen eines Produkts, einer Dienstleistung oder eines Systems über den gesamten Lebenszyklus hinweg ermöglicht. Dabei werden Umweltaspekte wie Energieverbrauch, Treibhausgasemissionen und Ressourcenverbrauch berücksichtigt. (Austrian Standards international, 2021, S. 15ff)

Des Weiteren wird die Bedeutung der "nachhaltigen Beschaffung" in der Anästhesie erläutert, die sich laut Definition auf den Prozess des Einkaufs von Produkten und Dienstleistungen unter Berücksichtigung von Umweltaspekten, sozialen Bedingungen und wirtschaftlicher Effizienz bezieht. (Austrian Standards international, 2020, S. 11)

2.1 Treibhauseffekt

Der Treibhauseffekt, der durch die Zusammensetzung der Erdatmosphäre gegeben ist, ist verantwortlich für die Temperatur auf der Erde, indem durch natürliche und menschliche (anthropogene) Einflüsse Wärme in der Atmosphäre zurückgehalten wird (Klose, 2016, S. 44ff; Vereinte Nationen, 2022, S. 22). Dadurch befindet er sich auch seit Beginn der Forschungen zu Nachhaltigkeit und Klimawandel im Fokus der Wissenschaft (Brugger et al., 2023, S. 1; Brundtland et al., 1987, S. 12ff; Chen et al., 2015, S. 1ff). In diesem Kapitel werden die Grundlagen des Treibhauseffektes und der Einfluss der Treibhausgase, vor allem von Kohlendioxid, dargestellt.

2.1.1 Erdatmosphäre

Die Erdatmosphäre ist eine Hülle aus Gasen und Partikeln, die die Erdoberfläche vor Strahlung, extremen Temperaturen und dem Vakuum des Weltalls schützt. Sie wird von der Gravitation gehalten und sorgt durch den Treibhauseffekt und den Wasserkreislauf in sich für habitable Bedingungen auf der Erde. Die Atmosphäre teilt sich, wie in Abbildung 3 ersichtlich, in die Troposphäre (0-15 km), Stratosphäre (15-50 km), Mesosphäre (50-85 km), Thermosphäre (85-500 km) und die Exosphäre (500-10.000 km). Hinsichtlich ihrer Zusammensetzung besitzt der molekulare Stickstoff den größten Anteil (78,08 %), gefolgt von molekularem Sauerstoff (20,94 %), dem Edelgas Argon (0,9 %) und dem Treibhausgas Kohlendioxid (0,04 %) (Tabelle 1). Andere Bestandteile oder Spurengase sind Wasserdampf, Methan und Ozon, die, wie das Kohlendioxid, die Energiebilanz der Erde bedeutend beeinflussen, indem sie den Treibhauseffekt verstärken (Klose, 2016, S. 15ff).

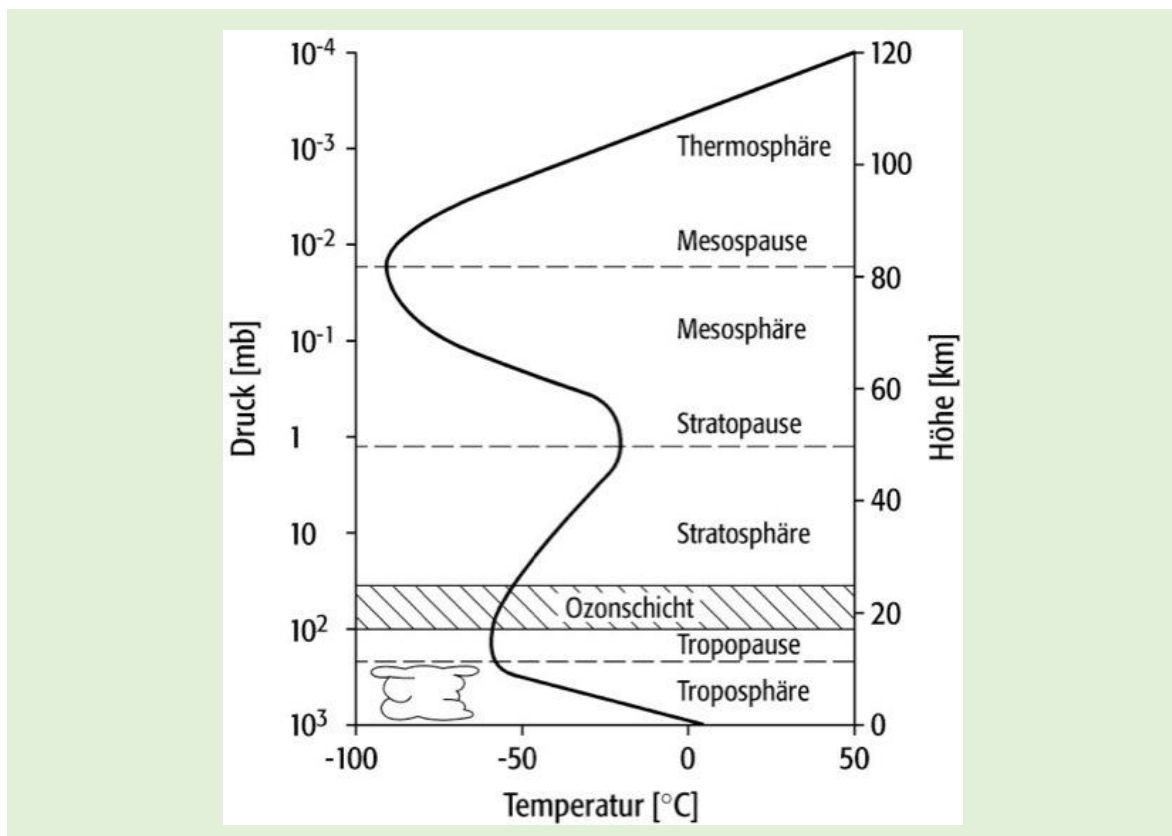


Abbildung 3: Schichten der Erdatmosphäre (Wagner & Platt, 1998)

2.1.2 Treibhausgase

Treibhausgase sind gasförmige Bestandteile der Erdatmosphäre, die sowohl natürlichen als auch menschlichen (anthropogenen) Ursprungs sein können. Sie absorbieren und emittieren langwellige Infrarotstrahlung in der Atmosphäre (Wagner & Platt, 1998). Diese

Eigenschaft verursacht den Treibhauseffekt, indem diese Wärme(-strahlung), die als UV-Strahlung in die Atmosphäre eindringt und als Infrarotstrahlung von der Erde reflektiert wird, in der Atmosphäre zurückgehalten wird. Laut Weltklimarat (2023) sind die wichtigsten Treibhausgase Wasserdampf (H₂O), Kohlendioxid (CO₂), Lachgas (N₂O), Methan (CH₄) und Ozon (O₃). Zu den vom Menschen verursachten Treibhausgasen gehören außerdem noch Schwefelhexafluorid (SF₆), Fluorkohlenwasserstoffe (HFC, z. B.: volatile Anästhetika), Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) und Perfluorkohlenwasserstoffe (PFC) (IPCC, 2023, S. 9). Die Konzentrationen der Treibhausgase sind steigend und erreichten 2021 einen neuen Höchstwert von 508 ppm CO_{2e}, im Vergleich dazu waren es im Jahr 1980 385 ppm (Umweltbundesamt, 2023). Dieser Trend wirkt sich direkt auf die Erdtemperatur aus (Verante Nationen, 2022, S. 52), wobei laut IPPC (2023) die Konzentration bis zum Ende des Jahrhunderts bei 450 ppm stabilisiert sein müsste, um die angestrebte Zwei-Grad-Obergrenze der atmosphärischen Temperaturerhöhung zu unterschreiten.

Gas	Chemisches Symbol	Prozent	ppm/ppt
Stickstoff	N ₂	78,08	780.800,00 ppm
Sauerstoff	O ₂	20,95	209.500,00 ppm
Argon	Ar	0,93	9.300,00 ppm
Treibhausgase			
Kohlendioxid	CO ₂	0,04	400,00 ppm
Wasserdampf	H ₂ O	0,01-0,04	Ø 20.000,00 ppm
Distickstoffoxid	N ₂ O	3,10 x 10 ⁻⁷	0,31 ppm
Methan	CH ₄	1,72 x 10 ⁻⁶	1,72 x 10 ³ ppt
Ozon	O ₃	5,0 x10 ⁻⁸	15-50 ppt

Tabelle 1: Wichtige Gase der Erdatmosphäre in 100 km Höhe (eigene Darstellung, 2023 nach Klose 2016, S. 16f)

2.1.3 Kohlendioxid (CO₂)

Das Kohlendioxid ist mit einem Anteil von etwa 0,04 % ein Hauptbestandteil der Erdatmosphäre. Es ist neben dem Wasserdampf das wichtigste Treibhausgas. Der Wasserdampf ist natürlichen Ursprungs und seine Konzentration steigt nur indirekt durch die erhöhte Verdunstung bei höheren Temperaturen in der Atmosphäre an (Umweltbundesamt, 2023). CO₂ absorbiert kein Sonnenlicht, jedoch einen Teil der Strahlungsenergie, die von

der Erde im Infrarotbereich abgegeben wird. Somit trägt es laut Definition zum Treibhaus-effekt bei, indem es Wärme nahe der Erdoberfläche festhält. Ohne diese Wirkung der Treibhausgase wäre die durchschnittliche Temperatur der Erde nicht wie derzeit + 15 °C, sondern – 18 °C und folglich für die Menschheit unbewohnbar. Kohlendioxid wird durch menschliche (anthropogene) Emissionen bei der Verbrennung fossiler Energien (Kohle, Erdgas, Erdöl) und bei der Rodung von Wäldern und der Zerstörung des Bodens freigesetzt und gelangt in die Atmosphäre. Seit Beginn der Industrialisierung reichert es sich dort so stark an, dass der Anteil von 280 ppm um 1800 auf etwa 400 ppm gestiegen ist. Das entspricht einer Steigerung von 43 % in 200 Jahren. So große Änderungen der Kohlendioxid-Konzentration gab es historisch nur in Zeiten extremer Klimaveränderungen, wie dem Ende der letzten Eiszeit vor etwa 10.000 Jahren. (Klose, 2016, S. 44ff)

2.1.4 CO₂-Äquivalent

Der Weltklimarat definiert in seinem Bericht 2023 Kohlenstoffäquivalent (CO₂-Äquivalent oder CO_{2e}) als eine Maßeinheit, die verwendet wird, um die Menge an Treibhausgasemissionen zu messen, die von einer bestimmten Quelle ausgestoßen werden. So können alle Gase (Treibhausgase, Narkosegase, etc.) miteinander verglichen werden. Es bezieht sich auf die Menge an CO₂, die benötigt wird, um die gleiche Klimawirkung wie eine Einheit eines anderen Treibhausgases zu erzeugen. Andere Treibhausgase wie beispielsweise Lachgas (N₂O) tragen viel stärker zum Treibhauseffekt bei als CO₂, aber ihre Wirkung auf das Klima variiert je nach Art des Gases und seiner Lebensdauer in der Atmosphäre. Um die Menge an Treibhausgasemissionen zu berechnen, die in Kohlenstoffäquivalenten ausgedrückt werden können, werden die Mengen der verschiedenen Treibhausgase, die ausgestoßen werden, mit ihren jeweiligen Klimawirkungen multipliziert und in eine gemeinsame Maßeinheit umgerechnet. Die Verwendung von Kohlenstoffäquivalenten ist wichtig, um eine genaue Messung der Treibhausgasemissionen zu ermöglichen und die Effektivität von Emissionsreduktionsmaßnahmen zu bewerten. (IPCC, 2023, S. 5)

In einer Stunde Inhalationsanästhesie mit Desfluran oder Lachgas werden beispielsweise 55 kg CO_{2e} produziert, während in einer Stunde TIVA nur 10 g CO_{2e} produziert wird (Pickles & Haddock, 2022, S. 11). Eine Auflistung von CO₂-Äquivalenten von Narkosegasen befindet sich in Tabelle 2.

Narkosegas (240 ml)	kg CO _{2e}
Kohlendioxid (Referenzgas)	1
Sevofluran	44
Isofluran	190
Desfluran	886
Lachgas	1054

Tabelle 2: CO₂-Äquivalent Narkosegase (eigene Darstellung, 2023 nach Pickles & Haddock, 2022, S. 11)

2.1.5 Global Warming Potential

Global Warming Potential (GWP) ist eine Methode zur Bewertung der Auswirkungen von Treibhausgasemissionen auf die Erderwärmung in Anlehnung an das CO₂-Äquivalent. Es ist ein Maß für die Fähigkeit eines Treibhausgases, Wärme in der Atmosphäre zu absorbieren und zu halten, im Vergleich zur gleichen Menge Kohlendioxid (CO₂). CO₂ wird als Referenzgas mit einem GWP von 1 verwendet (Vergleich: Lachgas hat ein GWP₁₀₀ von 298). Das GWP basiert auf der Absorptionsfähigkeit eines Treibhausgases in Bezug auf Infrarotstrahlung, seine Lebensdauer in der Atmosphäre und seiner Konzentration. Ein höheres GWP heißt, dass das Treibhausgas eine größere Fähigkeit hat, Wärme in der Atmosphäre zu speichern und dadurch zur Erderwärmung beizutragen. Im Unterschied zum CO₂-Äquivalent wird das GWP für eine bestimmte Zeitspanne angegeben (zum Beispiel für 20 oder 100 Jahre, um die kurz- und langfristigen Auswirkungen von Treibhausgasemissionen zu berücksichtigen) (Tabelle 3). Es wird verwendet, um die Auswirkungen verschiedener Treibhausgase zu vergleichen und um die Emissionsreduktionen zu quantifizieren, die erforderlich sind, um die globalen Temperaturziele zu erreichen. (Bertsch, 2022, S. 324; Buhre et al., 2019, S. 592; van Zundert, 2021, S. 2; Vereinte Nationen, 2004).

Gas	GWP20	GWP100	Atmosphärische Lebensdauer (in Jahren)
Kohlendioxid (CO₂) <i>Referenzgas</i>	1	1	30-95
Methan (CH₄)	62	23	12,4
Lachgas (N₂O)	298	298	114
Sevofluran	440	130	1,1
Isofluran	1800	510	3,2
Desfluran	6810	2540	14

Tabelle 3: Global Warming Potential (eigene Darstellung 2023 nach Vereinte Nationen, 2004; (Bertsch, 2022, S. 324; Russell, 2014)

2.1.6 Treibhausgasemissionen im Gesundheitswesen

Die Treibhausgasemissionen, die im Gesundheitswesen entstehen, werden in drei Bereiche eingeteilt (Abbildung 4):

Scope 1 sind jene Emissionen, die direkt in der Gesundheitseinrichtung entstehen. Hierunter fallen die Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Wärmegewinnung, Emissionen durch firmeneigene Fahrzeuge, sowie flüchtige Emissionen (z. B.: Narkosegase, die in die Atmosphäre entweichen). Diese Emissionen können von der Gesundheitseinrichtung kontrolliert werden. (Brugger et al., 2023, S. 3)

Scope 2 beinhaltet jene Emissionen, die durch zugekaufte Energie entstehen (z. B. Strom, Heizung). Trotz der Tatsache, dass sie physisch betrachtet außerhalb der Einrichtung entstehen, werden sie in die Treibhausbilanz eingerechnet, weil sie auf den Energiebedarf der Gesundheitseinrichtung zurückzuführen sind. (Brugger et al., 2023, S. 3)

Scope 3 enthält indirekte Emissionen, die entlang der Wertschöpfungskette anfallen. Das sind beispielsweise vorgelagerte indirekte Emissionen, die durch Produktion und Transport von eingekauften Produkten (z. B.: Medikamente, Medizinprodukte, etc.), den Bau von Gebäuden, sowie den Reiseverkehr der Angestellten anfallen und nachgelagerte indirekte Emissionen durch die Entsorgung von medizinischem Abfall und durch die bei der Verwendung von Dosierinhalatoren entweichenden Treibhausgase. Diese Emissionen können von der Einrichtung nur indirekt beeinflusst werden. (Brugger et al., 2023, S. 3)

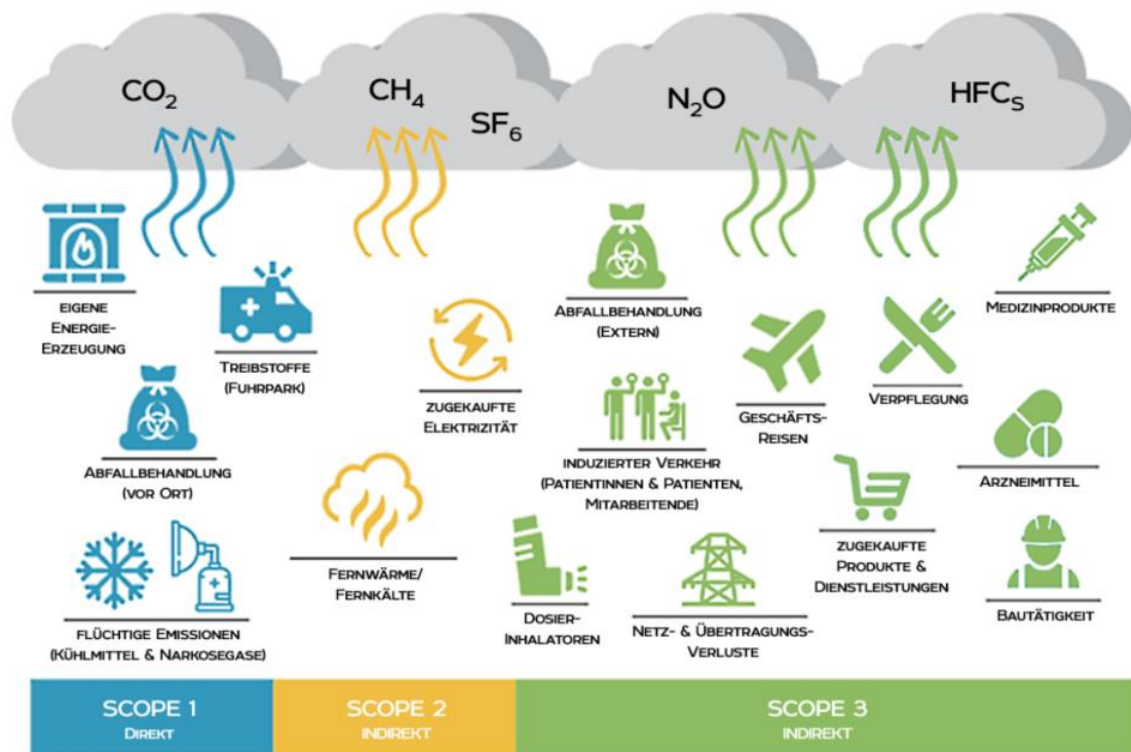


Abbildung 4: Treibhausgasemissionen im Gesundheitswesen (Brugger et al., 2023, S. 4)

2.2 Nachhaltigkeit

Der Begriff Nachhaltigkeit wurde erstmals in der Forstwirtschaft des 17. Jahrhunderts vom Freiburger Hans Carl von Carlowitz geprägt. Um ein nachhaltiges Handeln umzusetzen, sollte nur so viel Wald abgeholzt werden, wie in absehbarer Zeit auf natürliche Weise nachwachsen kann. Es sollte so ein natürliches System langfristig erhalten bleiben. (Lexikon der Nachhaltigkeit, 2022)

2.2.1 Definition

Die Brundtland-Kommission der Vereinten Nationen definierte 1987 den Begriff Nachhaltigkeit als „development, that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs“ (Brundtland et al., 1987, S. 41). Diese Formulierung wurde vielfach übernommen und erweitert. Das deutsche Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung beschreibt als Ziel von Nachhaltigkeit oder nachhaltiger Entwicklung die Befriedigung der Bedürfnisse der Gegenwart in einer Art und Weise, dass die Möglichkeiten zukünftiger Generationen nicht eingeschränkt werden. Die Norm ISO 20400 (Nachhaltiges Beschaffungswesen) definiert Nachhaltigkeit als „Zustand des globalen Systems [...] bei dem die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt werden, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“ (Austrian Standards international, 2020, S. 13). Dabei ist es wichtig, ein

Gleichgewicht zwischen den drei Dimensionen wirtschaftliche Effizienz, soziale Gerechtigkeit und tragfähige Ökologie herzustellen (Austrian Standards international, 2020, S. 13; Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, 2023).

Hardtke und Prehn (2001) beschrieben für die nachhaltige Entwicklung drei Grundsätze:

- Das Niveau der Abbaurate erneuerbarer Ressourcen darf ihre Regenerationsrate nicht übersteigen.
- Das Niveau der Emissionen darf nicht höher liegen als die Assimilationskapazität.
- Der Verbrauch nicht regenerierbarer Ressourcen muss durch eine entsprechende Erhöhung des Bestandes an regenerierbare Ressourcen kompensiert werden. (Hardtke & Prehn, 2001, S. 58)

Im Lexikon der Entwicklungspolitik wird gefordert, dass Nachhaltigkeit die Grundlage aller politischen Entscheidungen sein sollte, um die globalen Ressourcen langfristig zu erhalten (Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, 2023).

Im Gesundheitswesen ist zwar die finanzielle Nachhaltigkeit, im Sinn von Kosteneffizienz, weit verbreitet, aber es bedarf einer erhöhten Aufmerksamkeit auf ökologische Nachhaltigkeit, damit das System auch nachfolgenden Generationen noch zur Verfügung stehen kann (Petre & Malherbe, 2020, S. 2).

2.2.2 Ökologischer Fußabdruck

Der ökologische Fußabdruck ist ein Maß für die Menge an Land und Wasser, die ein Individuum, eine Population oder eine Aktivität benötigt, um alle nötigen verwendeten Ressourcen zu produzieren und den entstehenden Abfall aufzunehmen. Er wird in der Regel in globalen Hektar (gha) gemessen, was sich auf die durchschnittliche Fläche bezieht, die notwendig ist, um die Bedürfnisse einer Person, Volkswirtschaft oder auch eines Produktes zu messen (Global Footprint Network, 2020). In Österreich ist der ökologische Fußabdruck je Einwohner im Durchschnitt 5,8 gha groß. Wenn alle Menschen der Welt so leben würden, dann bräuchte die Menschheit fast vier Planeten von der Qualität der Erde (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technik, 2023). Im Vergleich dazu ist der ökologische Fußabdruck der USA durchschnittlich 7,8 gha und in der Demokratischen Republik Kongo 0,7 gha. Global gesehen benötigen alle Bewohner der Erde 2,6 gha. (Global Footprint Network, 2020)

In diesem Zusammenhang gibt es auch den „Carbon Footprint“, der die CO₂-Emissionen in Zusammenhang mit der Nutzung fossiler Brennstoffe misst. Er kann entweder in den ökologischen Fußabdruck umgerechnet werden und dann in globalen Hektar angegeben werden, häufiger ist jedoch die Einheit Tonne CO₂ pro Jahr. Um diese Daten vergleichbar zu

machen, gibt es das multiregionale Input-Output Assessment (MRIO). Dabei werden Finanzströme zwischen den großen Wirtschaftssektoren erfasst und so Ressourcenströme sichtbar, die mithilfe des ökologischen Fußabdrucks der Länder und Sektoren Vergleiche ermöglichen. (Global Footprint Network, 2020)

2.3 Nachhaltigkeit im Anästhesieprozess

Durch spezifische Methoden, Medizinprodukte und Medikamente trägt die Anästhesie überdurchschnittlich zum ökologischen Fußabdruck bei: Die Verwendung volatiler Anästhetika (Narkosegase) verdoppelt oder verdreifacht den Anteil von Anästhesist*innen im Vergleich zum Durchschnitt der Menschen in Deutschland (Coburn et al., 2020, S. 821). Im Folgenden werden die Verbindungen von Anästhesieformen, Medizinprodukten und Abfallmanagement der Anästhesie aufgezeigt. Die dabei im Fokus stehenden Umweltaspekte von Produkten, Tätigkeiten oder Dienstleistungen beziehen sich auf jene Bestandteile, die auf die Umwelt einwirken können (Austrian Standards international, 2021, S. 10).

2.3.1 Anästhesieformen

Die Hauptaufgabe der Anästhesie ist die Ermöglichung von Eingriffen in die Körperintegrität durch (offene und minimalinvasive) Operationen, diagnostische Maßnahmen und interventionelle Eingriffe mit dem Ziel der Schmerzfreiheit. Zur Erreichung dieses Zieles kann entweder eine Allgemeinanästhesie oder eine Regional- bzw. Lokalanästhesie durchgeführt werden, wobei die Allgemeinanästhesie durch inhalative Gase, intravenöse Stoffe oder einer Kombination daraus (balancierte Anästhesie) erreicht werden kann. (Roewer & Thiel, 2013, S. 16)

Während eine inhalative oder balancierte Anästhesie als kostengünstiger eingestuft werden, reduziert eine total intravenöse Anästhesie (TIVA) postoperative Übelkeit und Erbrechen (postoperative nausea and vomiting, PONV) (Roewer & Thiel, 2013, S. 338; Uitenbosch et al., 2022, S. 6). Weitere Gründe für die Wahl der Anästhesiemethode sind die Erfahrung des/der Anästhesist*in, die Präferenz der Abteilung und die Auswirkungen auf die Umwelt (Uitenbosch et al., 2022, S. 6). Volatile Anästhetika sind Fluorkohlenwasserstoffe und damit hochpotente anthropogene Treibhausgase, die, wie Kohlendioxid oder Methan, den Treibhauseffekt vorantreiben (Kapitel 2.1.2) (Koch & Pecher, 2020, S. 454; Schuster & Coburn, 2022, S. 821). Bei der Messung des Global Warming Potential (GWP) oder CO₂-Äquivalent als Maßzahl für den relativen Beitrag zum Treibhauseffekt von Anästhetika gibt es große Unterschiede zwischen den einzelnen Medikamenten: Propofol als TIVA (ohne Spritze) wird dabei bei 1,3 GWP eingestuft, Sevofluran bei 130 GWP, Isofluran 510 GWP und Desfluran bei 2540 GWP. Im Vergleich dazu beträgt das Global Warming Potential von CO₂ nur 1 (McGain et al., 2020, S. 681). Der Verbrauch solcher inhalativen

Anästhetika hängt stark vom Frischgasfluss bei der Beatmung ab, der von 0,5 l/min (Minimal-Flow-Anästhesie) bis 5 l/min (High-Flow-Anästhesie) reicht (Kaufmann, 2021, S. 185).

2.3.2 Airwaymanagement

Die Versorgung des Organismus mit Sauerstoff ist die elementare Aufgabe bei der Durchführung von Narkosen. Es umfasst die Maskenbeatmung während der Narkoseeinleitung oder als Notfallmaßnahme, die Verwendung von Atemhilfen (Guedel®- oder Wendl-Tuben), die Legung von Larynxmasken und die endotracheale Intubation mit diversen Tuben (Roewer & Thiel, 2013, S. 120ff). Für die Platzierung mancher von diesen Medizinprodukten werden je nach anatomischen Verhältnissen und Krankheitsbildern Hilfsmittel benötigt. Dabei handelt es sich vor allem um Laryngoskope und Bronchoskope und in schwierigen Fällen Equipment für Tracheotomien (Roewer & Thiel, 2013, S. 126ff). Während solche Produkte in der Vergangenheit, wenn möglich, in Mehrweg-Varianten verwendet wurden, geht der Trend nun eher hin zu Einwegprodukten (Kaufmann, 2021, S. 184; McGain et al., 2012, S. 1073). In Krankenhäusern in Australien waren 2019 21,7 % der Laryngoskop-Spatel, 8,7 % der Laryngoskop-Handgriffe und 87 % der Larynxmasken Einwegprodukte (Hii et al., 2020, S. 499). Diese Entwicklung erhöht die CO_{2e}-Emissionen der Anästhesieabteilungen, in Folge jene der Krankenhäuser und somit auch des Gesundheitswesens, da beispielsweise Einweg-Laryngoskop-Spatel 6-mal und Einweg-Laryngoskop-Handgriffe 18-mal so viel CO_{2e} produzieren wie die Mehrwegvarianten (Sherman et al., 2018, S. 438ff).

2.3.3 Sterile Sets

Bei Regional- oder Lokalanästhesien oder speziellen Zugängen (Zentrale Venenkatheter, arterielle Kanülen, Pulmonalkatheter) kommen in der Anästhesie vorgefertigte Sets zum Einsatz (Kaufmann, 2021, S. 185; McGain et al., 2012, S. 1073). Sie beinhalten alle Materialien zur sterilen Durchführung der Therapien und werden vermehrt als Einweg-Varianten verwendet, wobei in den vorgefertigten Varianten oft überflüssige Produkte enthalten sind, die unbenutzt entsorgt werden (Beloeil & Albaladejo, 2021, S. 86; Kaufmann, 2021, S. 185). Als besonders bedenklich wird vor allem der Einsatz von Einmalinstrumenten aus Metall eingestuft, da bei der Produktion große Energiemengen benötigt werden und ihr Einsatz auch von der deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene hinterfragt wird (Kaufmann, 2021, S. 185). In einigen Krankenhäusern wird so jährlich eine Tonne Metall entsorgt (van Straten et al., 2021, S. 171ff). Solche Produkte müssen als kontaminierter medizinischer Abfall gesondert entsorgt und bei Temperaturen von $\geq 1,100$ °C eingeschmolzen werden (Rizan, 2023, S. 143).

2.3.4 Entsorgung von medizinischem Abfall

Der Umgang mit medizinischem Abfall wird mit steigendem medizinischem Angebot und höherem Anteil an Einwegprodukten immer schwieriger (Windfeld & Brooks, 2015, S. 99). Alleine in den USA werden pro Jahr mehr als 3,5 Millionen Tonnen medizinischer Abfall produziert, wobei die Entsorgungskosten pro Tonne im Durchschnitt 790 \$ betragen. Während in den USA pro belegtem Bett und Tag 10,7 kg medizinischer Abfall anfallen, sind es in Brasilien nur 3,25 kg/Tag und in Tansania 0,14 kg/Tag je belegtem Bett (Windfeld & Brooks, 2015, S. 99f).

Beinahe alle in der Anästhesie verwendeten Medizinprodukte (z. B.: Spritzen, Beatmungsschläuche, Kleinteile, etc.) sind in Plastik verpackt (Xiao et al., 2021, S. 729). Die Entsorgung geschieht mittels verschiedenfarbiger Müllsäcke, die zumindest infektiösen von nicht-infektiösem Abfall unterscheiden, wobei das Verhältnis etwa 15 % infektiös zu 85 % nicht-infektiös ist (Xiao et al., 2021, S. 729). In der Praxis wird allerdings zu viel als Abfall als infektiös entsorgt, was höhere Kosten verursacht, da infektiöser Abfall in der Entsorgung teurer ist (Windfeld & Brooks, 2015, S. 103).

Um die Menge an medizinischem Abfall zu reduzieren, beschreiben Xiao et al. (2021, S. 729f) und Kaufmann (2021, S. 185) die „fünf Rs“ der Nachhaltigkeit: Reduce, Reuse, Recycle, Rethink und Research.

2.4 Life Cycle Assessment – Ökobilanz – DIN EN 14040

Life Cycle Assessments oder Ökobilanzen haben eine Schlüsselrolle bei der Steigerung der Nachhaltigkeit im Gesundheitswesen (Hess & Salas, 2021, S. 1). Dieses Kapitel gibt einen Überblick über diese wissenschaftliche Methode, um Produkte und Dienstleistungen von der Wiege bis zur Bahre auf ihre Umweltauswirkungen hin zu untersuchen.

2.4.1 Definition

Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA) ist eine Methode zur Bewertung der Umweltauswirkungen eines Produkts oder einer Dienstleistung über den gesamten Lebenszyklus. Diese „cradle to grave“-Betrachtung reicht von der Rohstoffgewinnung über die Herstellung, Nutzung und Entsorgung bis hin zur Wiederverwendung oder zum Recycling. Die Ökobilanzanalyse berücksichtigt eine Vielzahl von Umweltauswirkungen, einschließlich des Energieverbrauchs, der Treibhausgasemissionen, des Wasserverbrauchs, des Ressourcenverbrauchs und der Schadstoffemissionen. Die Methode basiert auf einer systematischen Erfassung und Quantifizierung von Input- und Output-Strömen in Bezug auf die Umwelt, einschließlich aller Material- und Energieflüsse, die während des Lebenszyklus des Produkts auftreten. Die Ergebnisse der Ökobilanz können dann genutzt werden, um Umweltauswirkungen zu erfassen, zu quantifizieren und zu vergleichen, sowie umweltbezogene

Verbesserungen zu identifizieren. Ökobilanzanalysen sind zum Beispiel beim Aufzeigen von Möglichkeiten zur Verbesserung der Umwelteigenschaften, zur Information von Entscheidungsträgern in Industrie, Regierungs- oder Nichtregierungsorganisationen oder bei der Erstellung einer Umweltdeklaration für ein Produkt oder eine Dienstleistung weit verbreitet und auch eine wichtige Grundlage für die Entwicklung von Umweltstandards und -richtlinien auf nationaler und internationaler Ebene. (Austrian Standards international, 2021, 15ff; Chen et al., 2015, 3f)

2.4.2 Messung einer Ökobilanz

Life Cycle Assessments bestehen aus vier Phasen: der Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens, der Sachbilanz, der Wirkungsabschätzung und der Auswertung. Sie werden laut ÖNORM ISO 14040:2021 wie folgt beschrieben:

1. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens

In dieser Phase wird der Zweck und das Ziel einer Ökobilanz festgelegt. Es wird entschieden, welche Fragen beantwortet werden sollen und welche Umweltauswirkungen berücksichtigt werden müssen. Der Umfang der Untersuchung wird einschließlich des räumlichen und zeitlichen Rahmens sowie der zu betrachtenden Lebenszyklusabschnitte definiert.

Bei der Festlegung der Systemgrenzen wird der Lebenszyklus des untersuchten Produkts, Prozesses oder Systems festgelegt. Er umfasst normalerweise die Rohstoffgewinnung, die Herstellung, den Transport, die Nutzung, die Wartung und Reparatur, das Recycling sowie die Entsorgung. Es werden alle relevanten Inputs (Materialien, Energie) und Outputs (Emissionen, Abfälle) erfasst. (Austrian Standards international, 2021, S. 21f)

Ein Beispiel für die Festlegung der Systemgrenzen findet sich in Abbildung 5: Unger & Landis (2016) führten ein vergleichendes LCA zum Thema Einweg- und Mehrwegmedizinprodukte durch. Sie schlossen Rohstoffgewinnung, Transport, Herstellung, Verpackung und Transport der Produkte vor der Verwendung im Krankenhaus ein. Außerdem für Mehrwegprodukte die Verwendung, den Transport zur Wiederaufbereitung, die Wiederaufbereitung selbst (hier möglicherweise die Entsorgung/Verbrennung von ausgeschiedenen Produkten) und den Transport zurück ins Krankenhaus für die Wiederverwendung. Im Fall der Einwegprodukte bezogen sie sich auf die Verwendung, den Transport zur Entsorgung/Verbrennung und die Entsorgung/Verbrennung selbst. (Unger & Landis, 2016, S. 1998)

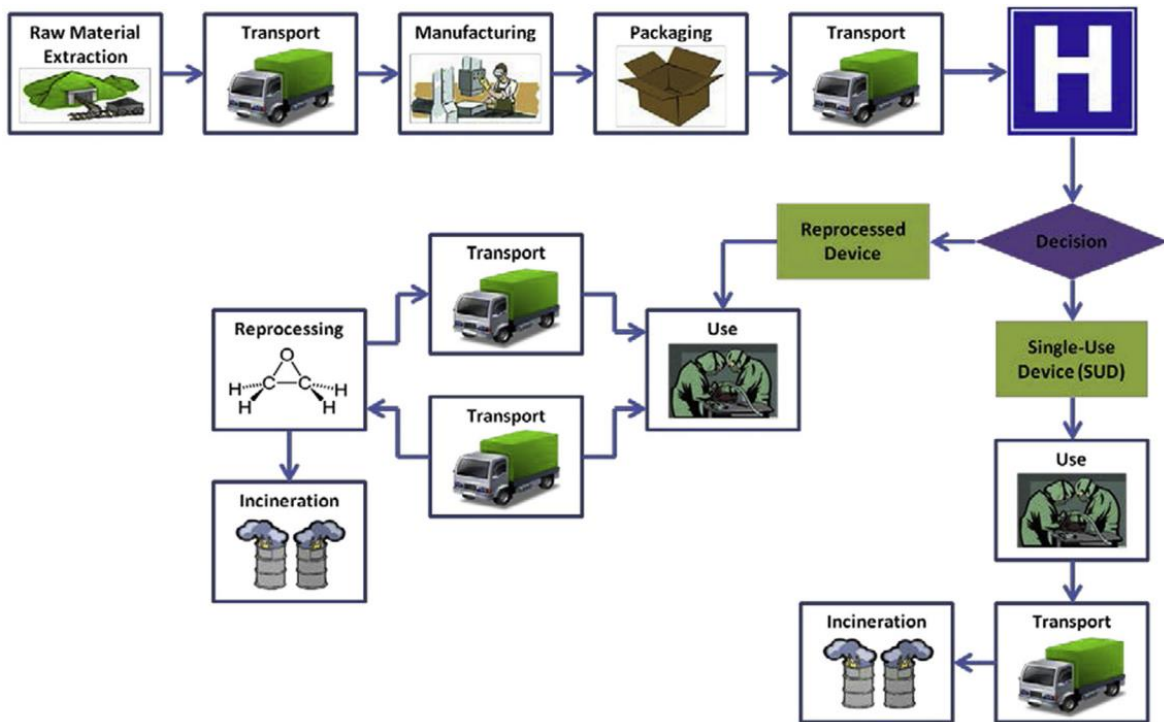


Abbildung 5: Ökobilanz von Einweg- und Mehrwegprodukten (Unger & Landis, 2016, S. 1998)

2. Sachbilanz

In der Sachbilanz werden Daten über die Umweltauswirkungen des zu untersuchenden Systems gesammelt. Hier werden Informationen zum Energie- und Ressourcenverbrauch, den Emissionen von Treibhausgasen und Schadstoffen, dem Abfallaufkommen und anderen relevanten Umweltaspekten erfasst. Die Datenerhebung ist ein mitunter sehr aufwendiger Prozess und praktische Einschränkungen in diesem Abschnitt müssen im Bericht angeführt werden. Datenquellen sind zum Beispiel Messungen, wissenschaftliche Studien oder statistische Datenbanken. (Austrian Standards international, 2021, S. 23f)

3. Wirkungsabschätzung

Die gesammelten Daten werden analysiert und bewertet, um die Umweltauswirkungen für jede Lebenszyklusstufe zu quantifizieren. Dies beinhaltet die Umrechnung der gesammelten Daten in Umweltindikatoren, wie beispielsweise den CO₂-Fußabdruck, den Wasserverbrauch, den Energieverbrauch oder den Flächenverbrauch. Verschiedene Methoden und Modelle können verwendet werden, um die Auswirkungen zu bewerten und zu gewichten. (Austrian Standards international, 2021, S. 24f)

4. Auswertung

In dieser Phase werden die Ergebnisse der Ökobilanz interpretiert und analysiert. Die Auswirkungen werden in einen ökologischen Kontext gesetzt und mit anderen vergleichbaren

Systemen oder Referenzwerten verglichen. Mögliche Hotspots und Bereiche mit hohen Umweltauswirkungen werden identifiziert. Es können Schlussfolgerungen gezogen und Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Umweltleistung des untersuchten Systems abgeleitet werden. (Austrian Standards international, 2021, S. 26)

Die Ergebnisse der Ökobilanz werden in einem Bericht dokumentiert. Um die Nachvollziehbarkeit und Vergleichbarkeit zu gewährleisten, muss der Bericht klar strukturiert, vollständig und verständlich sein. Es sollten die Methoden, Annahmen und Datenquellen, die verwendet wurden, transparent dargestellt sein. Berichte von Ökobilanzen können auch Empfehlungen für die Verbesserung der Umweltleistung des untersuchten Systems enthalten (Austrian Standards international, 2021, S. 26f). Ergebnisse der Ökobilanz können beispielsweise in CO_{2e} angegeben werden oder aber auch in Eco-Costs, einer Messmethode, in der Emissionen oder Ressourcenverbrauch in Geld umgerechnet wird, das nötig wäre, um diese Verschmutzung oder den Verbrauch auszugleichen. Um 1.000 kg CO₂ auszugleichen, müsste man beispielsweise 116 € zu einem Windpark beisteuern. Das Ziel dieser Rechnung wäre bei einer tatsächlichen Umsetzung, dass die Erderwärmung dadurch stabilisiert werden könnte (Sustainability Impact Metrics, 2023). Auch das „ReCiPe-System“ ist ein Lebenszyklus-Modell, das beispielsweise die Materialabnutzung und Toxizitäten miteinberechnet. Es geht dabei um Schäden in Bezug auf die menschliche Gesundheit, Ökosysteme und die Erschöpfung der Ressourcen. Bei diesem Modell werden Punkte vergeben (Goedkoop et al., 2009, S. 1ff).

2.5 Beschaffung im Gesundheitswesen – DIN EN 20400

Der Beschaffungsprozess berücksichtigt den Weg von der Ermittlung der Bedürfnisse bis zum Ende eines Dienstleistungsauftrags oder bis zum Ende eines Lebensweges von Waren, einschließlich der Entsorgung (Austrian Standards international, 2020, S. 11). Im Folgenden werden rechtliche Aspekte und Normen für die Beschaffung im Gesundheitswesen dargestellt und die Grundlagen einer nachhaltigen Beschaffung definiert.

2.5.1 Rechtliche Aspekte, Normierung

Normen

Die ÖNORM EN 17687 (Öffentliche Beschaffung - Integrität und Rechenschaftspflicht - Anforderungen und Leitfaden) basiert auf den europäischen Normen für die öffentliche Beschaffung. Sie enthält Richtlinien und Bestimmungen für öffentliche Auftraggeber in Österreich, die bei der Beschaffung von Waren, Dienstleistungen oder Bauleistungen einzuhalten sind. Miteinbezogen werden Aspekte wie Verfahren, Transparenz, Gleichbehandlung der Bieter*innen und Nachhaltigkeit. Die Norm trägt dazu bei, einheitliche Vorgänge für die

öffentliche Beschaffung sicherzustellen, sodass die Grundsätze der Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Transparenz bei der Vergabe von öffentlichen Aufträgen eingehalten werden. Die Norm EN 17687 dient wie andere Normen (z. B.: ÖNORM A 2050) als Leitfaden für Beschaffungsvorgänge, jedoch nicht als Vorschrift. (Austrian Standards international, 2023)

Bundesvergabegesetz (BVerG)

In Österreich wird bei Vergabeverfahren im Gesundheitswesen sichergestellt, dass der Beschaffungsprozess fair, transparent und wettbewerbsorientiert abläuft. Diese Anforderungen basieren auf dem Bundesvergabegesetz (BVerG).

Das BVerG regelt das Vergabewesen im Bereich des öffentlichen Auftragswesens, einschließlich des Gesundheitswesens. Es gilt für öffentliche Auftraggeber, folglich auch für öffentliche Krankenhäuser oder andere öffentliche Gesundheitseinrichtungen. Demnach müssen öffentliche Auftraggeber ihre Aufträge öffentlich bekannt machen, um potenzielle Bieter zu erreichen. Dies erfolgt in der Regel über elektronische Plattformen oder Veröffentlichungen in Amtsblättern. Es werden verschiedene Vergabeverfahren definiert, die angewendet werden können, wie das offene Verfahren, das beschränkte Verfahren und das Verhandlungsverfahren. Die Wahl des Verfahrens hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie dem Wert des Auftrags und der Art der Leistung. Um Transparenz zu gewährleisten werden die Informationen veröffentlicht, Verfahrensregeln eingehalten, objektive Bewertungskriterien festgelegt und Diskriminierung bzw. Begünstigung vermieden. Die Vergabeentscheidung muss laut BVerG auf vorab festgelegte Vergabekriterien basieren (z. B.: Preis, Qualität, Lieferbedingungen, Nachhaltigkeit etc.), die den Bieter*innen bekanntgegeben werden. (Bundesvergabegesetz 2018)

Medizinproduktegesetz (MPG)

Das Medizinproduktegesetz regelt Anforderungen und Vorschriften für Medizinprodukte. Es basiert auf den europäischen Richtlinien und Verordnungen und dient dem Schutz von Patient*innen, Anwender*innen und Dritten. Es wird festgelegt, welche Produkte zur Kategorie Medizinprodukt zählen, wobei Geräte, Instrumente, Apparate, Software, und Implantate, die für medizinische Zwecke verwendet werden, eingeschlossen sind. Das MPG schreibt Konformitätsbewertungen für Medizinprodukte vor, um sicherzustellen, dass sie den Anforderungen entsprechen. Gemäß dem MPG müssen Medizinprodukte mit der CE-Kennzeichnung (Conformité Européenne, Europäische Konformität) versehen sein, die anzeigt, dass das Produkt den europäischen Richtlinien und Anforderungen entspricht und in der Europäischen Union (EU) zugelassen sind. Weiters geregelt sind die Registrierung der Hersteller, Überwachung und Meldung von Vorkommnissen und die klinische Bewertung und Prüfung durch klinische Daten und Studien. (Medizinproduktegesetz 2021)

2.5.2 Nachhaltige Beschaffung

Nachhaltige Beschaffung wird in der ÖNORM ISO 20400 definiert als jene Beschaffung, „die im Hinblick auf den gesamten Lebensweg die positivsten umweltbezogenen, sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen hat.“ (Austrian Standards international, 2020, S. 14). Es werden dabei Nachhaltigkeitsaspekte von Waren oder Dienstleistungen inklusive der Lieferketten analysiert. Sie trägt dazu bei, dass Nachhaltigkeitsziele erreicht werden können und fördert nachhaltige Entwicklung im Allgemeinen (Austrian Standards international, 2020, S. 14). Als Entscheidungsgrundlage dienen beispielsweise Ökobilanzen von Produkten oder Dienstleistungen (Kapitel 2.4).

3 Methodik

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde einerseits eine strukturierte Literaturrecherche (Forschungsfrage 1) und andererseits eine Online-Umfrage (Forschungsfragen 2 und 3) durchgeführt. Die Methodik gliedert sich folglich in 3.1 Theoretischer Teil (Literaturrecherche) und 3.2 Empirischer Teil (Online-Umfrage).

3.1 Theoretischer Teil (Literaturrecherche)

Es wurde eine strukturierte Literaturrecherche, angelehnt an das PRISMA-Schema (Page et al., 2021b), durchgeführt. Die Suche erstreckte sich von Oktober 2022 (Erstellung des Konzeptes) bis März 2023. Die Datenbanken Medline (PubMed), Springer Verlag, Thieme Verlag, Thieme CNE und Elsevier (Science Direct) und die Suchmaschine Google Scholar wurden für die Suche verwendet. Die Suchbegriffe wurden mit den Bool'schen Operatoren „AND“ und „OR“ verbunden.

3.1.1 Suchbegriffe

Die folgenden Suchbegriffe, eingeteilt in Kategorien, wurden in verschiedenen Kombinationen (Suchprotokoll Anhang A) für die Recherche verwendet (Tabelle 4). In den deutschen Datenbanken wurden teilweise die deutschen Übersetzungen der Begriffe herangezogen.

Kategorie	Suchbegriffe
Gesundheitswesen	anesthesia, anaesthesia, operating room, health care
Nachhaltigkeit	sustainability, eco-friendly, climate, climate friendly, environment, environmental impact, carbon footprint, CO ₂
Nachhaltige Beschaffung	life cycle assessment, life cycle analysis, lca, cradle to grave, procurement, procurement decision
Medizinprodukte, Medikamente, Methoden	bronchoscope, laryngoscope, single-use, disposable, reusable, non-disposable, volatile, tiva, total intravenous anaesthesia, gas

Tabelle 4: Suchbegriffe nach Kategorien (eigene Darstellung, 2023)

3.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien	Ergebnisse ab 2013
	Anästhesiebezug
Ausschlusskriterien	Untersuchungen bezogen auf eine spezielle Operationstechnik
	Kein Anästhesiebezug (z. B. Radiologie)
	Bachelorarbeit, Masterarbeit

Tabelle 5: Ein- und Ausschlusskriterien für die Literaturrecherche (eigene Darstellung, 2023)

3.1.3 Ablauf der Literaturrecherche

Nach der Suche in den Datenbanken und Suchmaschinen wurden die Titel der Ergebnisse (n=2355) gescreent und zuerst alle nicht relevanten (n=1987) ausgeschlossen. Bei mehr als 100 Ergebnissen in einem Suchvorgang wurden nur die Titel der ersten 100 Studien gelesen und die restlichen nur bei einer Anzahl von mehr als zehn relevanten Titeln auf diesen ersten zehn Seiten analysiert. Als nächstes wurden die Duplikate (n=223) entfernt. Nach dem folgenden Screening der Abstracts mussten lediglich n=10 Ergebnisse aufgrund der Sprache und der Art (Bachelor- bzw. Masterarbeiten) ausgeschlossen werden. Danach wurden die Volltexte gelesen und dabei wurden n=15 Ergebnisse aus thematischen und beschaffungstechnischen Gründen entfernt. Es wurden nur solche Ergebnisse als nicht erhältlich klassifiziert, die sowohl die Studienbibliothek im Krankenhaus des Autors als auch der Literaturservice der Ärzte (Billrothhaus) nicht beschaffen konnten. Zusätzlich zu den nun verbliebenen n=120 Ergebnissen aus der strukturierten Recherche wurden n=8 aus der vorhergegangenen Recherche für das Konzept zur Masterthesis und n=19 Ergebnisse, die im Zuge der Recherche mittels Berrypicking gefunden wurden, gezählt. Insgesamt wurden so n=147 themenbezogene Literaturquellen in der Recherche identifiziert. Davon wurden n=84 Quellen in der gesamten Arbeit verwendet, wovon n=55 Studien daraus für den Ergebnisteil herangezogen wurden. Zusätzlich dazu wurden während des Schreibens der Arbeit 46 (Hilfs-)Quellen (Gesetzestexte, Fachliteratur für den theoretischen Hintergrund und die Methodik, Wertetabellen, Regierungswebsites, etc.) zu den bereits vorhandenen n=84 Ergebnissen der Literaturrecherche hinzugefügt. Insgesamt wurden somit in dieser Arbeit 130 Quellen verschiedenster Art verwendet.

Der Ablauf der Literaturrecherche und das Flow Chart (Abbildung 6) wurden angelehnt an das PRISMA-Schema (Page et al., 2021a). Ein Suchprotokoll mit Auflistung aller Suchvorgänge und -ergebnisse der strukturierten Recherche befindet sich im Anhang A.

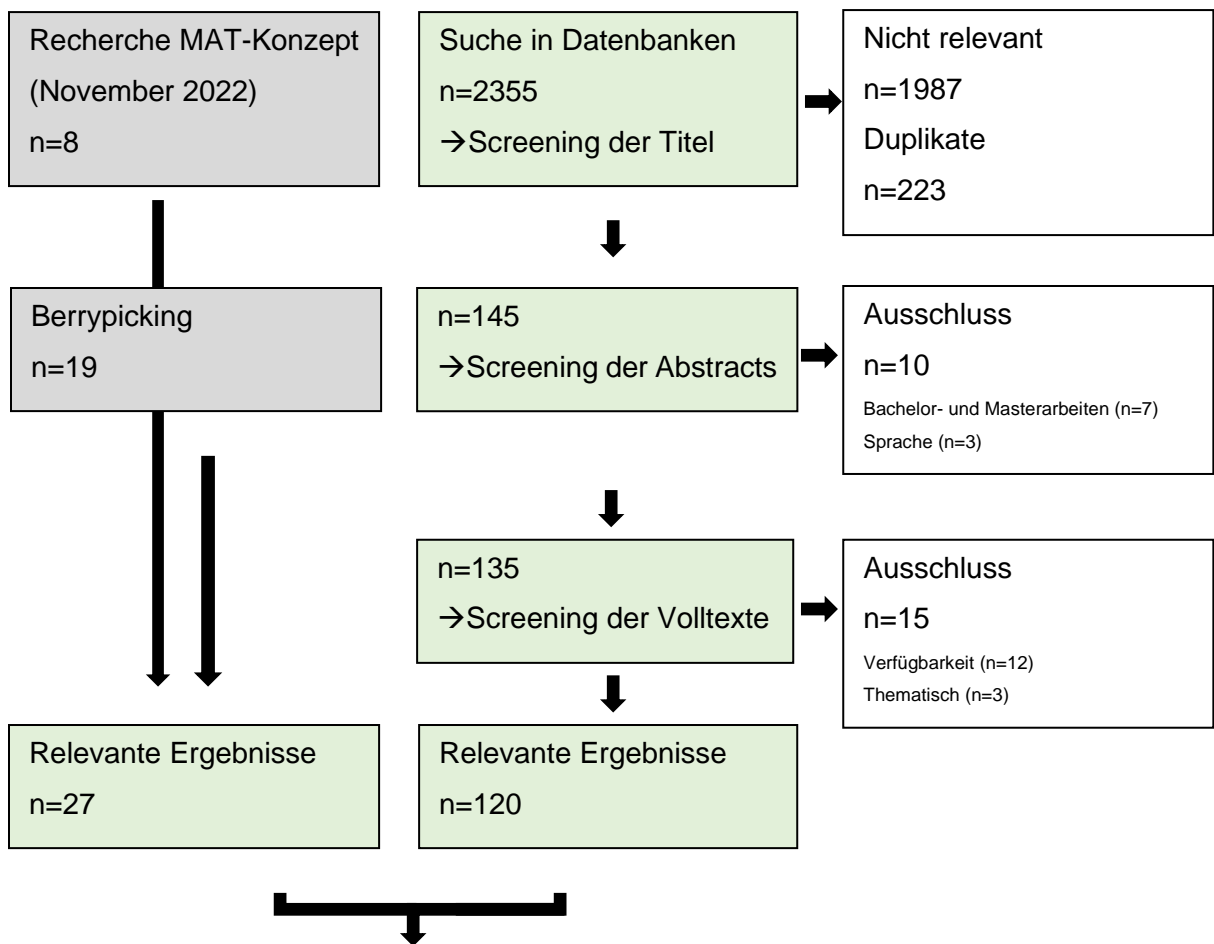


Abbildung 6: Ablauf der Literaturrecherche (eigene Darstellung, 2023)

3.2 Empirischer Teil (Online-Umfrage)

Aufgrund der Fragestellung, der Größe der Zielgruppe und der populationsbeschreibenden Zielsetzung wurde dieser Teil der Arbeit als quantitative, empirische und deskriptive Querschnittsstudie angelegt, die einen anwendungsbezogenen Schwerpunkt besitzt (Döring & Bortz, 2016, S. 181ff). Es bestand zu keiner Zeit ein Auftrag für die Durchführung, sondern die Wahl basierte ausnahmslos auf der persönlichen Motivation des Autors. Zur Beantwortung der Forschungsfragen 2 und 3 wurde eine Online-Umfrage via Fragebogen unter Anästhesist*innen und Anästhesiepflegepersonen in österreichischen Krankenhäusern durchgeführt, da diese Methode für die vorliegende Fragestellung am geeignetsten ist. Ein Fragebogen ist „die zielgerichtete, systematische und regelgeleitete Generierung und Erfassung von verbalen und numerischen Selbstausskünften von Befragungspersonen zu ausgewählten Aspekten ihres Erlebens und Verhaltens in schriftlicher Form“ (Döring & Bortz, 2016, S. 398). Im Folgenden werden Konzeptspezifikation, Operationalisierung, Konstruktion der Umfrage, Durchführung der Untersuchung und Auswertung dargestellt.

3.2.1 Konzeptspezifikation

Bedeutungsanalyse (nach Döring & Bortz, 2016)

Der Begriff „Green“ (grün) ist neben der Bedeutung als Farbe auch als „dem Umweltschutz verpflichtet, ihn fördernd“ (Duden) oder „relating to the protection of the environment“ (Cambridge Dictionary) definiert. Sich „grün verhalten“ wird als breit gefasster Begriff beschrieben, der sich darauf bezieht, ökologisch nachhaltige und umweltfreundliche Praktiken zu übernehmen mit dem Ziel, natürliche Ressourcen zu schonen und die Umwelt für nachfolgende Generationen zu erhalten (Yeoh et al., 2020, S. 1). Diese Form des Umweltbewusstseins ist erst in jüngster Zeit in den Operationssälen vorherrschend und es werden Fragen gestellt, was einzelne Personen für die Umwelt tun können (Trampitsch, 2022, S. 172f). Es werden dabei sowohl fachliche als auch personenbezogene Themen behandelt (White et al., 2022, S. 204) und versucht, nachhaltige, umweltfreundliche Arbeitsplätze zu schaffen, die im besten Fall auch noch kostensparend agieren. (Wormer et al., 2013, S. 667). Der Begriff „Green Anaesthesia“ wird verwendet als „process to reduce the carbon footprint of our anaesthetic service“ (Burrell, 2018, S. 630).

Dimensionale Analyse (nach Döring & Bortz, 2016)

Durch eine systematische Literaturrecherche, durch die Erfahrung des Autors im Anästhesiebereich und durch die Arbeit einer neu gebildeten Arbeitsgruppe zum Thema Nachhaltigkeit im Arbeitsumfeld des Autors wurden in einer Ideen- und Materialsammlung Dimensionen erarbeitet und diese in Tabelle 6 dargestellt:

Umweltschutz und Nachhaltigkeit		
Bereitschaft, Zeitressourcen, Passende Infrastruktur		
Ressourcenverbrauch		
Wasserverbrauch	Sterilisation	
Energieverbrauch	Sterilisation, Infrastruktur im OP	
Materialverbrauch		
Anästhesiemethoden		
Volatile Anästhetika	Lachgas (N ₂ O), Sevofluran, Desfluran, Isofluran	
	Frischgasflow (FGF)	
Intravenöse Anästhetika	TIVA (Propofol)	
Medizinprodukte		
Airwaymanagement	Laryngoskope, Bronchoskope, Larynxmasken	
Sterile Sets	Einsatz	
	Einweg vs. Mehrweg	Textilien, Metallinstrumente
	Unbenutzte Medizinprodukte	
Abfallmanagement		
Abfallarten, Abfallmengen, Recycling, Wissen		
Wissen		
Wissen des Personals, Bereitstellung von Wissen		
Umsetzung		
Förderliche Aspekte, Barrieren		
Kosten		
Kostensenkung	Langfristig, Kurzfristig	
Kostenerhöhung	Langfristig, Kurzfristig	
Beschaffung		
Auswahl, Lieferbedingungen und -wege, Lieferschwierigkeiten		

Tabelle 6: Dimensionale Analyse (eigene Darstellung, 2023)

Auswahl der untersuchungsrelevanten Aspekte

Aufgrund des Bezugs auf das „Umfeld OP“ und aus Sicht der ärztlichen und pflegerischen Fachexpert*innen der Basis wurden die Dimensionen Kosten und Beschaffung ausgeklammert und nur in den theoretischen Ergebnissen aus der Literatur miteinbezogen. Die Dimension Ressourcen wurde lediglich mit dem Aspekt des Stromsparens in die Umfrage mitaufgenommen. Vor allem Details zu den Kosten von Produkten sind für Mitarbeiter*innen oftmals nicht direkt zugänglich sondern sind ausschließlich in den Einkaufsabteilungen bekannt. Es wurde somit angenommen, dass Kostenaspekte und Themen der Beschaffung für die Mehrheit der Mitarbeiter*innen aus der Praxis nicht derart einsehbar sind, dass sie sie ausreichend beurteilen können.

3.2.2 Operationalisierung

Im Zuge der Operationalisierung wurden Fragen zu den ausgewählten Dimensionen formuliert (Tabelle 7), die mit dem anschließend ausgewählten Messinstrument beantwortet werden sollten.

Umweltschutz und Nachhaltigkeit
Wie häufig haben Experten Bereitschaft, Zeit und Möglichkeit, um umweltschonend und nachhaltig zu arbeiten?
Ressourcenverbrauch
Werden Maßnahmen zum Einsparen von Ressourcen umgesetzt? Wird weiteres Einsparpotenzial gesehen?
Anästhesiemethoden
Wie häufig wird Lachgas, Sevofluran, Desfluran, Isofluran verwendet? Mit welchem Frischgasfluss werden volatile Anästhetika verwendet? Wie häufig werden vorwiegend TIVAs durchgeführt?
Medizinprodukte
Kommen vorwiegend Einweg- oder Mehrwegprodukte zum Einsatz? Werden unbenutzte Medizinprodukte (z. B. aus Sets) entsorgt?
Abfallmanagement
Wie ist die Bereitschaft zum Mülltrennen? Ist das Trennen möglich? (Zeit, Logistik, Möglichkeit) Wird recycelt?

Wissen
Gibt es Wissen über ökologische Aspekte (Medikamente, Methoden, Medizinprodukte)? Besteht Zugang dazu?
Umsetzung
Was hemmt/fördert die Umsetzung von nachhaltigen Arbeitsweisen?
Kosten
Entstehen (Mehr-)Kosten durch nachhaltige Arbeitsweisen?
Beschaffung
Ist es möglich, nachhaltig zu beschaffen?

Tabelle 7: Operationalisierung (eigene Darstellung, 2023)

Auswahl des Messinstruments

Aufgrund der Zielsetzung, die Praxistauglichkeit der „Green Anaesthesia“ aus Sicht von Expert*innen aus der Praxis in ganz Österreich bewerten zu lassen, wurde ein Fragebogen generiert, der Häufigkeiten und Einschätzungen abbildet und auch eine deskriptive Analyse der unterschiedlichen Einstellungen von Gruppen innerhalb der Stichprobe zulässt. Durch die Verteilung der Zielgruppe der Untersuchung auf ganz Österreich und 122 Krankenhäuser (mit Anästhesieabteilungen, Kapitel 3.2.6) wurde entschieden, die Umfrage online durchzuführen.

3.2.3 Fragebogenkonstruktion

Erstellung

Im Zuge des Fragebogens für diese quantitative, empirische und deskriptive Querschnittsstudie wurden für die statistische Analyse Gruppen festgelegt. Diese Gruppen basierten auf Geschlecht, Berufsgruppe (Anästhesist*in/Anästhesiepflegeperson), Alter, Berufserfahrung in Jahren und Arbeits-, Fach- und Spezialbereiche die im Berufsalltag betreut werden. Als Antwortmöglichkeiten wurden Einfach- und Mehrfachnennungen (demografische Angaben) und für die Bewertung der nachhaltigen Arbeitsweisen fünfteilige Likert-Skalen verwendet, da angenommen wurde, dass meistens Methoden, Medikamente und Produkte fall- und patientenbezogen angewendet werden. Somit konnte sichergestellt werden, dass auch bei beruflicher Flexibilität eine Antwortmöglichkeit zutrifft. Konkret wurde eine solche bipolare Skala mit Abstufung des Zutreffens gewählt, da der Tatsache entgegengekommen werden sollte, dass in der Praxis immer individuell auf die Patient*innen eingegangen wird und es so in den meisten Fällen keine absolut gültigen Antworten gibt. Aus diesem Grund wurde

außerdem eine neutrale Mittelkategorie („Teils-Teils“) verwendet. Es wurde antizipiert, dass die „Tendenz zur Mitte“ (Moosbrugger & Kelava, 2020, S. 109f) aufgrund der Fachexpertise der Teilnehmer*innen gar nicht oder nur in abgeschwächter Form eintritt.

Als Anhaltspunkte für die Konstruktion der Umfrage wurden die Arbeiten von Ard et al. (2016), Baumann et al. (2022), Petre et al. (2019), Petre et al. (2020) und Shah et al. (2023) herangezogen, die ebenfalls Umfragen zum Thema Nachhaltigkeit in der Anästhesie und im OP durchführten.

Für die Erstellung und Verteilung der Umfrage wurde die Website „Lime Survey“, verwendet.

Aufbau

Zu Beginn des Fragebogens wurde das Forschungsprojekt erklärt und das Ziel der Arbeit dargestellt. Außerdem wurden Informationen über den Autor bereitgestellt. Der Hauptteil der Umfrage bestand, nach einer Opt-In-Frage mit Einwilligung in die Umfrage und dem Hinweis auf den Datenschutz, aus der Aufbereitung der Dimensionen mittels Itemgruppen. Zum Ende der Umfrage wurden nochmals die Kontaktdaten des Autors für Rückfragen eingeblendet (Tabelle 8).

1. Information über das Forschungsprojekt (Ziel der Arbeit) und über den Autor
2. Hauptteil
G01 Einwilligung und Datenschutz (Ja/Nein)
Aufklärung der Probanden über Freiwilligkeit, Datenschutz, Anonymität und nachträglichem Widerruf. Hier wurde eine Opt-In-Antwort eingebaut - bei einer negativen Beantwortung wurde die Umfrage beendet
G02 Angaben zur Person (Einzelitems, Auswahlmöglichkeiten)
Geschlecht, Alter, Berufserfahrung, Berufsgruppe, Ausbildungsstand/Spezialisierung, Bundesland, hauptsächliche Arbeitsbereiche, Fachgebiete und Spezialgebiete
G03 Allgemeine Angaben (Matrix, 5-teilige Likert-Skala, Freitext)
Einstellung zum Thema, das Wissen der Probanden, die Möglichkeiten der Umsetzung und etwaiger institutioneller Maßnahmen – Bewertung mittels 5-teiliger Likert-Skala Möglichkeit zur Auflistung von bereits umgesetzte Maßnahmen in ihrer Institution in einem Freitextfeld

G04 Volatile Anästhetika (Narkosegas) (Matrix, 5-teilige Likert-Skala)
Matrix 1: Ist-Stand in der beruflichen Praxis mit dem Schwerpunkt Narkosegas Matrix 2: Möglichkeiten nach eigener Einschätzung
G05 Einweg- und Mehrwegprodukte (Matrix, 5-teilige Likert-Skala)
Ist-Stand und eigene Meinung zum Thema Einweg-Produkte aus dem Anästhesiebereich
G06 Andere Maßnahmen (Matrix, 5-teilige Likert-Skala)
Ist-Stand und eigene Meinung zum Thema Stromsparen, Abfallmanagement und Entsorgung unbenutzter Produkte
G07 Umsetzung (Einzelitems, Auswahlmöglichkeiten, Freitext)
Auswahl von hinderlichen und förderlichen Aspekten für nachhaltige Arbeitsweisen und Auflistung eigener in einem Freitextfeld
3. Schlussseite mit Hinweis auf den Autor

Tabelle 8: Aufbau der Online-Umfrage (eigene Darstellung, 2023)

Der gesamte Fragebogen befindet sich im Anhang B.

3.2.4 Stichprobe

Zielpopulation ($N_{\text{Gesamt}}=5500$)

Alle Anästhesist*innen ($N_{\text{Ärzte}}=3178$) und Anästhesiepflegepersonen ($N_{\text{Pflege}}=\text{unbekannt}=\text{ca. } 75\%$ von $N_{\text{Ärzte}} = \text{ca. } 2380$) in Österreich (Beschreibung nur bedingt möglich, keine Aussagen über Altersstruktur, Berufserfahrung, Geschlecht, Pflege nur Schätzwert).

Selbstselektionsstichprobe (Döring & Bortz, 2016, S. 297)

Durch den Einsatz von Multiplikatoren (Ärztliche- und Pflegedirektionen und Abteilungsleiter*innen von Anästhesieabteilungen) und die freiwillige Teilnahme an der Umfrage konnte im Vorhinein keine konkrete Aussage über die Größe der Stichprobe getroffen werden. Als realistischer Schätzwert wurden 200 bis 400 ausgefüllte Fragebögen angenommen.

Stichprobengröße

Bei einem Konfidenzniveau von 95 %, einem z-Wert von 1,96 und einer Fehlerspanne von 5 % ergab sich eine benötigte Stichprobengröße von $N=360$ Personen.

3.2.5 Pre-Test

Vor Veröffentlichung der Umfrage wurde das Erhebungsinstrument sieben Personen aus dem Arbeitsumfeld des Autors (Anästhesieabteilung) mit der Bitte um Durchführung und

Rückmeldung über Themen- und Frageverständnis, Formulierung, technische Durchführbarkeit und Dauer der Umfrage zur Verfügung gestellt. Es wurden aufgrund der Antworten Details in der Formulierung und der Anzahl der Antwortmöglichkeiten geändert, die Grundstruktur der Umfrage blieb jedoch gleich. Aufgrund des Pre-Tests wurde ein zweiter Link für die Aussendung der Umfrage generiert, weil der ursprüngliche durch die IT-Security mehrerer Krankenhäuser blockiert wurde.

3.2.6 Durchführung

Im Krankenanstalten-Verzeichnis des österreichischen Gesundheitsministeriums können Krankenanstalten nach ihren Abteilungen gefiltert werden und so wurden 122 öffentliche und private Krankenanstalten mit Anästhesieabteilung identifiziert. Im Zuge einer Desk Research wurden alle öffentlich zugänglichen E-Mail-Adressen der Ärztlichen- und Pflegedirektionen und der Anästhesieabteilungen recherchiert. Im Sinne der Hierarchie in den Krankenhäusern wurden die ärztlichen und pflegerischen Mitglieder der kollegialen Führungen als erstes informiert und danach die Abteilungen, sofern Adressen angegeben waren. An diese Adressen wurden folglich E-Mails mit einer Erklärung zum Forschungsprojekt versendet. Im E-Mail wurde weiters gebeten, die mitgesendeten Links zur Umfrage an alle ärztlichen und pflegerischen Mitarbeiter*innen der Anästhesieabteilungen weiterzuleiten. Aufgrund von den Erfahrungen im Pre-Test wurden zwei verschiedene Links für die Umfrage im E-Mail versendet, um bei Blockierung durch die IT-Security eine Ausweichmöglichkeit zu bieten. Außerdem wurde die Umfrage so gestaltet, dass sie auch über ein Smartphone problemlos auszufüllen ist. Die Multiplikatoren wurden außerdem gebeten, rückzumelden, ob die Umfrage weitergeleitet wird oder nicht. Nach Aussendung der E-Mails wurden auf Anfrage nähere Details und Hintergrundinformationen zum Forschungsprojekt an fünf Trägerorganisationen gesendet. Davon konnten vier das Forschungsprojekt freigeben und an die Mitarbeiter*innen weiterleiten.

3.2.7 Auswertung

Die Umfrage wurde mit den Programmen SPSS® (Version 29.0.0.0 [241]) und Microsoft® Excel® (Version 2306 Build 16.0.16529.20100) ausgewertet. Es wurde eine deskriptive Analyse der Umfrage-Daten durchgeführt, um Häufigkeiten darzustellen. Für alle Items wurden diese in absoluten Zahlen und Prozent angegeben, außerdem wurden Median und Modus berechnet. Es wurden Korrelationen von allen ordinalskalierten Items aus Gruppe 02 (Alter, Berufserfahrung) untereinander mit dem Spearman-Test durchgeführt, um die einzelnen Gruppen zu analysieren (Signifikanzniveau $\alpha=0,01$). Die Nominalskalierten Items der Gruppe 02 (Geschlecht, Bundesland, Berufsgruppe) wurden mit Kreuztabellen und dem Chi-Quadrat-Test und Cramer's V korreliert. Daneben wurden Häufigkeiten und

Unterschiede zwischen den demografischen Gruppen (Geschlecht, Alter, Berufsgruppe, Berufserfahrung und Bundesland) mittels Anwendung von Filtern im Auswertungsprogramm von LimeSurvey® analysiert. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte in Tabellen und Diagrammen.

Um die interne Konsistenz zu bestimmen, wurde Cronbachs Alpha für jene Items zur Einschätzung der Möglichkeiten (17 Items) berechnet. Die interne Konsistenz war akzeptabel, mit Cronbachs Alpha = 0,8.

4 Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Arbeit teilen sich in einen theoretischen Teil aus der Literaturrecherche und einen empirischen Teil aus der Online-Umfrage. Die Ergebnisse werden separat voneinander dargestellt: Kapitel 4.1 behandelt die Ergebnisse aus der Literaturrecherche mit den Bereichen Ökologischer Fußabdruck des Gesundheitswesens, Volatile Anästhetika, Einweg- vs. Mehrwegprodukte, Abfallmanagement, Umsetzung von Green Anaesthesia und Maßnahmen für die Praxis. Kapitel 4.2 beschreibt die Ergebnisse der Online-Umfrage.

4.1 Theoretischer Teil (Literaturrecherche)

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus der systematischen Literaturrecherche dargestellt. Es werden erst allgemeine Zahlen und Daten zum ökologischen Fußabdruck von verschiedenen Gesundheitssystemen präsentiert. Außerdem wird erläutert, wie sich die Emissionen auswirken und wo sie entstehen. Danach folgen die Ergebnisse zum Thema Anästhesieformen, Medikamente (volatile Anästhetika, TIVA) und wie sich der Frischgasfluss (FGF) auf die Emissionen auswirkt. Im Abschnitt „Einweg- vs. Mehrweg“ werden Medizinprodukte auf ihre CO_{2e}-Emissionen, Kosten und Handhabung bzw. Sicherheit verglichen und die Umstellung von Einweg auf Mehrweg, sowie Alternativen aufgezeigt. Das Kapitel „Abfallmanagement“ behandelt Arten von Abfall und ihre Entstehung bzw. Entsorgung und schließlich werden international durchgeführte Umfragen zur Umsetzung von Green Anaesthesia mit förderlichen Aspekten und Barrieren dargestellt. Kapitel 4.1.6 zeigt abschließend aus der Literatur abgeleitete Maßnahmen, die den ökologischen Fußabdruck von Anästhesieabteilungen verringern können.

4.1.1 Ökologischer Fußabdruck des Gesundheitswesens

Der Anteil des Gesundheitswesens an den globalen Gesamtemissionen wurde von Pichler et al. (2019) in einer Studie zum „Health Carbon Footprint“ in 36 Ländern untersucht. Dabei verwendeten die Autoren für die Berechnungen Daten von den nationalen Behörden, der WHO und der OECD Gesundheitsdatenbank. Durchschnittlich lag der Anteil bei 5,5 %. In den Niederlanden war er mit 8,1 % am höchsten, in Mexico mit 3,3 % am niedrigsten, wobei die Bandbreite der absoluten Zahlen von 0,5 Mt in Lettland bis zu 6,1 Mt in China, dem größten Produzenten von gesundheitsbezogenen CO₂-Emissionen, betrug. (Pichler et al., 2019)

Eckelman & Sherman (2016) haben für die USA mittels einer Input-Output-Analyse der nationalen Behörden den Einfluss der Emissionen des Gesundheitswesens für verschiedene Umweltbereiche der USA erforscht. Das US-Gesundheitssystem ist für 12 % des sauren

Regens, 10 % des Treibhausgases, 10 % der Smogbildung, 9 % der Luftschadstoffe, 1-2 % der Luftgifte und 1 % des Ozonabbaus verantwortlich. Die tatsächlichen Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen beziffern Eckelman & Sherman (2016) mit 470.000 DALY (Disability-adjusted life years), was der Summe der durch Tod und durch gesundheitliche Einschränkungen verlorenen Lebensjahre entspricht. (Eckelman & Sherman, 2016)

Steenmeijer et al. (2022) gaben in ihrer Untersuchung in den Niederlanden an, dass das holländische Gesundheitssystem einen Anteil von 13 % an der nationalen Produktion, 7,5 % am Wasserverbrauch, 7,3 % am Klimawandel, 7,2 % an der Landnutzung und 4,2 % am Abfallaufkommen hat. Arzneimittel und chemische Produkte spielten dabei die größte Rolle (bis 80 %). Die tatsächlichen Auswirkungen geschehen dabei aber vor allem in Asien. (Steenmeijer et al., 2022)

Malik et al. (2018) untersuchten das australische Gesundheitssystem auf seine Emissionen hin. In einer Input-Output-Life-Cycle-Beobachtung konnten sie aufzeigen, dass das Gesundheitssystem mit 35.772 Kilotonnen (kt) einen Anteil von 7 % an den CO_{2e}-Emissionen von Australien hat. Die größten Produzenten waren dabei die Bereiche der öffentlichen (34 %) und privaten (10 %) Krankenhäuser und der pharmazeutische Sektor (19 %). (Malik et al., 2018)

In einer Vergleichsstudie von drei Kliniken in Kanada, den USA und UK konnten MacNeill et al. (2017) zeigen, dass die OP-Bereiche zwischen 3,22 kt/Jahr und 5,19 kt/Jahr CO_{2e} produzierten. Pro Operation wurden dabei zwischen 146 und 232 kg CO_{2e} verursacht. (MacNeill et al., 2017)

In Österreich beträgt der Anteil des Gesundheitswesens am gesamten CO₂-Ausstoß 6,8 Mt, was 7 % entspricht. Damit liegt Österreich laut MRIO-Analysen und LCA-basierter „bottom-up“-Berechnungsmethoden von Weisz et al. (2019) im Durchschnitt der OECD-Länder. Ein Drittel der Emissionen wird laut den Autoren in den Krankenhäusern produziert, ein Fünftel durch Arzneimittel für den ambulanten Bereich und ein Fünftel im niedergelassenen Versorgungsbereich. Im Krankenhaus sind Medizinprodukte, Arzneimittel und Energie am klimarelevantesten, die Narkosegase sind durch teilweisen Verzicht auf Lachgas und Reduktion von Desfluran bereits rückläufig. (Weisz et al., 2019)

Laut Tennison et al. (2021) wurden die Emissionen des nationalen Gesundheitssystems in England von 1990 bis 2019 um 26 % reduziert und betragen nun 25 Mt CO_{2e}, was hauptsächlich auf die Dekarbonisierung der Energieproduktion zurückzuführen ist. In einem Mix aus „bottom-up“-Daten und „top-down“-Modellen konnten die Autoren zeigen, dass in dieser Zeit pro stationärem Aufenthalt um 64 % weniger CO_{2e} produziert wurde. Dabei entstehen 62 % in der Lieferkette, 24 % direkt durch Pflegeleistungen, 10 % am Arbeitsweg und der Anreise und 4 % aus ausgelagerten Privatleistungen. (Tennison et al., 2021)

Richter et al. (2020) untersuchten in einer deutschen Klinik die Emissionen und zeigten, dass alleine in der Anästhesieabteilung 41,8 bis 43,3 t CO_{2e} durch Einwegprodukte und Verpackungen und 48,5 bis 48,6 t CO_{2e} durch den Arbeitsweg entstehen. Im Vergleich dazu konnten jedoch 307 t CO_{2e} den Narkosegasen zugeschrieben werden. (Richter et al., 2020) Der OP spielt bei den im Krankenhaus produzierten Treibhausgasen eine große Rolle. MacNeill et al. (2017) zeigten, dass die Klima- und Lüftungsanlage in den OPs bis zu 99 % der Energie der Operationsbereiche verbraucht. Durch eine anwesenheitsbasierte Steuerung können aber bis zu 50 % der Energiekosten eingespart werden. Aber auch in der Anästhesie zeigte sich großes Einsparpotenzial. Die Autoren zeigten auf, dass während der Anteil der Narkosegase in den nordamerikanischen Kliniken 51 bis 63 % der Gesamtemissionen betrug, es in UK nur 4 % waren, was auf den Verzicht auf Desfluran zurückzuführen war. Eine Kombination aus einer intelligenten Steuerung der Klima- und Lüftungsanlage mit dem Verzicht auf Desfluran könnte die CO_{2e}-Emissionen der Operationsbereiche demnach halbieren. (MacNeill et al., 2017)

Laut Wang et al. (2022) werden bei einer Vollnarkose 4,7 kg CO_{2e} produziert, bei einer Spinalanästhesie nur 70 g. Umgerechnet auf die in der Studie untersuchten Wirbelsäulenoperationen konnten die Autoren ein Einsparpotenzial von 1,3 Milliarden Smartphone-Ladungen oder 27,7 Millionen Meilen Autofahrt bei den gesamten Wirbelsäulenoperationen der USA erkennen. (Wang et al., 2022)

Im Gegensatz dazu zeigten McGain et al. (2021b) jedoch, dass durch die Verwendung eines sterilen Sets und hoher O₂-Flussraten bei einer Sedierung die CO_{2e}-Produktion bei einer Spinalanästhesie sogar über der einer Vollnarkose liegt. Eine Kombination aus Vollnarkose und Spinalanästhesie würde sogar 18,5 kg CO_{2e} produzieren. (McGain et al., 2021b)

4.1.2 Volatile Anästhetika vs. TIVA

Die häufigsten volatilen Anästhetika sind Sevofluran, Desfluran, Isofluran und Lachgas. Richter et al. (2020) erhoben in einer Studie, dass diese Narkosegase bis zu 77 % der CO_{2e}-Emissionen eines Krankenhauses verursachen können. Die CO₂-Äquivalente der einzelnen Gase sind unterschiedlich und reichen von 130 GWP₁₀₀ bis 2540 GWP₁₀₀ (Bertsch, 2022, S. 324).

In einer Vergleichsstudie von drei Operationssälen in Kanada, den USA und UK konnten MacNeill et al. (2017) zeigen, dass durch den Verzicht auf Desfluran in UK nur 10 % der CO_{2e}-Emissionen im Vergleich zu den Kliniken in Kanada und USA generiert wurden, obwohl 50 % mehr Operationen durchgeführt wurden. Die Werte pro Fall sind dabei 7 kg CO_{2e} (UK) im Gegensatz zu 92,5 kg CO_{2e} (Kanada) und 118,3 kg CO_{2e} (USA). (MacNeill et al. 2017)

Richter et al. (2020) erforschten in einer deutschen Anästhesieabteilung, dass ein Verzicht auf Desfluran die Gesamtemissionen um bis zu 68 % reduzieren kann.

In einer Studie von Davies et al. (2023b) gaben die Autoren an, dass bereits ein Anteil von 24 % Desfluran an den Narkosegasen einen Anteil von 83 % an den CO_{2e}-Emissionen einer Anästhesieabteilung bedeuten. Außerdem verursacht Desfluran auch 40 % der Kosten. Im Vergleich dazu zeigen die Autoren, dass Propofol nur 0,017 % der CO_{2e}-Emissionen und 1 % der Kosten produziert. In der untersuchten Universitätsklinik in Australien würden durch den Ersatz von Desfluran und Isofluran durch Propofol 270 t CO_{2e} und 84.464 A\$ (Australische Dollar) pro Jahr eingespart werden. (Davies et al., 2023b)

Auch Guevara-Farias et al. (2020) berechneten in ihrer Studie die Kosten für die volatilen Anästhetika im Vergleich zu Propofol als TIVA. Dabei zeigte sich, dass Propofol zwar günstiger als Desfluran ist (TIVA 42,95 € je Fall, Desfluran 55,60 € je Fall), allerdings teurer als Sevofluran (24,35 €) und Isofluran (18,82 €). (Guevara-Farias et al., 2020)

Laut einer Umfrage unter amerikanischen Expert*innen für Anästhesie von Shah et al. (2023) ist die umweltschädliche Wirkung von Desfluran 89 % den Befragten bekannt. 78 % wissen, dass Isofluran das kostengünstigste Narkosegas ist, jedoch ist nicht ausreichend verbreitet, dass mit einer Reduktion des Frischgasflusses (FGF) während einer Vollnarkose die klimaschädlichen volatilen Anästhetika gespart werden. 59 % der Befragten verwenden Desfluran/Sevofluran mit einem FGF von weniger als einem Liter/min. (Shah et al., 2023)

Die Studien von McGain et al. (2021b) und Wang et al. (2022) weisen auf, dass es nicht eindeutig ist, ob eine Regionalanästhesie als Alternative wirklich weniger CO_{2e} produziert als eine Vollnarkose.

Hu et al. (2021) kamen mithilfe eines Life Cycle Assessments zum Ergebnis, dass bei einem niedrigen FGF, einer MAC-gesteuerten Dosierung und dem Auffangen des Narkosegases mittels Absorbieren eine Vollnarkose mit Sevofluran einer TIVA ebenbürtig ist, was die Auswirkungen auf die Treibhausgase angeht. Bei Verwendung ohne niedrigen FGF, ohne MAC-gesteuerte Dosierung und ohne Narkosegasabsorber ist Sevofluran eher mit Desfluran zu vergleichen. (Hu et al., 2021)

In einer internationalen Delphi-Studie unter 29 Anästhesist*innen wurde von Uitenbosch et al. (2022) erhoben, dass eine TIVA als positiv für Kinder und gegen postoperative Übelkeit (PONV) eingestuft und auch physiologisch besser gesehen wird. Für 89 % der Teilnehmer*innen war außerdem der Umweltaspekt einer TIVA wichtig. (Uitenbosch et al., 2022)

Narayanan et al. (2022) erforschten die Emissionen der verschiedenen in der Praxis eingesetzten Möglichkeiten der Anästhesieführung. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass eine intravenöse Narkoseeinleitung mit folgender TIVA 1,26 kg CO_{2e} pro Stunde produziert. Eine intravenöse Einleitung mit darauffolgendem Einsatz von Narkosegas produziert 2,58 kg

CO_{2e} pro Stunde. Eine volatile Einleitung und Aufrechterhaltung mit Narkosegas führt zu einer Emission von 2,98 kg CO_{2e} pro Stunde. (Narayanan et al., 2022)

Exkurs: Frischgasfluss

Kosten und Emissionen, die durch die Verwendung von volatilen Anästhetika entstehen, können durch einen niedrigeren Frischgasfluss (FGF) gesenkt werden (Glenski & Levine, 2020, S. 1144). Eine sogenannte Low-Flow-Anästhesie führt dem Beatmungssystem pro Minute weniger als einen Liter Frischgas zu und verwendet das (gereinigte) Luft-Gas-Gemisch der Ausatemluft auch für die nächsten Atemhübe (Kaufmann, 2021, S. 185).

Glenski & Levine (2020) wiesen mit einem Projekt in einem amerikanischen Krankenhaus auf, dass durch gezielte Informations- und Schulungsmaßnahmen zum Thema Low-Flow-Anästhesie 25 % weniger Narkosegas pro Vollnarkose verbraucht wurde und so im untersuchten Krankenhaus 28,5 t CO_{2e} eingespart werden konnte. Die Autoren berechneten, dass das einer nicht gefahrenen Strecke von 70.000 Meilen oder 12.100 Liter eingespartem Treibstoff entspricht. (Glenski & Levine, 2020)

Exkurs: Atemkalk

Das Herausfiltern des Kohlendioxids in der wiederverwendeten Atemluft von Patient*innen während einer Vollnarkose geschieht durch Atemkalksysteme, die das CO₂ binden. In älteren Systemen kann es bei der Verwendung von Sevofluran in Kombination mit einem niedrigem FGF jedoch zur Ansammlung von Compound-A, einem nierentoxischen Stoff, kommen. In neueren Atemkalk-Systemen, die Kalziumchlorid (statt wie früher Barium- oder Kaliumhydroxid) enthalten, ist das jedoch auch bei niedrigen Flussraten nicht zu erwarten. (Hönemann, 2019, S. 31f)

Epstein et al. (2016) führten in einem amerikanischen Krankenhaus eine Untersuchung mittels 20.235 erfolgten Anästhesien durch, die belegte, dass durch eine Umstellung auf neuere und sicherere Atemkalk-Systeme mit Informationskampagnen der FGF um 435 ml/min reduziert werden konnte. Dadurch sank der Verbrauch von volatilen Anästhetika um 0,039 ml/min. (Epstein et al., 2016)

Zhong et al. (2020) untersuchten, wie der FGF sich auf die Wechselintervalle des Atemkalks auswirkt. Durch eine Erhöhung des FGF auf 6 l/min konnten laut den Autoren die Kosten für den Atemkalk um 93 % reduziert werden, allerdings nur unter Abwesenheit von volatilen Anästhetika. Die Erhöhung des FGF verursachte in diesem Fall nur eine Steigerung um 0,01 GWP₁₀₀. Der komplette Verzicht auf den Atemkalk und die Erhöhung des FGF auf eine Menge, die das gesamte CO₂ aus dem Beatmungssystem wäscht (mind. 15 l/min), würde

die Kosten noch mehr senken, bringt allerdings eine Verdopplung der ökologischen Auswirkungen. Die Autoren empfahlen daher den FGF bei TIVAs zu erhöhen. (Zhong et al., 2020)

Auch Kampman & Sperna Weiland (2023) bewiesen ökologische Einsparungen durch die Erhöhung des FGF bei TIVAs und die Senkung des FGF bei Verwendung von Narkosegasen. Die Autoren zeigen außerdem, dass neue Systeme zum Auffangen von Narkosegasen derzeit noch die Kosten erhöhen, ohne eine adäquate Senkung der Auswirkungen auf die CO_{2e}-Emissionen zu bewirken. (Kampman & Sperna Weiland, 2023)

4.1.3 Einweg vs. Mehrweg

Hii et al. (2020) führten von September 2019 bis Januar 2020 eine Umfrage in 13 Krankenhäuser in Australien zum Thema Einweg- und Mehrwegprodukte in der Anästhesie durch. Der Fokus lag dabei auf Medizinprodukten für das Airwaymanagement. 21,7 % der Krankenhäuser verwendeten Einweg-Laryngoskop-Spatel, 8,7 % verwendeten Einweg-Laryngoskop-Handgriffe und 87 % verwendeten ausschließlich Einweg-Larynxmasken. Die Beatmungsmasken waren bei allen Krankenhäusern Einwegprodukte. Die Teilnehmer*innen gaben an, dass vor allem Kosten, Bequemlichkeit und das Risiko für Kreuzinfektionen für die Einwegprodukte sprechen. Die Autoren stellten eine große Abhängigkeit von Einwegprodukten fest. Fehlende Lieferungen in der COVID-19-Pandemie haben dazu gezwungen, sich mit der Optimierung der Verwendung von Produkten zu befassen. Der Einsatz von Mehrwegprodukten könnte dazu beitragen, dass die Auswirkungen von Lieferengpässen geringer werden. (Hii et al., 2020)

Hu et al. (2022) befragten 12 Krankenhäuser in UK zum Thema Einwegartikel. Dabei kam auf, dass beispielsweise die Schutzausrüstung um 300 % (Masken) bzw. 70 % (Kittel/Schürzen) gestiegen ist. Auch hier wurde offensichtlich, dass die Betroffenen vor allem die Bequemlichkeit und die höher eingeschätzte Sicherheit der Einwegprodukte als Entscheidungsgrundlage verwendeten, was durch die COVID-19-Pandemie noch verstärkt wurde. Außerdem konnten die Autoren eine sinkende Motivation zur Reduktion von Einweg-Plastik feststellen, die sie auf eine Art von Gewissens-Beruhigung durch institutionelle Klimaschutz-Maßnahmen zurückführten. (Hu et al., 2022)

In einer Beobachtungsstudie, die Baerg et al. (2021) in einem amerikanischen Krankenhaus durchführten, wurde gezeigt, dass Einweg-Medizinprodukte auch unbenutzt entsorgt werden. 34 % der Einweg-Spatel wurden unbenutzt entsorgt, was einem finanziellen Verlust von 29.267 \$ entspricht. Vor allem die Tatsache, dass viele Produkte bereits geöffnet wurden, noch bevor die Patient*innen überhaupt im Operationssaal waren, trug laut den Autoren dazu bei. Hier identifizieren die Autoren ein großes Einsparpotenzial durch Aufklärung und Änderungen in der Organisation der Vorbereitung. (Baerg et al., 2021)

Vergleich der CO_{2e}-Emissionen

Sherman et al. (2018) verglichen mithilfe von Life Cycle Analysen und Life Cycle Kostenanalysen Einweg- und Mehrwegprodukte des Airwaymanagements. Die Ergebnisse machten anschaulich, dass Einweg-Plastik-Laryngoskop-Handgriffe 18-mal so hohe CO_{2e}-Emissionen produzierten wie jene Mehrweg-Laryngoskop-Handgriffe aus Stahl. Auch die Einweg-Plastik-Laryngoskop-Spatel produzierten sechsmal so viel CO_{2e} wie die Mehrweg-Alternativen aus Stahl. Grundsätzlich wurde erforscht, dass Einwegprodukte aus Metall um ein Vielfaches umweltschädlicher sind als alle anderen Alternativen. (Sherman et al., 2018)

Auch bei Blutdruckmanschetten konnten Sanchez et al. (2020) in einer Life Cycle Analyse aufweisen, dass die Mehrwegvariante um das bis zu 40-fache umweltfreundlicher ist als das Einwegprodukt. Dabei entstehen die Emissionen bei den Einwegmanschetten hauptsächlich in der Produktion und bei den Mehrwegmanschetten in der Reinigung mit Desinfektionstüchern. Selbst in einem Szenario, in dem Mehrwegmanschetten täglich mehrmals gereinigt werden und Einwegmanschetten niemals, sind laut den Autoren aus ökologischer Sicht immer die Mehrwegmanschetten zu bevorzugen. (Sanchez et al., 2020)

Sørensen & Grüttner (2018) verglichen mithilfe von Life Cycle Assessments Einweg- und Mehrweg-Bronchoskope und belegten, dass bei einem Eins-zu-Eins-Vergleich die Mehrwegvarianten einen höheren CO_{2e}-Ausstoß produzierten als Einweg-Bronchoskope. Hier wurde angenommen, dass für die Reinigung und Wiederaufbereitung alle nötigen Utensilien nur für dieses Medizinprodukt verwendet werden und so war, sowohl was CO_{2e}-Emissionen, als auch Energie- und Wasserverbrauch anbelangt, die Wiederaufbereitung ausschlaggebend. In einer kumulierten Aufbereitung, ob mit anderen Bronchoskopen (ab 6 Stück) oder sonstigen Mehrwegartikeln, gleicht sich die CO_{2e}-Produktion aber an. (Sørensen & Grüttner, 2018)

In einer anderen Studie von Sørensen et al. (2022) wurde untersucht, ob die Verwendung von Doppellumentuben mit Kamera, die eine direkte Lagekontrolle erlaubt, der traditionellen Methode ökologisch überlegen ist, in der die Lagekontrolle mittels Bronchoskop vorgenommen wird. Hier zeigten die Autoren, dass die Variante mit Kamera am Tubus 1,25 kg CO_{2e} und die geteilte Variante mit Bronchoskop 2,1 kg CO_{2e} produziert. Durch Recycling der Komponenten können außerdem noch bis zu 0,6 kg CO_{2e} eingespart werden. (Sørensen et al., 2022)

Es ist zu beachten, dass die beiden Studien von Sørensen et al. (2018, 2022) von einem Hersteller von Einweg-Bronchoskopen finanziert wurde und die Autoren keine genauen Angaben über die Einflussnahme gemacht haben. Eine weitere Studie, die Einweg- und Mehrweg-Bronchoskope auf ihren ökologischen Fußabdruck hin untersucht, wurde erst nach Fertigstellung dieser Arbeit veröffentlicht.

Exkurs: Aufbereitung von Medizinprodukten

Die Wiederaufbereitung von Medizinprodukten mittels Sterilisatoren benötigt Energie und Wasser und diese Ressourcen müssen in die Berechnung der CO_{2e}-Produktion im Lebenszyklus miteingerechnet werden. McGain et al. (2017b) untersuchten deshalb die Mengen an Strom und Wasser, die pro Kilogramm Ladung verbraucht werden. Das Ergebnis waren 1,9 kWh Strom und 58 l Wasser pro Kilogramm Ladung, wobei 40 % der Energie und 20 % des Wassers im Standby-Betrieb der Sterilisatoren verbraucht werden. Außerdem wurde die Kapazität der Geräte oft nicht ausgeschöpft, was den Ressourcenverbrauch zusätzlich erhöhte. (McGain et al., 2017b)

Friedericy et al. (2022) betrachteten auch die Art der Verpackung als für die Lebenszyklusrechnung relevant. Durch die Verwendung von Metallcontainern, in denen die Medizinprodukte aufbereitet und anschließend gelagert werden, verringert sich die CO_{2e}-Produktion im Sterilisationsprozess um 85 %. In der Studie führten die Autoren auch andere Kennzahlen für die Nachhaltigkeit von Produkten an: Die Container bringen außerdem eine ReCiPe-Punktereduktion um 52 % und um 84,5 % weniger Eco-Costs. Diese Ergebnisse entstehen bereits ab 67-228 von 5.000 möglichen Wiederaufbereitungszyklen. (Friedericy et al., 2022)

Vergleich der Kosten

In der Life-Cycle-Kostenanalyse von Sherman et al. (2018) zeigte sich, dass Einweg-Handgriffe um 604.000 \$ mehr kosteten als Mehrweg-Produkte und Einweg-Spatel um 265.000 \$ teurer waren als die Mehrweg-Alternativen. Die Autoren belegten, dass Mehrwegprodukte bereits ab fünf bis sieben Wiederaufbereitungszyklen wirtschaftlicher sind als Einwegprodukte. (Sherman et al., 2018)

Bei den Blutdruckmanschetten waren die Mehrwegprodukte nur dann teurer als Einwegmanschetten, wenn sie entweder nach drei Tagen entsorgt wurden anstatt der vom Hersteller empfohlenen drei Jahre, oder wenn sie nach jeder/m Patient*in mit einem Desinfektionstuch gereinigt wurden. (Sanchez et al., 2020)

Das Ergebnis einer Kostenanalyse in einer amerikanischen Universitätsklinik, durchgeführt von Simmons et al. (2023), war, dass Einwegspatel kostengünstiger waren als Mehrwegprodukte. Das Einsparpotenzial belief sich dabei auf 117.000 \$ bis 210.000 \$ in fünf Jahren. (Simmons et al., 2023)

McCahon & Whynes (2015) führten einen Kostenvergleich von Einweg- und Mehrweg-Bronchoskopen in einem Krankenhaus in UK durch. Sie zeigten, dass die Anwendung von Mehrweg-Bronchoskopen pro Anwendung 329 Pfund kostete, wobei die Summe mehrheitlich aus Abschreibungs- (42 %) und Reparaturkosten (43 %) bestand. Die Verwendung von Einweg-Bronchoskopen belief sich auf 200 Pfund. Die Autoren berechneten, dass bei weniger als 200 Intubationen pro Jahr die Einweg-Bronchoskope kostengünstiger sind als die

Mehrweg-Alternativen. Als Nebenergebnis wurde erkannt, dass bei mehr als der Hälfte der Aufbereitungsvorgänge von Bronchoskopen die Geräte unbenutzt waren und sie im Zuge der Vorbereitung als Backup unsteril gemacht wurden, was die Kosten für die Wiederaufbereitung erhöhte. (McCahon & Whynes, 2015)

Vergleich der Handhabung und Sicherheit

Bevor eine Umstellung von Produkten oder Methoden aufgrund von Nachhaltigkeitsaspekten geschehen kann, muss die Sicherheit der Alternativprodukte gewährleistet sein. Buleon et al. (2013) führten dazu ein RCT in einem Universitätsklinikum in Frankreich durch, bei dem bei 1.863 Narkoseeinleitungen die Intubation mit Einweg-Metall-Laryngoskopspatel, Einweg-Plastik-Laryngoskopspatel oder Mehrweg-Metall-Laryngoskopspatel verwendet wurden. Das Ergebnis war, dass Plastik-Spatel eine signifikant höhere Fehlerrate aufzeigten (8,1 %) als Metall-Spatel (4,9 %), wobei die Anwender*innen auch subjektiv größere Schwierigkeiten hatten. Bei den Metall-Spateln konnte zwischen Einweg- und Mehrweg kein Unterschied festgestellt werden. (Buléon et al., 2013)

Moritz et al. (2017) erforschten in einem RCT mit 30 Anästhesist*innen an einer Universitätsklinik in Deutschland die Unterschiede von Einweg- und Mehrweg-Laryngoskopspateln. Dabei konnten die Autoren eine signifikant längere Intubationszeit bei Einweg-Plastik-Spateln aufzeigen. Die Fehlerrate lag allerdings mit beiden Varianten bei Null. Bei Patient*innen mit einem schwierigen Atemweg konnten die Proband*innen mit dem Mehrweg-Metall-Spatel am schnellsten intubieren. (Moritz et al., 2017)

Das Ergebnis einer Fall-Kontroll-Studie, die Simmons et al. (2023) durchführten, war, dass im Setting außerhalb des Operationssaals Einweg-Spatel eine Verringerung der Fehlerinzidenz von mehr als 20 auf Null bewirkten. Die Autoren bezeichneten die Ergebnisse als überraschend, da die vorher verwendeten Mehrweg-Laryngoskope ursprünglich als besser angesehen waren. (Simmons et al., 2023)

Umstellung von Einweg- auf Mehrwegprodukte

Die Berechnung der Folgen eines Umstiegs von Einweg- auf Mehrwegprodukte ist komplex und multifaktoriell. McGain et al. (2017a) konnten mithilfe von Life Cycle Assessments für Anästhesieprodukte (Beatmungsschläuche, Beatmungsmasken, Larynxmasken und Laryngoskop-Handgriffe und -Spatel) in drei australischen Kliniken belegen, dass der Umstieg von Einweg- auf Mehrwegprodukte 46 % der Kosten einsparen würde. Aufgrund der auf Kohlekraftwerke basierenden Energieversorgung in Australien würde der höhere Strombedarf durch die Wiederaufbereitung der Mehrwegprodukte jedoch zehn Prozent mehr CO_{2e} produzieren als die Verwendung von Einwegprodukten. Außerdem wäre der Wasserverbrauch um 160 % gesteigert. Die Autoren berechneten das Szenario auch für die USA und

Europa und kamen zu dem Ergebnis, dass durch den höheren Anteil an erneuerbaren Energien die CO_{2e}-Emissionen durch den Umstieg von Einweg auf Mehrweg in Europa um 84 % und in den USA um 48 % gesenkt werden könnten. (McGain et al., 2017a)

Unger & Landis (2016) führten eine ähnliche Analyse in einem amerikanischen Krankenhaus durch, wobei die untersuchten Produkte mehrheitlich chirurgisch waren. Die Autoren zeigten mithilfe von LCAs, dass sowohl Kosten, als auch CO_{2e}-Emissionen bei einem Umstieg auf Mehrweg-Produkte geringfügig sinken würden. In dieser Studie lag der Fokus auf im Lebenszyklus der Produkte entstehende Toxine und kanzerogene Stoffe, die die menschliche Gesundheit beeinflussen. Sowohl Kosten als auch CO_{2e}-Emissionen und Einfluss auf die Gesundheit sind im Wiederaufbereitungsprozess am größten. Durch eine Betrachtung aller Aspekte im Lebenszyklus und eine effiziente Wiederaufbereitung bietet die Verwendung von Mehrwegprodukten den Krankenhausbetreibern sowohl finanzielle als auch ökologische und gesundheitliche Vorteile gegenüber den Einwegprodukten. (Unger & Landis, 2016)

Alternativen

Meister et al. (2023) erforschten die Auswirkungen einer Wiederverwertung von Einwegprodukten. Sie analysierten dazu einen Elektrophysiologie-Katheter für die Anwendung in Operationen mittels Life Cycle Assessment und kamen zu dem Ergebnis, dass es durch die Re-Manufakturierung durch die Hersteller zu einer Reduktion der CO_{2e}-Emission um 57 % im Lebenszyklus des Katheters kommt. In Bereichen, wo es die Sicherheit und Funktionsfähigkeit der Produkte verlangt, kann so durch eine kontrollierte Wiederaufbereitung der Einfluss auf die Umwelt verringert werden. (Meister et al., 2023)

Unger et al. (2017) untersuchten mittels LCA in einem Krankenhaus in den USA, ob Einwegprodukte einen geringeren ökologischen Einfluss haben, wenn Biopolymere anstatt erdöl-basierter Kunststoffe für die Materialien verwendet werden. Es konnte bewiesen werden, dass die Entstehung von gesundheitsschädlichen Stoffen während der Produktion und der Entsorgung je nach Art des Stoffes um 2 bis 84 % gesenkt werden konnte. Die Umstellung hatte jedoch zur Folge, dass um bis zu 900 % mehr Umweltverschmutzung durch die Herstellung der Biopolymere produziert wurde. (Unger et al., 2017)

Edenharter et al. (2017) entwickelten ein mathematisches Modell zur Berechnung des optimalen Einsatzes von Einweg- und Mehrwegprodukten. Konkret erforschten sie die Aufteilung von Einweg- und Mehrweg-Bronchoskopen. Ihr Berechnungsmodell ermittelt nach Eingabe von Daten zu den Kosten und der Wiederaufbereitung das optimale Verhältnis von Einweg- und Mehrwegbronchoskopen für eine Einrichtung. (Edenharter et al., 2017)

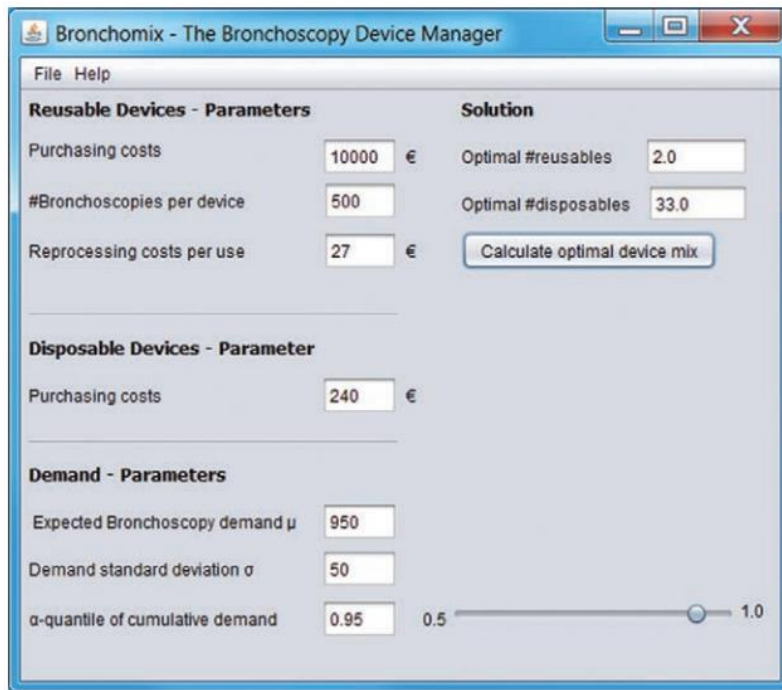


Abbildung 7: Bronchomix (Edenharter et al., 2017, S. 1964)

4.1.4 Abfallmanagement

Krankenhäuser in Deutschland produzieren durchschnittlich 400 g Plastikabfälle pro Patient und Tag und sind somit der fünftgrößte Abfallproduzent im Land (Heeser, 2022, S. 44). Je nach Abfallart (Hausabfälle, Infektionsabfälle, Verpackungen, etc.) müssen andere Maßnahmen bei der Entsorgung ergriffen werden (Verbrennung, Recycling, Wiederaufbereitung, etc.) (Rizan, 2023, S. 155). Um den Betrieb eines Krankenhauses nachhaltiger gestalten zu können, sollte auch der Umgang mit Ressourcen und Abfällen in einem Abfallmanagement eingebettet sein, das sich mit der eventuellen Vermeidung, zumindest aber mit der Verringerung und der ökonomischen und ökologischen Bewertung der Abfallmengen befasst (Kriegel, 2021, S. 18f).

Arten von Abfall

Rizan (2023) erforschte mittels LCA die verschiedenen Arten von Abfall im Krankenhaus und die ökologischen Folgen ihrer Entsorgung bzw. Wiederaufbereitung (Tabelle 9). Dabei zeigte sich, dass die Wiederaufbereitung von Bettwäsche oder chirurgischen Instrumenten 21 kg CO_{2e} pro Tonne, die Verbrennung von Hausmüll, gemischtem Abfall und nicht-infektiösem, „schmutzigem“ Abfall, mit geringen Temperaturen (850 bis 1.000 °C) 172-249 kg CO_{2e} pro Tonne und das Verbrennen von gefährlichem Abfall mit hohen Temperaturen (≥ 1.100 °C) 1.074 kg CO_{2e} pro Tonne produzierte. Durch eine vor der Entsorgung durchgeführte Dekontamination von gefährlichem und infektiösem Abfall konnte eine Reduktion um 47 % auf 569 kg CO_{2e} pro Tonne erreicht werden. In Anbetracht der Tatsache, dass bei

der Abfallverbrennung im schlimmsten Fall mehr Gewicht an CO_{2e} entsteht als das Gewicht des entsorgten Abfalls, betont die Autorin die Wichtigkeit der genauen Trennung von Abfallarten, um CO_{2e}-Emissionen einzusparen. (Rizan, 2023)

In Dänemark erforschten Ramos et al. (2023) die Mengen und Arten von Plastik, die in Operationssälen verwendet werden. Es wurde pro Operation durchschnittlich 15,57 kg Plastikabfall produziert. Pro Tag waren das 1.151,63 kg, was laut den Autoren 3.455 kg CO₂ entspricht. (Ramos et al., 2023)

Abfallart		Vorgesehen für	Beispiele	kg CO _{2e} /t
Ungefährliche Abfälle	Trockener, gemischter Abfall (recyclingfähig)	Abhängig von Vorgaben der Recyclingfirmen	Sterile Verpackungen, Plastikflaschen, Papier, Karton	172
	Haushaltsabfall	Restabfall, der auch im privaten Haushalt anfällt	Essen, Getränke, Einmalhandtücher	172
	Nicht-infektiöser „schmutziger“ Abfall	Produkte, die schmutzig oder unangenehm sein können (z. B.: mit Körperflüssigkeiten kontaminiert)	Inkontinenzeinlagen, Handschuhe, leere Flüssigkeitsbeutel	249
	Infektiöser Abfall	Produkte, die mit Patient*innen in Kontakt waren, die möglicherweise an übertragbaren Krankheiten leiden	Operationstextilien, Handschuhe, Verbände, Masken	569 (Sterilisation)
Gefährliche Abfälle	Klinischer Abfall	Infektiöser Abfall, der mit chemischen oder pharmazeutischen Produkten kontaminiert ist	Infusionsbeutel oder -lines, benutzte Spritzen ohne Kanüle	1.074

	Kontaminierte Klingen	Scharfe Gegenstände, die kontaminiert sind	Nadeln, Skalpellklingen, Kanülen
	Anatomischer Abfall	Körperteile, auch infektiöse Körperteile	Gewebeproben, Plazenta, amputierte Körperteile
	Medikamente	Unverbrauchte Medikamente	Tabletten, Salben, Flüssigkeiten

Tabelle 9: Abfallarten (eigene Darstellung, 2023, nach Rizan, 2023, S. 142)

Entstehung von Abfall

Bei der Implantation von Hüftprothesen in UK entstehen durchschnittlich 10,9 kg Müll pro Operation, was von Pegg et al. (2022) mittels Abfallanalyse festgestellt wurde. Davon sind 84,4 % klinischer Abfall, der als Restmüll entsorgt wurde, 12,8 % recyclingfähiger Abfall und 2,8 % anatomischer Abfall. Unterschiede im Umgang mit dem Abfall seitens des Personals führten dazu, dass bei einzelnen Operationen bis zu 1 kg mehr recyclingfähiger Abfall produziert wurde als bei anderen. (Pegg et al., 2022)

Verbunden mit den Ergebnissen von Rizan (2023) und hochgerechnet auf die mittlere Abfallmenge (9,2 bis 13,8 kg) bei allen Operationen (10 Millionen pro Jahr) in UK würde eine solche Verhaltensänderung des Personals, wie bei Pegg et al. (2022) beschrieben, etwa 9.000 Tonnen CO_{2e} pro Jahr in UK einsparen.

Baerg et al. (2021) berechneten, dass die Tatsache, dass 34 % der Einweg-Laryngoskop-Spatel unbenutzt entsorgt werden, einer US-amerikanischen Universitätsklinik jährlich 29.267 \$ kostet. Die Gründe dafür sehen die Autoren in der prophylaktischen Öffnung von solchen Produkten und die Vorbereitung, wenn die Patient*innen noch gar nicht im OP anwesend sind. (Baerg et al., 2021)

Recycling

Aus einer Beobachtungsstudie von Ramos et al. (2023) in zwei Krankenhäusern in Dänemark zum Thema Nutzung und Recycling von Plastik in Operationssälen ging folgende Aussage hervor: Überlegungen zu Entsorgung und Recycling von Produkten müssen schon in der Design-Phase der Herstellung miteinbezogen werden. Aufgrund der Beschaffenheit von Plastikprodukten ist ein Recycling sonst oft nicht möglich. Die Autoren geben daher die Empfehlung ab, dass die Abfallsorten neu überdacht werden sollten und alle Lebenszyklen eines Produktes bei der Produktion in die Überlegungen miteinbezogen werden sollten. (Ramos et al., 2023)

Ali et al. (2016) untersuchten das Abfallmanagement eines der größten Krankenhäuser in Pakistan. Hier wurden 1.527,41 kg Abfall am Tag produziert, wovon die Textilien mit 545,1 kg den größten Teil ausmachten. Die Autoren zeigten, dass die Entsorgung, abhängig vom Szenario, das angewendet wurde, zwischen 1.062,59 kg CO_{2e} und 1.374,86 kg CO_{2e} direkte Emissionen produzierte. Die Nettoemissionen unterschieden sich je nach Art der Entsorgung. Durch die Verbrennung des gesamten Abfalls in Szenario B konnte mehr Energie rückgewonnen und das sehr umweltschädliche Deponieren vermieden werden und so trotz der höheren direkten Emissionen die Nettoemissionen gesenkt werden. In Szenario C wurden der niedrigste Wert an direkten Emissionen generiert und durch die Kompostierung und Materialrückgewinnung durch Recycling konnten die Nettoemissionen drastisch gesenkt werden und betragen nur mehr 35,98 kg CO_{2e} (Tabelle 10). Die Autoren konnten somit zeigen, dass Kompostierung und Recycling der Verbrennung und vor allem Deponierung von Abfall in Bezug auf die CO_{2e}-Emissionen überlegen ist. (Ali et al., 2016)

Szenario	direkte Emissionen	Nettoemissionen
A Med. Abfall: Verbrennung Rest: Deponierung	1.134,00 kg CO _{2e}	737,51 kg CO _{2e}
B Verbrennung des gesamten Abfalls	1.374,86 kg CO _{2e}	688,46 kg CO _{2e}
C Kompostierung, Verbrennung, Recycling (je nach Möglichkeit)	1.062,59 kg CO _{2e}	35,98 kg CO _{2e}

Tabelle 10: CO_{2e}-Emissionen nach Entsorgungsart (eigene Darstellung, 2023 nach Ali et al., 2016, S. 1015f)

Van Straten et al. (2021) sammelten in ihrer Studie alle ausgeschiedenen Mehrweg-Metall-Instrumente und Einweg-Metall-Instrumente von drei holländischen Krankenhäusern in einem Zeitraum von sechs Monaten. Von den 1.380 kg gesammelter Instrumente wurden 237 kg (17 %) nach einer Aufbereitung wieder verwendet, was einer Ersparnis von 38.868 € entspricht. Aus den restlichen 1.143 kg wurden teilweise kostendeckend Instrumentenkörbe hergestellt und wiederum 316 € gespart. Somit konnten in sechs Monaten insgesamt 39.184 € an Kosten gespart werden. (van Straten et al., 2021)

Die Energierückgewinnung bei der Verbrennung von Abfall konnte laut Untersuchungen die potenziellen Auswirkungen um 42 % (Zhao et al., 2009, zit. aus Rizan, 2023, S. 155) bis 50 % (Rizan, 2023, S. 155) senken.

4.1.5 Umsetzung von Green Anaesthesia

Chambrin et al. (2023) erforschten in einer retrospektiven Kohortenstudie die Auswirkungen der Implementierung einer Nachhaltigkeitsgruppe auf die Verwendung von volatilen Anästhetika in vier Krankenhäusern in Frankreich. Zusätzlich dazu wurde eine Informationskampagne zum Thema Nachhaltigkeit für die Mitarbeiter*innen der Anästhesie gestartet. Als Ergebnis davon reduzierte sich die Verwendung von Desfluran und Lachgas signifikant und der Verbrauch von Propofol und Sevofluran stieg ebenfalls signifikant an. Durch diese Veränderungen konnten 3.800 t CO_{2e} und 200.000 € pro Jahr gespart werden. (Chambrin et al., 2023)

Wormer et al. (2013) implementierten ein ähnliches Team, das „Green Operating Room Committee“ (GORC) in einem Krankenhaus in den USA. Dieses war allerdings nicht nur für die Anästhesie, sondern den gesamten OP zuständig. Durch gezielte Informationen und Angebote zum Thema Recycling, Energie- und Wassersparen konnten 5,4 t Müll, 2,7 Mio. l Wasser, 75 % Sondermüll, 225 kg Batterien und 100 % Schaumstoff eingespart werden. Das entsprach einer Reduktion der CO_{2e}-Emissionen um 234,3 t und einer Ersparnis von 158.000 \$. (Wormer et al., 2013)

Auch Rouvière et al. (2022) konnten in einer prospektiven Pilotstudie in einer Universitätsklinik in Frankreich mittels ökologischer Analyse und LCA 13 Maßnahmen erarbeiten, die CO_{2e} reduzieren sollten. Das Ergebnis war, dass 203 t CO_{2e} eingespart werden könnten. Außerdem 707 t Dichlorbenzol, 9 t Erdöl, 610 kg Kupfer, 552 m³ Wasser und 1.071 m² Land. Durch eine solche Umstellung würde das Krankenhaus im ersten Jahr 3.747 € und in den Folgejahren 5.188 € Gewinn machen. Diese Informationen sollten dazu genutzt werden, anderen Krankenhäusern das Potenzial derartiger Maßnahmen vorzulegen. (Rouvière et al., 2022)

Fehlendes Wissen um den ökologischen Einfluss der verwendeten Medikamente und Medizinprodukte hindert Mitarbeiter*innen in der Praxis daran, ökologisch zu handeln. Daneben gibt es aber auch noch andere Barrieren für die Umsetzung solcher Maßnahmen. Baumann et al. (2022) führten unter 104 Anästhesist*innen einer deutschen Universitätsklinik eine Umfrage zum Thema Wissen über Nachhaltigkeit in der Anästhesie und Barrieren durch. Es zeigte sich, dass 100 % der Teilnehmer*innen Umweltschutz und Nachhaltigkeit als aktuelles Kernthema einstufen. 94,2 % der Teilnehmer fühlten sich von der Klimakrise bedroht. Trotzdem gaben mehr als 60 % an, unvorbereitet auf die Herausforderungen und zeitlich nicht in der Lage zu sein, Umweltaspekte in ihre Arbeit miteinzubeziehen. Fehlende Weiterbildung zum Thema und mangelnde Wertesituation in der Einrichtung waren Barrieren für die Teilnehmer*innen. Das Wissen zu Initiativen und zum ökologischen Fußabdruck der verwendeten Medikamente und Medizinprodukte war gering. (Baumann et al., 2022)

Petre et al. (2019) befragten 426 Mitglieder der kanadischen Gesellschaft für Anästhesie. Die Umfrage ergab, dass 97,5 % der Teilnehmer*innen zwar gerne recyceln würden, aber nur 30,3 % tun dies auch tatsächlich. Als Gründe dafür gaben die Forscher die geringe Unterstützung seitens der Institutionen und der Führungskräfte (63,5 %), und fehlerhafte oder fehlende Information (62,8 %) an. Nur 31,4 % der Teilnehmer*innen bestätigten, dass es bereits Nachhaltigkeitsprogramme in ihrer Einrichtung gab, 69,1 % wünschten sich solche. 49,5 % der Befragten spendeten etwa unbenutzte Produkte und Medikamente an Wohltätigkeitsorganisationen und 46,3 % schalteten die Narkosemaschinen am Abend aus. (Petre et al., 2019)

In der Studie von Shah et al. (2023) beschrieben die Autoren eine Umfrage, die in 5 Universitätskliniken in den USA unter 368 Anästhesist*innen und Anästhesiepflegepersonen durchgeführt wurde. Die Ergebnisse daraus waren: 48 % der Teilnehmer*innen verwendeten Desfluran mit einem FGF von mindestens 1 l/min und 59 % verwendeten Sevofluran mit mindestens 1 l/min FGF. 89 % wussten über die umweltschädliche Wirkung von Desfluran Bescheid. 76 % der Befragten waren sich unsicher über den Atemkalk, der in ihrer Einrichtung verwendet wird und ob damit Low-Flow- und Minimal-Flow-Anästhesien zugelassen sind. Die Autoren empfehlen aufgrund dieser Wissenslücken Schulungsmaßnahmen, um die Mitarbeiter*innen über die Möglichkeiten eines nachhaltigerem Umgang mit volatilen Anästhetika zu informieren. (Shah et al., 2023)

In einer Umfrage von Tordjman et al. (2022) gaben 65 % der befragten Anästhesist*innen und Nurse Anaesthesiologists an, auf Desfluran und Lachgas zu verzichten. In der in ganz Frankreich durchgeführten Befragung bestätigten 69 % der 1.092 Teilnehmer*innen, dass in ihrer Institution Mülltrennung gängige Praxis ist, was auch 90 % davon befolgen. 39 % der Befragten wurden zum Thema Nachhaltigkeit geschult, 73 % wünschen sich mehr Fortbildungen. Als Barrieren wurden fehlendes Training (70 %), fehlendes Budget (60 %) und fehlender administrativer Support (60 %) genannt. (Tordjman et al., 2022)

Zaw et al. (2023) führten in ihrer qualitativen Arbeit 23 halbstandardisierte Interviews mit Anästhesist*innen aus Kanada durch. Die Wahl von Sevofluran als volatiles Anästhetikum und die Wiederverwendung von Spritzen wurden am häufigsten als nachhaltige Maßnahmen genannt. Einige Teilnehmer*innen gaben an, dass fehlendes Wissen und fehlendes Feedback über den Erfolg der Maßnahmen Barrieren darstellten. Physische Hindernisse waren unpassende Entsorgungsanlagen [*“after I collect it, I don’t know where to put it anyway so it’s just going to end up in the dustbin at some point”* (Zaw et al., 2023, S. 5)] und ausreichend Nachschub an Produkten. Einige Teilnehmer*innen bevorzugten einen Top-Down-Ansatz bei der Implementierung von Maßnahmen, andere wiederum wünschten sich Anreize seitens der Institutionen. Vor allem Gewohnheiten und eine zu hohe psychische Belastung während der Arbeit wurden als physische Barrieren genannt. Als förderlich

für die Durchführung nachhaltiger Praktiken wurden ein allgemeines Bewusstsein für Umweltthemen und eine Kostenersparnis aufgezeigt. (Zaw et al., 2023)

In einer Umfrage unter 26 Führungspersonen der Anästhesie-Departments an kanadischen Universitäten und 7 Ausbildungsleitungen von Anästhesiefortbildungen, durchgeführt von Petre et al. (2020), gaben 65 % an, dass sich ihre Abteilungen an Spendenprogrammen von Medizinprodukten beteiligen und 58 % bestätigten, dass Abfall recycelt wird. Als Barrieren für nachhaltige Arbeitsweisen wurden ein zu geringes Budget (72 %), kein derartiger Auftrag (64 %) und fehlendes Wissen zum Thema (60 %) genannt. Nur 29 % der Institutionen behandelten nachhaltige Themen in ihrer Ausbildung, während 86 % der Meinung waren, dass Auszubildende davon profitieren würden. Alle Teilnehmer*innen gaben jedoch an, dass dafür die Expertise fehlt und 71 %, dass zu wenig Zeit vorhanden ist. Ebenfalls 71 % der Befragten führten an, dass sie Interesse an einer Aufnahme des Themas in ihr Curriculum haben. (Petre et al., 2020)

Ard et al. (2016) führten unter allen Mitgliedern der Amerikanischen Gesellschaft für Anästhesiologie ebenfalls eine Umfrage zu nachhaltigen Arbeitsweisen durch. Von den 2.189 Anästhesist*innen, die an der Studie teilnahmen, waren 80 % an Recyclingmaßnahmen interessiert, wobei es nur bei 27 % gängige Praxis war. 67 % gaben an, dass ihnen Informationen zum Thema Recycling fehlten. Bereits durchgeführte Maßnahmen waren die Bevorzugung von Mehrwegprodukten (48,4 %), die Verwendung von vorgefüllten Spritzen (56,6 %) und das Spenden von Medizinprodukten an Wohltätigkeitsorganisationen (65,1 %). Fragen zu Nachhaltigkeitsprogrammen in den Institutionen wurden vielfach mit „Ich weiß es nicht“ beantwortet. 18 % hatten ein „Green-Team“ und 12,6 % hatten den Auftrag der Krankenhausführung, nachhaltige Programme zu bewerben. (Ard et al., 2016)

4.1.6 Maßnahmen

Auf dem Weg in eine „Green Anaesthesia“ und zu nachhaltigeren Arbeitsweisen, die weniger Treibhausgase produziert, weniger Wasser, Energie und generell weniger Ressourcen verschwendet, und die eingesetzten Produkte möglichst effizient einsetzt, werden in der Literatur Maßnahmen dargestellt, die umgesetzt werden können. Ob eingeteilt in „Before-During-After“-Tabellen (Herr et al., 2022, S. 2) oder in die sogenannten „R“s in verschiedensten Kombinationen (reduce, reuse, recycle, refuse, rethink/reevaluate, redesign, research, repurpose) (Asfaw et al., 2021; Beloeil & Albaladejo, 2021; Bette et al., 2022; Elabed et al., 2019; McGain et al., 2019; Petre & Malherbe, 2020; Pradere et al., 2022; Schuster et al., 2020; Sherman et al., 2020; Skowno & Weatherall, 2021), kann die Implementierung solcher Regeln den ökologischen Fußabdruck des OPs reduzieren (Beloeil & Albaladejo, 2021, S. 89). Sherman et al. (2021) empfehlen in diesem Zusammenhang auch, Untersuchungen, Therapien und Interventionen zielgerichtet und bedarfsorientiert zu

planen, um unnötige Gesundheitsleistungen durchzuführen. Das verlangt auch eine Koordination unter den Gesundheitsdienstleister*innen und ihre Bereitschaft, das Gesundheitswesen nachhaltiger werden zu lassen (Sherman et al., 2021, S. 1).

Im Folgenden werden Maßnahmen zur Reduktion des ökologischen Fußabdrucks aus den Ergebnissen der Literaturrecherche aufgelistet. Es wurden dabei im Unterschied zu den Kapiteln 4.1 bis 4.1.3 auch (systematic) Reviews und Whitepapers verwendet.

Allgemein Gesundheitswesen

Mitarbeiter*innen einbinden (Befragung, Ideenwettbewerb) (Duindam, 2022; Trampitsch, 2022)

Green Team/Eco Team (Duindam, 2022; Trampitsch, 2022)

Prävention von Krankheit (Sherman et al., 2021)

Vermeidung unnötiger Untersuchungen/Interventionen (Salas et al., 2020; Sherman et al., 2021)

Information von Akteuren im Gesundheitswesen (Duindam, 2022; Elabed et al., 2019; Petre & Malherbe, 2020; Salas et al., 2020; Wormer et al., 2013)

Forschung vorantreiben/in Ausbildung einbetten (Bette et al., 2022; Pickles & Haddock, 2022; Roa et al., 2020)

Weg von fossilen Brennstoffen (Roa et al., 2020)

Veröffentlichung und Feiern von nachhaltigen Erfolgen (Duindam, 2022)

Nationale/überregionale Informationssammlung zum Thema (Pickles & Haddock, 2022)

Volatile Anästhetika

Vermeidung von Lachgas und Desfluran (Beloil & Albaladejo, 2021; Bette et al., 2022; Gordon, 2020; Herr et al., 2022; Kampman & Serna Weiland, 2023; McGain et al., 2019; Roa et al., 2020; Schuster et al., 2020; Yeoh et al., 2020)

Verwendung von TIVAs vor Inhalationsnarkosen (Herr et al., 2022; Kampman & Serna Weiland, 2023; McGain et al., 2019; Petre & Malherbe, 2020; Schuster et al., 2020)

FGF während Inhalationsnarkosen reduzieren (<0,5 l/min) (Beloil & Albaladejo, 2021; Bette et al., 2022; Gordon, 2020; Herr et al., 2022; Kampman & Serna Weiland, 2023; McGain et al., 2019; Schuster et al., 2020; Yeoh et al., 2020)

FGF während TIVAs erhöhen (4-6 l/min) (Kampman & Serna Weiland, 2023)

FGF auch während TIVAs reduzieren (Herr et al., 2022)

FGF während Intubation pausieren (Gordon, 2020)

Regionalanästhesien und TIVAs bevorzugen (Herr et al., 2022; Kampman & Serna Weiland, 2023; McGain et al., 2019; Yeoh et al., 2020)

FGF nach der Narkose ausschalten (Herr et al., 2022)

Narkosegas auffangsystem (Schuster et al., 2020; Trampitsch, 2022)

Medizinprodukte

Reduktion von Produkten in sterilen Sets (Herr et al., 2022; Petre & Malherbe, 2020)

Reduktion von Einwegprodukten (Asfaw et al., 2021; Beloil & Albaladejo, 2021; Duindam, 2022; Herr et al., 2022; Pradere et al., 2022)

Mehrwegprodukte bevorzugen (Asfaw et al., 2021; Bette et al., 2022; Elabed et al., 2019; Kampman & Sperna Weiland, 2023; Petre & Malherbe, 2020; Pradere et al., 2022; Roa et al., 2020; Schuster et al., 2020)

Aufbereitung von Einwegprodukten, wenn möglich (Asfaw et al., 2021; Elabed et al., 2019; Herr et al., 2022; Petre & Malherbe, 2020; Pradere et al., 2022)

Vermeidung von Einwegprodukten aus Metall (Schuster et al., 2020)

Ampelsystem für Medizinprodukte (z. B.: grün für nachhaltige Produktvariante, gelb für Produkte, deren Hersteller bestrebt sind, nachhaltig zu produzieren, rot für keine Bestrebungen für Nachhaltigkeit seitens der Hersteller) (Duindam, 2022)

Produkte/Verpackungen mit weniger Plastik (Duindam, 2022)

Längere Nutzungsdauer prüfen (z. B.: Beatmungsschläuche) (McGain et al., 2019; Petre & Malherbe, 2020)

Medikamente

Pharmazeutische Abfälle reduzieren (Bette et al., 2022; Gordon, 2020; Herr et al., 2022; Petre & Malherbe, 2020; Schuster et al., 2020)

Medikamente fachgerecht entsorgen (Bette et al., 2022; Gordon, 2020; Herr et al., 2022; Schuster et al., 2020)

Prozess

Verpackungen erst direkt bei der Verwendung öffnen (Elabed et al., 2019; Herr et al., 2022)

Spenden von nicht verbrauchten Produkten (Asfaw et al., 2021; Elabed et al., 2019)

Mitarbeiter*innen zu nachhaltigem Handeln ermutigen (Beloeil & Albaladejo, 2021; Bette et al., 2022; Duindam, 2022; Wormer et al., 2013)

Beschaffung

Nachhaltige Produkte beschaffen (Gordon, 2020; Herr et al., 2022)

LCA als Beschaffungsentscheidung (Bette et al., 2022; Petre & Malherbe, 2020; Pickles & Haddock, 2022; Schuster et al., 2020)

Stromverbrauch

Narkosemaschine nach Gebrauch ausschalten (Duindam, 2022; Herr et al., 2022)

Belüftungsanlagen anwesenheitsbezogen betreiben/optimieren (Bette et al., 2022; Gordon, 2020; Kampman & Sperna Weiland, 2023; Petre & Malherbe, 2020; Pradere et al., 2022)

„grüne“ Alternativen für die Stromversorgung (z. B. Photovoltaik) (Pradere et al., 2022)

Abfallmanagement

Abfalltrennung/Recyclingkonzept (Asfaw et al., 2021; Duindam, 2022; Elabed et al., 2019; Herr et al., 2022; Petre & Malherbe, 2020; Pradere et al., 2022; Roa et al., 2020; Schuster et al., 2020)

Schulungen für das Personal (Beloeil & Albaladejo, 2021; Duindam, 2022; Elabed et al., 2019; Petre & Malherbe, 2020; Pradere et al., 2022; Yeoh et al., 2020)

Beschriftungen für Abfallarten (Yeoh et al., 2020)

5 Rs (Asfaw et al., 2021; Beloeil & Albaladejo, 2021; Bette et al., 2022; Elabed et al., 2019; McGain et al., 2019; Pradere et al., 2022; Schuster et al., 2020; Sherman et al., 2020; Skowno & Weatherall, 2021)

Produktdesign/Verpackungsdesign anpassen (Duindam, 2022; Elabed et al., 2019; Pradere et al., 2022; Schuster et al., 2020)

Reduktion von "gefährlichem Abfall" (Asfaw et al., 2021; Bette et al., 2022; Pradere et al., 2022; Schuster et al., 2020)

In einem Konsensus-Statement der „World Federation of Societies of Anaesthesiologists“ empfehlen White et al. (2022), dass möglichst viel unternommen werden sollte, um die Anästhesie nachhaltiger zu gestalten, aber die Patientensicherheit immer Vorrang haben muss. Die Prinzipien des Statements sind:

1. Minimierung der Umweltauswirkungen der klinischen Praxis
2. Verwendung von umweltfreundlichen Medikamenten und Medizinprodukten, sofern diese klinisch unbedenklich sind
3. Minimierung des übermäßigen Gebrauchs und der Verschwendung von Medikamenten, Medizinprodukten, Energie und Wasser
4. Integration der Prinzipien der ökologischen Nachhaltigkeit in die Anästhesieausbildungen
5. Verankerung von ökologischen Nachhaltigkeitsprinzipien in die Anästhesieforschung und in Programmen zur Qualitätsverbesserung
6. Durchführung von Aktivitäten zur ökologischen Nachhaltigkeit in den Gesundheitsorganisationen
7. Zusammenarbeit mit der Industrie, um die ökologische Nachhaltigkeit zu verbessern (White et al., 2022, S. 202)

4.2 Empirischer Teil (Online-Umfrage)

Die Ergebnisse der Umfrage werden nachstehend in Tabellen und Diagrammen präsentiert. In Tabelle 12 findet sich eine Übersicht über alle Items der Gruppen 3 bis 6 mit der Anzahl der Antworten in absoluten Zahlen und Prozent, den positiven („Trifft zu“ und „Trifft eher zu“) und negativen („Trifft nicht zu“ und „Trifft eher nicht zu“) Antworten jeweils in Prozent, Median und Modus der Antworten. Die Items G01Q02, G07Q02 und G07Q04, die offene Fragen behandelten, werden separat dargestellt (Tabellen 13-15). In Folge werden die einzelnen Itemgruppen hinsichtlich Häufigkeiten, Auffälligkeiten und Korrelationen analysiert.

4.2.1 Stichprobe

Insgesamt nahmen an der Umfrage 365 Personen teil, was einem Anteil von 6,6 % an der geschätzten Größe der Zielpopulation (alle Anästhesist*innen und Anästhesiepflegepersonen in Österreich, geschätzt **N=5.500**) entspricht. 71-mal wurde die Umfrage nicht vollständig ausgefüllt und somit wurden 294 Personen in die Auswertung eingeschlossen (**n=294, 5,3 %**).

Wie in Tabelle 11 ersichtlich waren 165 Personen weiblich (56,1 %), 125 männlich (42,5 %) und 2 divers/inter (0,7 %) (keine Antwort: 2 / 0,7 %). 100 Personen waren 35 Jahre oder jünger, 98 waren zwischen 36 und 50 Jahre und 90 Personen waren älter als 50 Jahre (k. A.: 6). Die Teilnehmer*innen stammten aus allen Bundesländern, außer aus dem Burgenland, wobei anzumerken ist, dass aus Niederösterreich, Tirol und Vorarlberg sehr wenige an der Umfrage teilnahmen. Bei der Berufserfahrung gaben 55 Personen 0 – 5 Jahre an, 82 Personen 6 – 15 Jahre und 140 Personen hatten mehr als 15 Jahre Berufserfahrung (k. A.: 17). Von den Teilnehmer*innen waren 149 Anästhesiepflegepersonen, 133 Anästhesist*innen und 12 andere Berufsgruppen (Chirurg*innen, Instrumentar*innen, etc.) (Abbildungen 8-10).

Demografische Merkmale der Stichprobe (n=294)	
Geschlecht	n (%)
weiblich	165 (56,1)
männlich	125 (42,5)
divers/inter	2 (0,7)
keine Angabe	2 (0,7)
Alter	
bis 35 Jahre	100 (34,0)
36 bis 50 Jahre	98 (33,3)
ab 51 Jahre	90 (30,6)
keine Angabe	6 (2,0)
Bundesland	

Burgenland	0 (0,0)
Kärnten	21 (7,1)
Niederösterreich	5 (1,7)
Oberösterreich	87 (29,6)
Salzburg	55 (18,7)
Steiermark	38 (12,9)
Tirol	5 (1,7)
Vorarlberg	1 (0,3)
Wien	80 (27,2)
Sonstiges/keine Angabe	2 (0,7)
Berufsgruppe	
Anästhesist*in	133 (45,2)
Fachärzt*in	97 (72,9)
Assistenzärzt*in	34 (25,6)
Sonstiges/Keine Angabe	2 (1,5)
Anästhesiepflegeperson	149 (50,68)
mit Sonderausbildung	104 (69,8)
ohne Sonderausbildung	36 (24,2)
gerade dabei	5 (3,4)
keine Angabe	4 (2,7)
Anderes, keine Angabe	12 (4,1)
Berufserfahrung	
bis 5 Jahre	55 (18,7)
6 bis 15 Jahre	82 (27,9)
ab 15 Jahre	140 (47,6)
keine Angabe	17 (5,8)

Tabelle 11: Demografische Merkmale der Stichprobe (eigene Darstellung, 2023)

Berufsgruppe

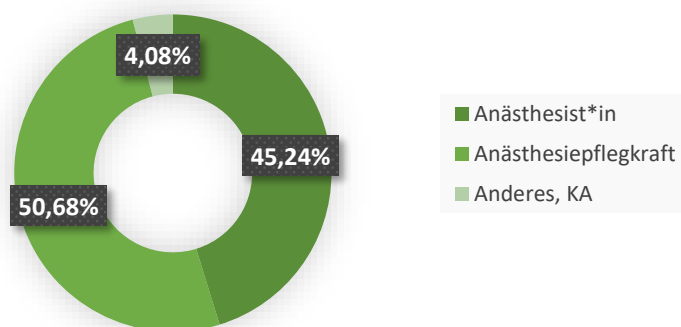


Abbildung 8: Stichprobe - Berufsgruppe (eigene Darstellung, 2023)

Berufserfahrung

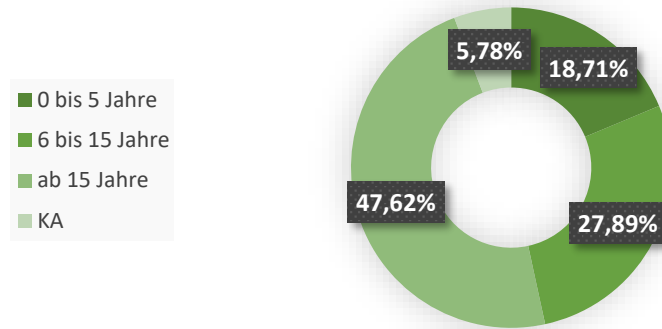


Abbildung 9: Stichprobe - Berufserfahrung (eigene Darstellung, 2023)

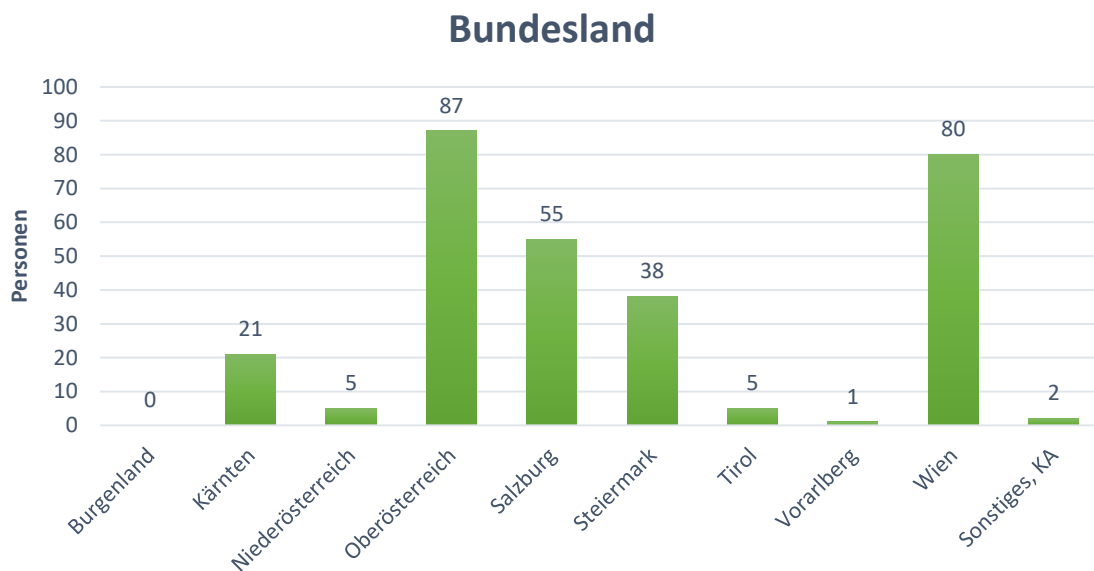


Abbildung 10: Stichprobe - Bundesland (eigene Darstellung, 2023)

Die Angaben zu den Arbeitsbereichen (OP, Aufwachraum, Intensivstation, etc.), Fachrichtungen (Allgemeinchirurgie, Gynäkologie, HNO, etc.) und Spezialbereichen (Kinderanästhesie, Regionalanästhesie, Tagesklinik, etc.) wurden mittels Mehrfachnennungen abgefragt und sind in den Abbildungen 11-13 dargestellt.

Arbeitsbereich

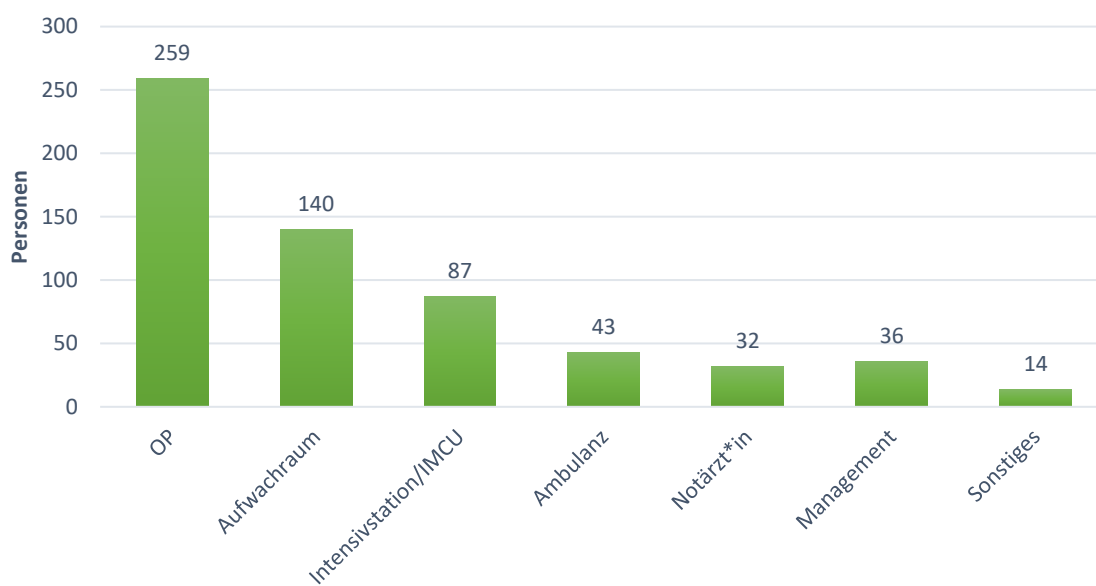


Abbildung 11: Stichprobe - Arbeitsbereich (eigene Darstellung, 2023)

Fachgebiete

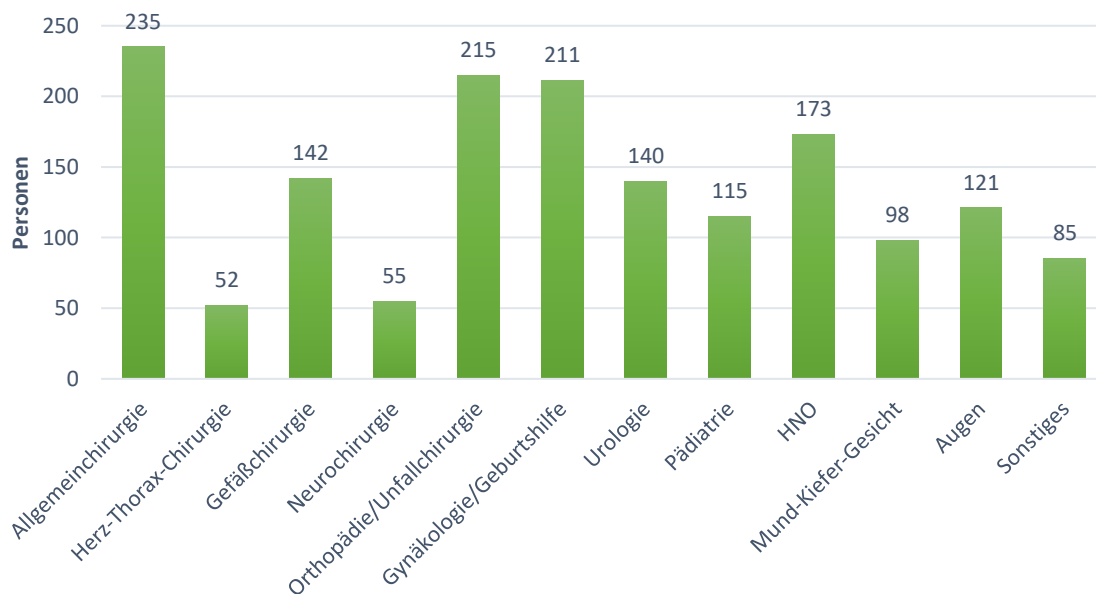


Abbildung 12: Stichprobe - Fachgebiete (eigene Darstellung, 2023)

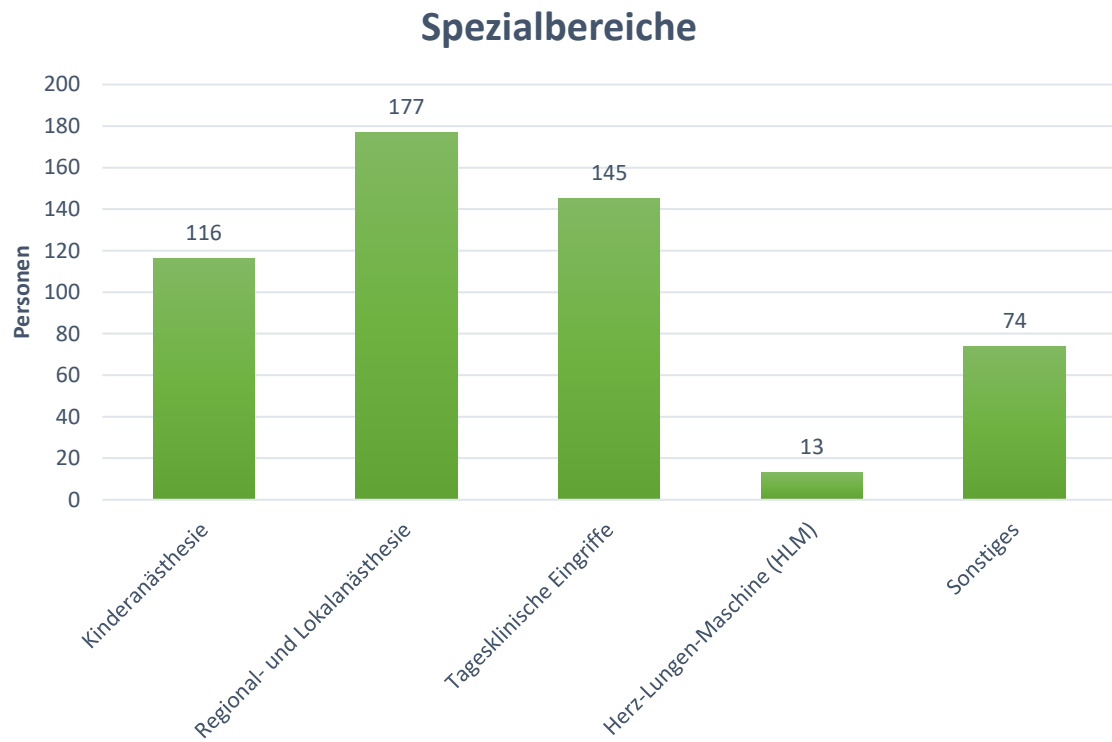


Abbildung 13: Stichprobe - Spezialbereiche (eigene Darstellung, 2023)

Thema	Frage Nr.	Fragekontext	Positiv	Trifft zu (1)	Trifft eher zu (2)	Teils-Teils (3)	Trifft eher nicht zu (4)	Trifft nicht zu (5)	Negativ	Keine Antwort	Median	Modus	
			n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	%	n (%)			
G03	G03001SQ001	Umweltschutz und Nachhaltigkeit im Arbeitsumfeld sind mir wichtig.	89,46 (186 (63,3))	77 (26,2)	25 (8,5)	4 (1,4)	1 (0,3)	1,70 (1 (0,3))	1	1			
	G03001SQ002	Ich weiß über den ökologischen Fußabdruck der verwendeten Medikamente und Medizinprodukte Bescheid	41,01 (53 (18,0))	69 (23,5)	85 (29,9)	58 (19,7)	28 (9,5)	29,25 (1 (0,3))	3	3			
	G03001SQ003	Ich habe in meinem Arbeitsumfeld ausreichend Möglichkeiten, Umweltaspekte mit einzubeziehen	17,01 (17 (5,8))	33 (11,2)	109 (37,1)	96 (32,7)	38 (12,9)	45,58 (1 (0,3))	3	3			
	G03001SQ004	Ich habe in meinem Arbeitsumfeld ausreichend Zeit, Umweltaspekte mit einzubeziehen	20,41 (19 (6,5))	41 (13,9)	90 (30,6)	97 (33,0)	45 (15,3)	48,30 (2 (0,7))	3	4			
	G03001SQ005	In meiner Institution gibt es Bestrebungen, den ökologischen Fußabdruck zu verringern	40,14 (56 (19,0))	62 (21,4)	73 (24,8)	74 (25,2)	26 (8,8)	33,67 (3 (1,0))	3	3			
	G03001SQ006	In meiner Institution stehen mir Informationen zum Thema Nachhaltigkeit zur Verfügung	18,37 (21 (7,1))	33 (11,2)	68 (23,1)	101 (34,4)	67 (22,8)	57,14 (4 (1,4))	4	4			
	G03002	PRETEXT Beispiele für Bestrebungen in meiner Institution/Abteilung											
	G040001	Es ist in meiner beruflichen Praxis üblich...											
	G04001SQ001	...ausschließlich TIVAs (total intravenöse Anästhesien) durchzuführen	15,65 (19 (6,5))	27 (9,2)	78 (26,5)	69 (23,5)	94 (32,0)	55,44 (7 (2,4))	4	5			
	G04001SQ002	...Sevofluran als Narkosegas zu verwenden	85,03 (204 (69,4))	46 (15,6)	31 (10,5)	8 (2,7)	1 (0,3)	3,06 (4 (1,4))	1	1			
	G04001SQ003	...Desfluran als Narkosegas zu verwenden	3,74 (5 (1,7))	6 (2,0)	5 (1,7)	22 (7,5)	238 (81,0)	88,44 (18 (6,1))	5	5			
	G04001SQ004	...Isorfluran als Narkosegas zu verwenden	1,70 (2 (0,7))	3 (1,0)	0 (0,0)	3 (1,0)	267 (90,8)	91,84 (19 (6,5))	5	5			
	G04001SQ005	...Lachgas (N ₂ O) als Narkosegas zu verwenden	3,06 (4 (1,4))	5 (1,7)	15 (5,1)	24 (8,2)	235 (79,8)	88,10 (11 (3,7))	5	5			
	G04001SQ006	...das Frischgas auf Metabolic Flow (0,35 l/min) zu dosieren	17,35 (23 (7,8))	28 (9,5)	55 (18,7)	62 (21,1)	110 (37,4)	58,50 (16 (5,4))	4	5			
	G04001SQ007	...das FG auf Minimal Flow (0,3 l/min) zu dosieren	57,14 (91 (31,0))	77 (26,2)	66 (22,4)	22 (7,5)	26 (8,8)	16,33 (2 (0,7))	2	1			
G04001SQ008	...das FG auf Low Flow (1 l/min) zu dosieren	48,30 (63 (21,4))	79 (26,9)	67 (22,8)	30 (10,2)	38 (12,9)	23,13 (17 (5,8))	2	2				
G04001SQ009	...ein geschlossenes System (z. B. Zeus®) zu verwenden	32,65 (65 (22,1))	31 (10,5)	22 (7,5)	14 (4,8)	145 (49,3)	54,08 (17 (5,8))	5	5				
G04001SQ010	...bei Erwachsenen eine volatile Einleitung (mit Narkosegas) durchzuführen	5,10 (3 (1,0))	5 (1,7)	31 (10,5)	31 (10,5)	227 (77,2)	87,76 (13 (4,4))	5	5				
G04001SQ011	...bei Kindern eine volatile Einleitung (mit Narkosegas) durchzuführen	29,59 (59 (20,1))	28 (9,5)	68 (23,1)	54 (18,4)	67 (22,8)	41,16 (18 (6,1))	3	3				
G04001SQ012	...bei Kindern eine intravenöse Einleitung (mit Propofol etc.) durchzuführen	53,74 (109 (37,1))	49 (16,7)	66 (22,3)	24 (8,2)	26 (8,8)	17,01 (20 (6,8))	2	1				
G04002	Aus meiner Sicht wäre es in meiner beruflichen Praxis möglich...												
G04002SQ001	...den Einsatz von volatilen Anästhetika zu reduzieren	65,99 (120 (40,8))	74 (25,2)	57 (19,4)	28 (9,5)	10 (3,4)	12,93 (5 (1,7))	2	1				
G04002SQ002	...auf volatile Anästhetika zu verzichten	21,43 (27 (9,2))	36 (12,2)	71 (24,1)	88 (29,9)	88 (29,9)	51,36 (9 (3,1))	4	5				
G04002SQ003	...den Einsatz von Lachgas (N ₂ O) zu reduzieren	74,49 (195 (66,3))	24 (8,2)	8 (2,7)	4 (1,4)	37 (12,6)	13,95 (26 (8,8))	1	1				
G04002SQ004	...auf Lachgas (N ₂ O) zu verzichten	79,59 (214 (72,8))	20 (6,8)	8 (2,7)	8 (2,7)	28 (9,5)	12,24 (18 (6,1))	1	1				
G04002SQ005	...den Einsatz von Desfluran zu reduzieren	74,15 (203 (69,0))	15 (5,1)	9 (3,1)	0 (0,0)	39 (13,3)	13,27 (28 (9,5))	1	1				
G04002SQ006	...auf Desfluran zu verzichten	80,22 (223 (75,9))	13 (4,4)	8 (2,7)	1 (0,3)	26 (8,8)	9,18 (23 (7,8))	1	1				
G05001	Es ist in meiner beruflichen Praxis üblich...												
G05001SQ001	...Einweg-Laryngoskop-Handgriffe zu verwenden	3,06 (7 (2,4))	2 (0,7)	9 (3,1)	23 (7,8)	249 (84,7)	92,52 (4 (1,4))	5	5				
G05001SQ002	...Einweg-Laryngoskop-Spatel zu verwenden	5,78 (14 (4,8))	3 (1,0)	22 (7,5)	41 (13,9)	209 (71,1)	85,03 (5 (1,7))	5	5				
G05001SQ003	...Einweg-Bronchoskope zu verwenden	34,69 (75 (25,5))	27 (9,2)	58 (19,7)	38 (12,9)	91 (31,0)	43,88 (5 (1,7))	3	3				
G05001SQ004	...Einweg-Larynxmasken (Kehlkopfmasken, Brain-Tuben) zu verwenden	82,31 (216 (74,1))	24 (8,2)	26 (8,8)	14 (4,8)	8 (2,7)	7,48 (4 (1,4))	1	1				
G05001SQ005	...Einweg-Textilien zu verwenden	58,84 (122 (41,5))	51 (17,3)	61 (20,7)	17 (5,8)	36 (12,2)	18,03 (7 (2,4))	2	1				
G05001SQ006	...Einweg-Instrumente aus Metall (z. B. Scheren, Klemmen, etc.) zu verwenden	53,40 (115 (39,1))	42 (14,3)	63 (21,4)	18 (6,1)	53 (18,0)	24,15 (3 (1,0))	2	1				
G05002	Aus meiner Sicht wäre es in meiner beruflichen Praxis möglich...												
G05002SQ001	...den Anteil von Einwegprodukten zu reduzieren	70,41 (153 (52,0))	54 (18,4)	59 (20,1)	22 (7,5)	4 (1,4)	8,84 (2 (0,7))	1	1				
G05002SQ002	...auf Einwegprodukte zu verzichten	29,25 (36 (12,2))	50 (17,0)	86 (29,3)	48 (16,3)	71 (24,1)	40,48 (3 (1,0))	3	3				
G05002SQ003	...auf Einweg-Laryngoskop-Handgriffe zu verzichten	83,33 (228 (77,6))	17 (5,8)	15 (5,1)	4 (1,4)	17 (5,8)	7,14 (13 (4,4))	1	1				
G05002SQ004	...auf Einweg-Laryngoskop-Spatel zu verzichten	80,61 (216 (73,5))	21 (7,1)	19 (6,5)	7 (2,4)	16 (5,4)	7,82 (15 (5,1))	1	1				
G05002SQ005	...auf Einweg-Bronchoskope zu verzichten	60,20 (127 (43,2))	50 (17,0)	45 (15,3)	27 (9,2)	35 (11,9)	21,09 (10 (3,4))	2	1				
G05002SQ006	...auf Einweg-Larynxmasken (Kehlkopfmasken, Brain-Tuben) zu verzichten	26,19 (42 (14,3))	35 (11,9)	50 (17,0)	57 (19,4)	104 (35,4)	54,76 (6 (2,0))	4	5				
G05002SQ007	...auf Einweg-Textilien zu verzichten	54,44 (109 (37,1))	54 (18,4)	75 (25,5)	24 (8,2)	22 (7,5)	15,65 (10 (3,4))	2	1				
G05002SQ008	...auf Einweg-Instrumente aus Metall (z. B. Scheren, Klemmen, etc.) zu verzichten	80,27 (175 (59,5))	61 (20,7)	30 (10,2)	13 (4,4)	9 (3,1)	7,48 (10 (3,4))	1	1				
G06001	Es ist in meiner beruflichen Praxis üblich...												
G06001SQ001	...nicht verwendete Geräte auszusortieren	45,58 (9 (26,9))	55 (18,7)	94 (32,0)	47 (16,0)	16 (5,4)	21,43 (3 (1,0))	3	3				
G06001SQ002	...den Abfall zu trennen, um ihn zu recyceln	45,58 (62 (21,2))	72 (24,5)	89 (30,3)	30 (10,2)	39 (13,3)	23,47 (2 (0,7))	3	3				
G06001SQ003	...den gesamten Abfall als Restmüll zu entsorgen	36,73 (48 (16,3))	60 (20,4)	54 (18,4)	54 (18,4)	76 (25,9)	44,22 (4 (1,4))	3	5				
G06001SQ004	...vorfertigte Sets zu verwenden (z. B. für Regionalanästhesie, ZVK, etc.)	95,58 (251 (85,4))	30 (10,2)	8 (2,7)	1 (0,3)	1 (0,3)	0,68 (3 (1,0))	1	1				
G06001SQ005	...Medizinprodukte unbenuzt zu entsorgen (z. B. Produkte in Sets, Vorbereitungen, etc.)	37,76 (45 (15,3))	66 (22,4)	75 (25,5)	81 (27,6)	23 (7,8)	35,37 (4 (1,4))	3	4				
G06002	Aus meiner Sicht wäre es in meiner beruflichen Praxis möglich...												
G06002SQ001	...durch einfache Maßnahmen Strom zu sparen	76,53 (160 (54,4))	65 (22,1)	46 (15,6)	17 (5,8)	3 (1,0)	6,80 (3 (1,0))	1	1				
G06002SQ002	...den Abfall noch besser zu trennen	84,69 (190 (64,6))	59 (20,1)	25 (8,5)	12 (4,1)	5 (1,7)	5,78 (3 (1,0))	1	1				
G06002SQ003	...weniger Medizinprodukte unbenuzt zu entsorgen	74,83 (154 (52,4))	66 (22,4)	43 (14,6)	16 (5,4)	11 (3,7)	9,18 (4 (1,4))	1	1				

59 Tabelle 12: Ergebnisse der Itemgruppen 3 bis 6 mit Anzahl, Prozent, Prozent Positive, Prozent Negative, Median und Modus (eigene Darstellung, 2023)

4.2.2 Allgemeine Einstellung zu nachhaltigen Arbeitsweisen

263 Personen (89,46 %) gaben an, dass ihnen Umweltschutz und Nachhaltigkeit im Arbeitsumfeld wichtig ist (63,3 % „Trifft zu“, 26,2 % „Trifft eher zu“), während nur 1 Person (0,3 %) angab, dass es nicht zutrifft und 4 Personen (1,36 %), dass diese Aussage eher nicht zutrifft. Dass sie Wissen über den ökologischen Fußabdruck der verwendeten Medikamente und Medizinprodukte haben, beantworteten 41,5 % positiv und 29,3 % negativ. Hier fanden sich 28,9 % bei der neutralen Antwort „Teils-Teils“. Die Möglichkeiten, in ihrem Arbeitsalltag Umweltaspekte miteinzubeziehen bewerteten nur 17,0 % als positiv, 45,6 % hingegen als negativ. Die Aussage, dass ausreichend Zeit zur Verfügung steht, erhielt ähnliche Ergebnisse (20,4 % positiv, 48,3 % negativ). Institutionelle Bestrebungen, den ökologischen Fußabdruck zu verringern, konnten 40,1 % mit als zutreffend oder eher zutreffend (positiv) bewerten, während 33,7 % das als nicht oder eher nicht zutreffend (negativ) einstufen. Bei der Frage nach „zur Verfügung stehenden Informationen in der Abteilung“ wurde von 57,1 % der Teilnehmer*innen eine negative Antwort und von 18,4 % eine positive Antwort abgegeben.

Auffallend war, dass das Geschlecht einen Einfluss auf die Beantwortung der Frage nach Möglichkeiten und Zeit für die Miteinbeziehung von Umweltaspekten hatte. Weibliche Teilnehmerinnen bewerteten bei den Möglichkeiten (9,7 % positiv, 51,5 % negativ) und bei der Zeit (17,58 % positiv, 52,7 % negativ) schlechter ($p=0,004$) als die männlichen Teilnehmer (26,4 % positiv / 38,4 % negativ bzw. 24,8 % positiv / 41,6 % negativ). Auch die Bestrebungen der Institution oder Abteilung wurde von den Frauen schlechter bewertet (♀ 33,9 % positiv, ♂ 48,8 % positiv, $p=0,006$).

Bei den Bundesländern gab es ebenfalls Korrelationen mit den Bestrebungen der Institution, wobei von den Teilnehmer*innen aus den nördlichen Bundesländern (OÖ, NÖ, Wien) 51 % positive Antworten wählten und jene aus den westlichen Bundesländern (Vbg, Tirol, Salzburg) nur 18 % ($p<0,001$). Außerdem zeigte sich im Vergleich der Daten, dass im Westen (70 % negativ) weniger häufig Informationen für die Praxis zur Verfügung stehen als im Norden (53 % negativ). Daneben bewerteten die Teilnehmer*innen aus dem Westen auch die Zeit für die Beachtung von Umweltaspekten als knapper (60 % negativ) als in den anderen Regionen (44 bis 48 % negativ).

Bezüglich dem Wissen um den ökologischen Fußabdruck der verwendeten Medikamente und Medizinprodukte zeigte sich, dass die Anästhesist*innen (52,6 % positiv) besser informiert sind als die Anästhesiepflegepersonen (31,5 % positiv, $p<0,001$)

Die Frage nach Beispielen für Bestrebungen der Institution oder Abteilung wurde von 76 Personen (25,9 %) beantwortet (Tabelle 13). Die drei häufigsten Aussagen waren dabei,

dass Abfalltrennung durchgeführt wird (n=21), Narkosegas recycelt wird (n=14) und Lachgas nicht mehr verwendet wird (n=13).

Bestrebungen der Institutionen/Abteilungen (n=76)
Allgemein
<p>Nachhaltigkeitsgruppe gegründet (Eco-Team, Green-Team) (n=12)</p> <p>Zertifizierung (EMAS) (n=2)</p> <p>Wirtschaftlicher Umgang mit Materialien/Ressourcen (n=3)</p> <p>Photovoltaikanlage in Betrieb genommen(n=1)</p> <p>Dienstoffrad zur Verfügung gestellt (n=1)</p> <p>Vorträge abgehalten (n=2)</p> <p>Mitarbeiterbefragungen durchgeführt (n=2)</p> <p>Nachhaltigkeitstag abgehalten (n=2)</p> <p>Blumenwiese angelegt (n=1)</p> <p>Ausdrucken von Dokumenten vermieden (n=1)</p> <p>Stromsparmaßnahmen eingeführt (n=3)</p> <p style="padding-left: 20px;">Lichter ausschalten (n=3)</p> <p style="padding-left: 20px;">Kein Narkosegasabsaugsystem mehr in Stehzeiten (n=5)</p> <p>Blockerspritzen wiederverwenden (n=1)</p> <p>Patientenbänder aus Papier bestellt (n=1)</p> <p>Mobilitätskonzept erarbeitet (n=1)</p>
Volatile Anästhetika
<p>Narkosegase reduziert (n=5)</p> <p style="padding-left: 20px;">Viel Regionalanästhesie (n=2)</p> <p style="padding-left: 20px;">Viele TIVAs (n=7)</p> <p>Desfluran abgeschafft (n=8)</p> <p>Narkosegasrückgewinnung implementiert (n=14)</p> <p>Frischgasflow reduziert (n=3)</p> <p style="padding-left: 20px;">Metabolic Flow (n=3)</p> <p style="padding-left: 20px;">Minimal Flow (n=7)</p> <p style="padding-left: 20px;">Low Flow (n=7)</p> <p>Lachgas</p> <p style="padding-left: 20px;">Lachgas abgeschafft (n=13)</p> <p style="padding-left: 20px;">Lachgas reduziert (n=1)</p>
Medizinprodukte
<p>Mehrwegtextilien eingeführt (n=1)</p> <p>Mehrweginstrumente bevorzugt (n=3)</p> <p style="padding-left: 20px;">Patientenwärmesystem (n=1)</p> <p style="padding-left: 20px;">Nierentassen (n=1)</p> <p>Mehrwegprodukte forcieren (n=1)</p> <p>Medizinprodukte in sterilen Sets reduzieren (n=7)</p> <p>Einwegprodukte wiederaufbereiten (n=1)</p> <p>O₂-Befeuchter (AquaPak) entfernt (n=3)</p> <p>Green Box für Medikamente, Medikamentenmüll (n=2)</p> <p>Plastikring bei Masken abbestellen (n=1)</p>
Abfallmanagement

Abfallreduktion/ -vermeidung (n=5) Abfalltrennung wird durchgeführt (n=21) Infrastruktur für Mülltrennung geschaffen (n=1) Abfallbeauftragte implementiert (n=1) Plastik- und Glasflaschen recycelt (n=1) Mülltrennung teilweise eingeführt (n=1) Unbenutztes Entsorgen vermieden (n=1)
Kritische Anmerkungen
...trotzdem fliegen alle in den Urlaub (n=1) Es ist alles noch in den Kinderschuhen (n=1) Fraglich, ob weitere Versorgungswege eingehalten werden (n=2) Niemand hält sich an Mülltrennung (n=1) Kein Bemühen von der Institution (n=1)

Tabelle 13: Bestrebungen der Institutionen/Abteilungen (eigene Darstellung, 2023)

4.2.3 Volatile Anästhetika

Nur 19 Personen (6,5 %) gaben an, dass sie ausschließlich TIVAs durchführen, 91,2 % der Teilnehmer*innen bestätigten, dass sie zumindest teilweise volatile Anästhetika für die Narkoseführung verwenden. 85,0 % antworteten positiv auf die Frage nach der Verwendung von Sevofluran, 3,7 % bei Desfluran, 1,7 % bei Isofluran und 3,1 % bei Lachgas. Über 80 % gaben an, dass sie kein Desfluran (81,0 %), Isofluran (90,8 %) und Lachgas (79,9 %) verwenden.

Einen Frischgasflow (FGF) von 0,35 l/min (Metabolic Flow) bestätigten 17,4 %, 0,5 l/min (Minimal Flow) war bei 57,1 % üblich und 1 l/min (Low Flow) war bei 48,3 % in Verwendung. 49,3 % verwendeten kein geschlossenes System („Trifft nicht zu“).

Bei 10 Teilnehmer*innen (3,4 %) traf es zu, dass bei Erwachsenen üblicherweise eine volatile Einleitung durchgeführt wird. Bei 227 Personen (77,2 %) traf das nicht zu. 15 % schlossen dies zumindest nicht aus. Bei der Frage nach einer volatilen Einleitung bei Kindern gaben 29,6 % eine zustimmende Antwort ab (20,1 % „Trifft zu“, 9,5 % „Trifft eher zu“), im Gegensatz dazu war eine intravenöse Einleitung bei 53,7 % üblich (37,1 % „Trifft zu“, 16,7 % „Trifft eher zu“).

Auf die Frage, ob es aus ihrer Sicht möglich wäre, dass volatile Anästhetika reduziert werden können, antworteten 66,0 % positiv (12,9 % negativ), einem vollständigen Verzicht stimmten allerdings nur 21,4 % zu und 51,4 % lehnten dies ab. Andererseits hielten es 74,5 % bzw. 74,2 % für möglich oder eher möglich, Lachgas bzw. Desfluran zu reduzieren und 79,6 % bzw. 80,3 % konnten sogar ganz auf Lachgas bzw. Desfluran verzichten.

Das Bundesland, aus dem die Teilnehmer*innen waren, hatte Einfluss auf die Beantwortung der Frage nach der Verwendung von Sevofluran. In Wien und Niederösterreich traf

das für 61,2 % zu, im Süden (Kärnten und Steiermark) für 74,6 % ($p=0,002$). In den westlichen Bundesländern Tirol, Vorarlberg und Salzburg (37,3 % positiv) wird häufiger eine volatile Einleitung bei Kindern durchgeführt als im Osten (15,3 %).

Im Westen wurde außerdem die Möglichkeit, Lachgas zu reduzieren, als geringer (72,1 % Zustimmung) eingeschätzt als im Norden (83,7 % positiv, $p=0,006$). Dabei war auffallend, dass im Norden (95,3 % negativ) jetzt schon weniger Lachgas verwendet wird als im Westen (68,9 % negativ).

69,9 % der Anästhesist*innen gaben an, dass es nicht oder eher nicht üblich sei, ausschließlich TIVAs durchzuführen. Von der Anästhesiepflege schätzten das weniger Teilnehmer*innen (45,0 %, $p<0,001$) so ein. Auch eine volatile Einleitung bei Erwachsenen bewerteten Anästhesist*innen (94,0 %) als weniger üblich als Anästhesiepflegepersonen (85,2 %, $p=0,002$).

Die Berufserfahrung korrelierte mit der Möglichkeit, auf Desfluran zu verzichten ($p=0,001$) bzw. es zu reduzieren ($p=0,01$) und der Verwendung von Metabolic Flow beim Frischgasfluss (0,003). Während die Verwendung von Metabolic Flow mit den Jahren an Berufserfahrung stieg (von 7,3 % auf 24,3 %), sank gleichzeitig die Bereitschaft zum Verzicht auf Desfluran (von 90,9 % auf 77,9 %). Selbiges galt für das Alter der Teilnehmer*innen ($p=0,002$). Ebenfalls vom Alter abhängig war die Durchführung von intravenösen Einleitungen bei Kindern. Hier stieg der Prozentsatz an Teilnehmer*innen, für die das zutrifft oder eher zutrifft mit steigendem Alter von 45,0 % auf 64,4 % an ($p<0,001$).

4.2.4 Einweg vs. Mehrweg

9 Personen (3,1 %) verwendeten Einweg-Laryngoskop-Handgriffe, bei 272 Personen (92,5 %) traf das nicht oder eher nicht zu. Einweg-Laryngoskop-Spatel wurden von 5,8 % verwendet, von 85,0 % nicht. Hier wurde in der Fragestellung die Verwendung von Videolaryngoskop-Spatel ausgenommen, da diese ebenfalls Einweg-Produkte sind. 34,7 % gaben an, dass die Verwendung von Einweg-Bronchoskopen üblich sei, 43,9 % verneinten dies. Dass Einweg-Larynxmasken verwendet werden, traf bei 82,3 % der Befragten zu oder eher zu und bei 7,5 % nicht zu oder eher nicht zu. Einweg-Textilien wurden ebenfalls von mehr als der Hälfte der Personen (58,8 %) als üblich im Arbeitsalltag bezeichnet, 18,0 % verwendeten sie nicht oder eher nicht. Ein ähnliches Ergebnis erreichte die Verwendung von Einweg-Instrumenten aus Metall (53,4 % positiv, 24,2 % negativ). Die Verwendung von Einwegprodukten ist in Abbildung 14 dargestellt.

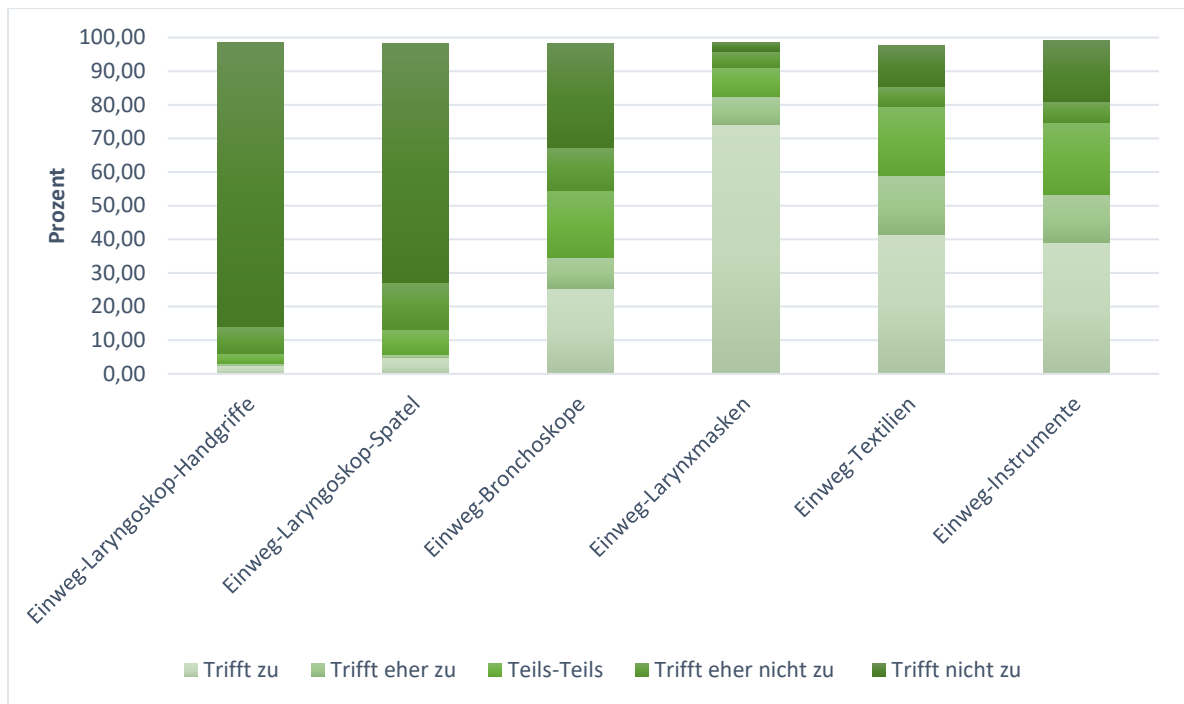


Abbildung 14: Verwendung von Einweg-Medizinprodukten (eigene Darstellung, 2023)

Für 70,4 % traf es zu oder eher zu, dass sie es als möglich erachten, den Anteil von Einwegprodukten zu reduzieren, ganz darauf verzichten wollten allerdings nur 29,3 %. Diese Möglichkeit traf für 40,5 % nicht oder eher nicht zu. 8,8 % sahen auch die Reduktion von Einwegprodukten negativ. Die Einschätzung zum Verzicht auf gewisse Einwegprodukte ist in Abbildung 15 dargestellt. Hier zeigte sich, dass 83,3 %, 80,6 % bzw. 60,2 % einem Verzicht auf Laryngoskop-Handgriffe, Laryngoskop-Spatel bzw. Bronchoskope in der Einweg-Variante positiv gegenüber eingestellt waren. 21,1 % empfanden den Verzicht auf Einweg-Bronchoskope jedoch als negativ. Einer Elimination von Einweg-Textilien bzw. Einweg-Instrumente aus Metall aus ihrer Praxis standen jedoch von mehr als die Hälfte (55,4 % bzw. 80,3 %) positiv gegenüber.

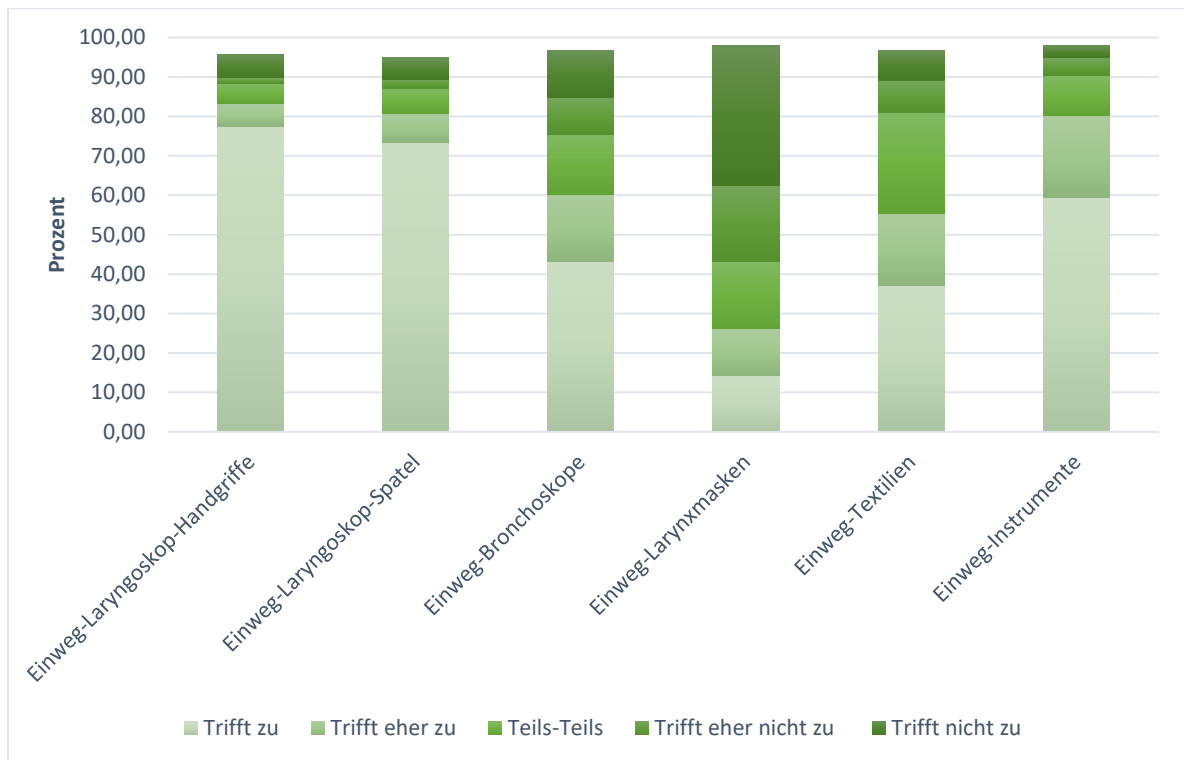


Abbildung 15: Bereitschaft zum Verzicht auf Einweg-Medizinprodukte (eigene Darstellung, 2023)

Die Verwendung von Einweg-Laryngoskop-Handgriffen und -Spatel korrelierte mit dem Bundesland: In den östlichen Bundesländern gaben 92,9 % bzw. 82,4 % an, dass sie keine Einweg-Handgriffe bzw. Einweg-Spatel verwenden, in Kärnten und der Steiermark waren dies bei den Handgriffen 81,4 % ($p=0,002$) und in Tirol, Vorarlberg und Salzburg gaben 57 % ($p=0,004$) an, keine Einwegspatel zu verwenden. Auch die Verwendung von Einweg-Larynxmasken war regional unterschiedlich. Hier wurde in den westlichen Bundesländern angegeben, dass es bei 96,8 % zutrifft oder eher zutrifft, dass diese verwendet wurden, im Norden waren das 75,0 % ($p<0,001$). Auf Einweg-Larynxmasken verzichteten konnten im Osten nur 10,6 %, während 70,6 % das als nicht oder eher nicht zutreffend bezeichneten. Im Norden waren das jedoch 29,1 %, die das positiv bewerteten und 49,5 % negativ ($p<0,001$). Auch Alter und Berufserfahrung hatten Einfluss auf die Beantwortung der Frage, ob es üblich sei, Einweg-Laryngoskop-Handgriffe zu verwenden ($p<0,001-0,008$) und ob ein Verzicht darauf möglich sei ($p=0,003$). Bei den Personen bis 35 Jahre und bis 5 Jahre Berufserfahrung gaben 98,2 bis 99,0 % an, dass sie nicht oder eher nicht verwendet würden, bei den Personen über 51 Jahre und mit mehr als 15 Jahren Berufserfahrung waren das 91,1 bis 92,1 %.

Die Verwendung von Einweginstrumenten aus Metall korrelierte ($p=0,009$) mit der Berufsgruppe der Teilnehmer*innen. Sie wurden von 62,6 % der Anästhesist*innen verwendet oder eher verwendet, jedoch nur von 45,6 % der Anästhesiepflegepersonen. Auch die

Bereitschaft, Einwegprodukte zu reduzieren war bei den Anästhesist*innen höher (79,7 % positiv) als bei den Anästhesiepflegepersonen (63,8 %, $p < 0,001$).

4.2.5 Ressourcen- und Abfallmanagement

45,6 % der Teilnehmer*innen bezeichneten es als üblich oder eher üblich, dass nicht verwendete Geräte ausgeschaltet werden. Für 21,4 % war das nicht oder eher nicht üblich. Nur für 21,1 % traf es zu, dass der Abfall getrennt wurde, um ihn zu recyceln (45,6 % positiv), für 13,3 % war dies nicht üblich (23,5 % negativ). Diese Tendenz zeigte sich auch in der Frage, ob es üblich sei, den gesamten Abfall als Restmüll zu entsorgen: 36,7 % positiv (16,3 % „Trifft zu“, 20,4 % „Trifft eher zu“) und 44,2 % negativ (25,9 % „Trifft nicht zu“, 18,4 % „Trifft eher nicht zu“).

Die Verwendung von vorgefertigten Sets wurde nur von 0,3 % verneint, 98,6 % verwendeten diese zumindest teilweise. Das Entsorgen von unbenutzten überflüssigen Produkten in solchen Sets oder umsonst vorbereiteten Produkten war bei 37,8 % üblich oder eher üblich, 35,4 % jedoch beantworteten das als nicht oder eher nicht üblich.

Die Möglichkeiten, durch einfache Maßnahmen Strom zu sparen, den Abfall noch besser zu trennen bzw. weniger Medizinprodukte unbenutzt zu entsorgen bewertete die Mehrheit der Teilnehmer*innen (76,5 %, 84,7 % bzw. 74,8 %) als zutreffend oder eher zutreffend.

Unterschiede in Bezug auf das Abfallmanagement zeigten sich im Alter und der Berufserfahrung der Teilnehmer*innen. Je jünger, desto weniger wurde Abfall recycelt, sondern als Restmüll entsorgt ($p < 0,001$). Das Ausschalten von nicht benutzten Geräten wurde von älteren Teilnehmer*innen häufiger durchgeführt ($p < 0,001$). Die Möglichkeit, den Abfall besser zu trennen, bewerteten jüngere Personen als höher ($p < 0,001$) (Abbildungen 16 und 17).

Das Alter der Teilnehmer*innen hatte ebenso Einfluss auf die Antworten, ob es üblich sei, Medizinprodukte unbenutzt zu entsorgen bzw. möglich sei, diesen Anteil zu reduzieren. Hier antworteten jüngere Teilnehmer*innen häufiger positiv, sowohl was die Entsorgung (48,0 %) als auch die Reduktion (85,0 %) im Gegensatz zu älteren (27,8 %, $p = 0,005$ und 55,7 %, $p = 0,003$) betraf. Die Möglichkeit, mit einfachen Mitteln Strom zu sparen, bewerteten die jüngeren Teilnehmer*innen (82,0 %) als positiver im Gegensatz zu den älteren (67,8 %, $p = 0,004$).

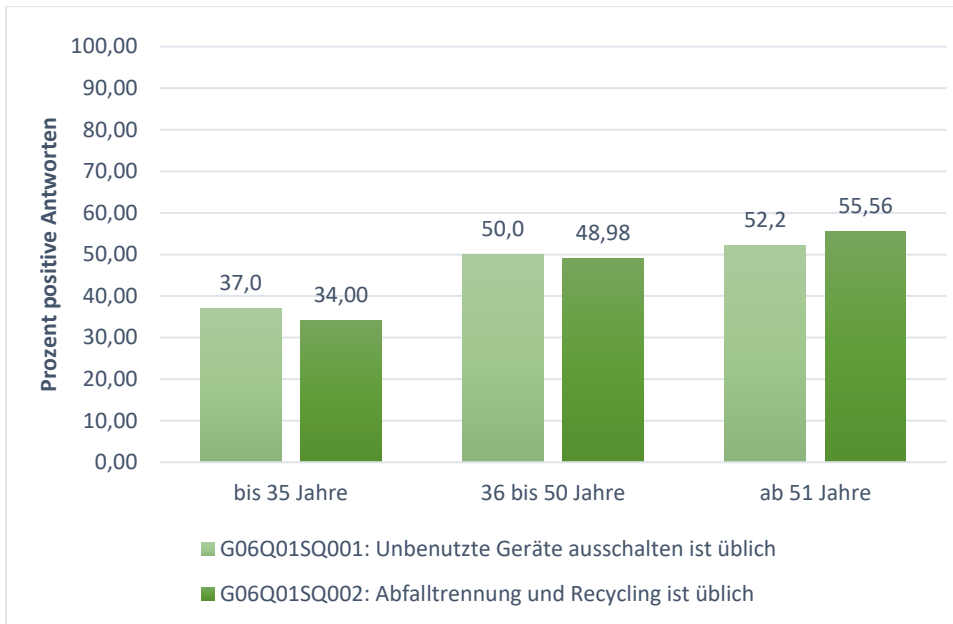


Abbildung 16: Korrelation Alter - Unbenutzte Geräte/Recycling (eigene Darstellung, 2023)

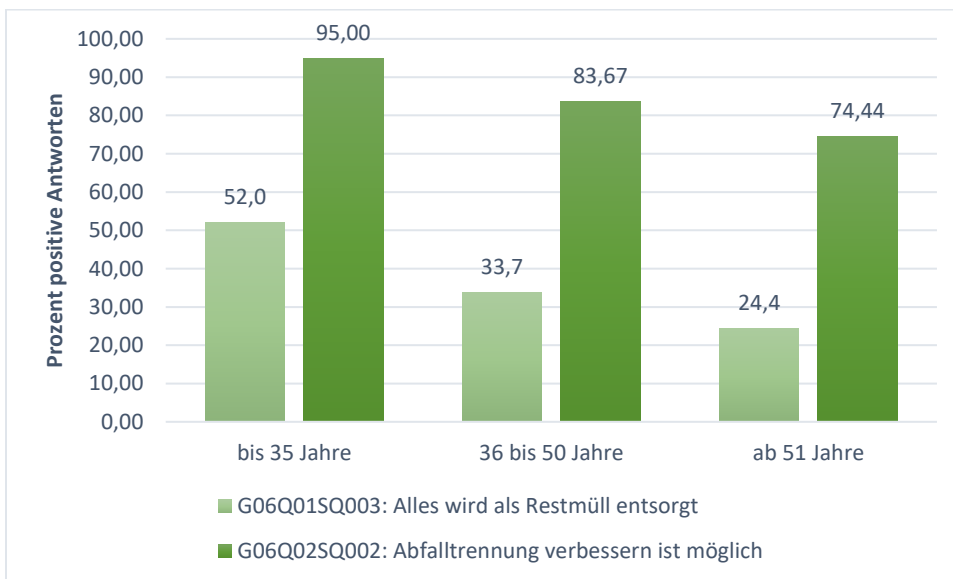


Abbildung 17: Korrelation Alter - Restmüll/Abfalltrennung (eigene Darstellung, 2023)

4.2.6 Umsetzung

Hinderliche Aspekte (Barrieren) und förderliche Aspekte für nachhaltige Arbeitsweisen aus Sicht der Teilnehmer*innen sind in Tabelle 14 dargestellt. Die am häufigsten genannten Barrieren waren „Vorgaben der Institution“ (n=177, 60,2 %), „Lieferbedingungen, Beschaffungsentscheidungen“ (n=178, 60,5 %) und „Fehlendes Wissen/Fehlende Information“ (n=179, 60,9 %).

Thema	Frage Nr.	Fragentext	n (%)
G07 Umsetzung	G07Q01	Hinderlich für nachhaltige (umwelt- und ressourcenschonende) Arbeitsweisen sind aus meiner Sicht	
	G07Q01SQ001	Vorgaben der Institution	177 (60,2)
	G07Q01SQ002	Kosten	153 (52,0)
	G07Q01SQ003	Lieferbedingungen, Beschaffungsentscheidungen	178 (60,5)
	G07Q01SQ004	Fehlendes Wissen/fehlende Information	179 (60,9)
	G07Q01SQ005	Fehlende Zeit für die Durchführung	116 (39,5)
	G07Q01SQ006	Fehlende Infrastruktur am Arbeitsplatz	165 (56,1)
	G07Q01SQ007	Einstellung von Kolleg*innen/Mitarbeiter*innen	140 (47,6)
	G07Q01SQ008	Einstellung von Vorgesetzten	75 (25,5)
	G07Q01SQ009	Eigene Einstellung	23 (7,8)
	G07Q02	FREITEXT Weitere Barrieren für nachhaltige (umwelt- und ressourcenschonende) Arbeitsweisen sind aus meiner Sicht	
	G07Q03	Förderlich für nachhaltige (umwelt- und ressourcenschonende) Arbeitsweisen sind aus meiner Sicht	
	G07Q03SQ001	Vorgaben der Institution	200 (68,0)
	G07Q03SQ002	Kosten	80 (27,2)
	G07Q03SQ003	Lieferbedingungen, Beschaffungsentscheidungen	126 (42,9)
	G07Q03SQ004	Wissen und Information	236 (80,3)
	G07Q03SQ005	Ausreichend Zeit für die Durchführung	169 (57,5)
	G07Q03SQ006	Passende Infrastruktur am Arbeitsplatz	205 (69,7)
	G07Q03SQ007	Einstellung von Kolleg*innen/Mitarbeiter*innen	181 (61,6)
	G07Q03SQ008	Einstellung von Vorgesetzten	167 (56,8)
G07Q03SQ009	Eigene Einstellung	139 (47,3)	
G07Q04	FREITEXT Weitere förderliche Aspekte für nachhaltige (umwelt- und ressourcenschonende) Arbeitsweisen sind aus meiner Sicht		

Tabelle 14: Hinderliche und förderliche Aspekte für nachhaltige Arbeitsweisen (eigene Darstellung, 2023)

Als förderlich für nachhaltige Arbeitsweisen wurden am häufigsten „Wissen und Information“ (n=236, 80,3 %), „Passende Infrastruktur am Arbeitsplatz“ (n=205, 69,7 %) und „Vorgaben der Institution“ (n=200, 68,0 %) genannt. Die Möglichkeit zur Angabe von weiteren Barrieren bzw. förderlichen Aspekten wurde von 32 Personen (10,9 %) bzw. 26 Personen (8,8 %) genutzt (Tabelle 15 und 16). Bei den hinderlichen Faktoren wurde dabei am häufigsten genannt, dass keine passenden Möglichkeiten zum Trennen des Abfalls vorhanden waren (n=7) und dass die hygienischen Vorgaben eine nachhaltige Arbeitsweise verhindern (n=7). Ein Großteil der Einträge beinhaltete mehr als einen konkreten Vorschlag oder Themenbereich. Diese wurden auch separat behandelt. Beispielantworten:

„Man selbst mag sich bemühen, aber was passiert mit dem getrennten Müll am Abend? In Österreich? Global? ich fürchte es ist ein globales Problem. Grüne

Anästhesie alleine in Österreich wird nicht viel bringen. Aktuell wird in Österreich sogar Plastikmüll in LKWs herumgefahren, damit er andernorts zur Verbrennung beigegeben werden kann, weil der Restmüll auf Grund des hohen Trennungsgrades alleine nicht mehr ausreichend brennbar ist.“ (G07Q02)

„Sterilisation des Materials ist leider um vieles teurer als Einmalprodukte (bis zu 5 mal teurer!), was dann aus wirtschaftlicher Sicht deutlich Umweltgedanke negativ beeinflusst.“ (G07Q02)

„Bronchoskope sterilisieren ist teurer, zeitaufwendig, macht die Bronchoskope oft reparaturbedürftig (einschicken -> Ersatz erforderlich...), für wenig Bedarf rechnet sich daher das Einweg-Bronchoskop.“ (G07Q02)

Hinderliche Aspekte für nachhaltige Arbeitsweisen (G07Q02)
Wirtschaftlichkeit (n=7)
Wirtschaftlicher Druck (n=3) Wiederaufbereitung ist teuer (n=3) Finanzieller Bonus bei Verwendung von Desfluran (n=1)
Lieferbedingungen, Beschaffung (n=2)
Fehlende Verfügbarkeit (n=2)
Infrastruktur (n=10)
Keine Systeme für Abfalltrennung vorhanden (n=7) Lagerungsaufwand (n=2) Fehlende Aufbereitungseinheit für Medizinprodukte (n=1)
Medizinprodukte (n=5)
Beschaffenheit von Medizinprodukten (n=2) Doppelte und dreifache Verpackungen (n=2) Vorgepackte sterile Sets mit unnötigen Produkten (n=1)
Prozess (n=7)
Ungenauere oder falsche Anordnungen (n=1) Einwegprodukte für Notfallmanagement (Notarzt, Herzalarm, ...) (n=1) Es sollten Verpflichtungen eingeführt werden (n=1) Mangelnde Zeit (n=1) Derzeit gibt es andere Prioritäten (Personal) (n=1) Durchgängiger Prozess nötig (n=2)
Information/Wissen/Einstellung (n=12)
Vorgaben der Institution/Abteilungsleitung (n=2) Fehlendes Bewusstsein (n=2) Welche Geräte müssen angesteckt bleiben? (n=1) Mangelnde Kommunikation der Nachhaltigkeits-Gruppe (n=1)

Menschliche Dummheit (n=1) Alle fliegen in den Urlaub (n=1) Falsche Priorität – es gäbe echte Hot Spots für Nachhaltigkeit (n=1) Fehlendes Wissen von Führungskräften (n=1) Feste Gewohnheiten (n=1) Klimawandel wird zu wenig als Katastrophe gesehen (n=1)
Hygiene (n=9)
Vorgaben der Krankenhaushygiene (n=7) Wischdesinfektion von Einwegprodukten (n=1) Infektionsprävention durch Einwegprodukte (n=1)

Tabelle 15: Hinderliche Aspekte für nachhaltige Arbeitsweisen (eigene Darstellung, 2023)

Als weitere förderliche Faktoren wurden von den Teilnehmer*innen im Freitextfeld am häufigsten Aspekte in Bezug auf Information, Wissen und Einstellung genannt (n=23) (Tabelle 16). Beispielantworten waren:

„Den CO₂-Fußabdruck kennen um besser zwischen Alternativen abwägen zu können und bessere Information über Nachhaltigkeit im Arbeitsalltag zu integrieren.“ (G07Q04)

„Es muss viel klarere Vorgaben top-down geben zum Mülltrennen und zur Müllvermeidung. Die Bereitschaft bei vielen MitarbeiterInnen wäre wahrscheinlich sogar vorhanden.“ (G07Q04)

„Es muss im Alltag und in der Praxis umsetzbar sein und nicht den Arbeitsaufwand erhöhen.“ (G07Q04)

Förderliche Aspekte für nachhaltige Arbeitsweisen (G07Q04)
Wirtschaftlichkeit (n=3)
Kosten sind zu hoch (n=2) Höhere Preise bei Einmalprodukten (n=1)
Medizinprodukte (n=3)
Hoher Anteil an Mehrwegprodukten (n=2) Keine Verpackung für nicht-sterile Produkte nach der Aufbereitung (n=1)
Infrastruktur (n=6)
Zeitschaltuhren (n=1) Autoklaven auf der Station (n=1) Möglichkeiten zum Abfalltrennen, Recycling (n=4)
Personal (n=7)

Nachhaltigkeitsteams Beauftragte (n=2) Vorbildwirkung von Führungskräften (n=2) Vorgaben von Führungskräften (n=3)
Prozess (n=7)
Weiterverwendung von sauberen Produkten aus sterilen Sets (n=1) Absprachen über benötigte Produkte (z. B. für Intubation) (n=1) Verpflichtungen einführen (n=2) Umsetzbarkeit im Alltag (n=3)
Information/Wissen/Einstellung (n=23)
Wissen über nötige Gaskonzentrationen bei volatilen Einleitungen (n=1) Wissen über den CO ₂ -Fußabdruck der verwendeten Produkte (n=1) Wille und Einstellung des Teams ist vorhanden (n=1) Sich aufraffen (n=5) Vorträge, Informationen, Fortbildungen (n=3) Abfallmanagement (n=4) Entsorgungskosten (n=2) Niederschwellige Information (n=2) Guter IQ (n=1) Umfragen wie diese (n=1) Das Bewusstsein einer drohenden Klimakatastrophe (n=2)
Hygiene (n=2)
Hygienemaßnahmen hinterfragen (n=2)

Tabelle 16: Förderliche Aspekte für nachhaltige Arbeitsweisen (eigene Darstellung, 2023)

4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Der Einfluss des Gesundheitssystems auf die Umwelt ist vielfältig und nicht zu unterschätzen: Beispielsweise werden bis zu 10 % Anteil an Treibhausgasen in den (Eckelman & Sherman, 2016, 4f), 7,5 % am Wasserverbrauch und 4,2 % am Abfallaufkommen (Niederlande, Steenjeijer et al., 2022, S. 952) von den Gesundheitssystemen weltweit beigesteuert. Alleine die Verwendung von Narkosegas sorgt für bis zu 120 kg CO₂-Äquivalenten pro Patient*in (MacNeill et al., 2017, S. 384f). Dabei kommt es jedoch auf mehrere Faktoren an: Erstens sind manche Narkosegase weitaus schädlicher für die Umwelt als andere (Bertsch, 2022, S. 324), zweitens ist es abhängig von der Dosierung mittels Frischgasflow (FGF) (Glenski & Levine, 2020, S. 1143ff) und drittens können Narkosegase aufgefangen und wiederaufbereitet werden. Solche Systeme verbreiten sich derzeit großflächig (Kampman & Sperna Weiland, 2023, S. 191f). In diesem Bereich können kombinierte Maßnahmen aus Verzicht auf Desfluran und Lachgas, Reduktion des Frischgasflows und dem Einsatz von Regionalanästhesien und TIVAs, wo es möglich ist, sowohl die CO_{2e}-Emissionen, als auch die Kosten deutlich senken (Davies et al., 2023b, S. 143f, MacNeill et al., 2017, S. 384f). Gleichzeitig gibt es allerdings auch stetig Innovationen im Bereich der volatilen Anästhetika,

die eine Annäherung ermöglichen. Bei niedrigem FGF, einer zielgesteuerten Sevofluran-Konzentration mittels MAC-Wert und mit Narkosegasauffangsystem sind die CO_{2e}-Emissionen von TIVA und balancierter Anästhesie nahezu ident (Hu et al., 2021, S. 4f). In diesem Zusammenhang zeigt sich auch eine Regionalanästhesie als nicht eindeutig CO_{2e}-sparsamer als eine Vollnarkose: Während bei einer singulären Betrachtung der Technik als solche eine Regionalanästhesie etwa 7-mal weniger CO_{2e} produziert, erhöht die Verwendung steriler Sets und eine hohe Flussrate bei der Versorgung der Patient*innen mit Sauerstoff diese dermaßen, dass eine Vollnarkose sparsamer wäre (McGain et al., 2021b, S. 982f).

Möglichkeiten der Einsparung von Emissionen liegen hier vor allem in der Reduktion bzw. Elimination von Desfluran und Lachgas als volatile Anästhetika, der strikten Begrenzung des Frischgasflusses und das Forcieren von Regional- und total intravenösen Anästhesien (Beloeil & Albaladejo, 2021; Bette et al., 2022; Gordon, 2020; Herr et al., 2022; Kampman & Sperna Weiland, 2023; McGain et al., 2019; Petre & Malherbe, 2020; Roa et al., 2020; Schuster et al., 2020; Yeoh et al., 2020). Der Einsatz von Narkosegasauffangsystemen mit anschließender Wiederaufbereitung und -verwendung ist ebenso ein Faktor, um das produzierte CO_{2e} zu reduzieren (Hu et al., 2021, S. 5f).

Ein weiterer Aspekt, der auch in der Praxis noch geklärt werden muss, ist die Verwendung und der Vergleich von Einweg- und Mehrwegprodukten. Mehrwegprodukte sind, was Ressourcen- und Abfallmanagement betrifft, eindeutig den Einwegprodukte vorzuziehen (Asfaw et al., 2021; Bette et al., 2022; Elabed et al., 2019; Kampman & Sperna Weiland, 2023; Petre & Malherbe, 2020; Pradere et al., 2022; Roa et al., 2020; Schuster et al., 2020). Jedoch kommt es auch hier auf den Zweck und die benötigte Menge an: Bei Bronchoskopen beispielsweise, deren Sterilisation komplex ist und große Mengen Energie, Materialien und Wasser verbraucht, sind erst ab einer bestimmten Menge, die je Krankenhaus stark divergiert, die Mehrwegvarianten sparsamer als die Einwegprodukte (Edenharter et al., 2017, S. 1964f). Bei Einwegprodukten aus Metall zeigt sich jedoch in der Literatur das klare Ergebnis, dass diese aus ökologischer Sicht höchst bedenklich sind (Sherman et al., 2018, S. 439f; Kaufmann, 2021, S. 185; Rizan, 2023, S. 51). Die Elimination von Mehrwegprodukten stellt jedoch Krankenhäuser weltweit vor größere Herausforderungen, da die Infrastruktur dafür nicht immer gewährleistet ist. In Australien beispielsweise spielt auch hierbei die Produktion der für die Aufbereitung nötigen Energie eine große Rolle. Die mehrheitlich auf Kohlekraftwerke basierende Energieproduktion würde ein Szenario ohne Einwegprodukte emissionsreicher machen als jenes mit Einwegprodukten (McGain et al., 2017a, S. 864). Diese Tatsache trifft auf Europa nicht zu, sondern würde im Gegenteil dazu führen, dass - um bis zu 84 % (McGain et al., 2017a, S. 867f) - weniger CO_{2e}-Emissionen produziert werden (Unger & Landis, 2016, S. 1999ff).

Als Maßnahmen für die Praxis zeigen sich hier die grundsätzliche Bevorzugung von Mehrwegprodukten und die genaue Abwägung und Begrenzung des Einsatzes von Einwegprodukten (z. B. Bronchoskope in geringen Fallzahlen), vor allem solcher aus Metall. Außerdem zählt dazu auch das Verhindern einer Entsorgung von unbenutzten Medizinprodukten, beispielsweise in vorgepackten sterilen Sets oder durch Vorbereitungsmaßnahmen (Asfaw et al., 2021; Beloeil & Albaladejo, 2021; Duindam, 2022; Elabed et al., 2019; Herr et al., 2022; Petre & Malherbe, 2020; Pradere et al., 2022; Roa et al., 2020; Schuster et al., 2020). Der Anteil der Einwegprodukte hat auch Auswirkungen auf die Abfallmengen und -arten, die produziert werden (Rizan, 2023, S. 165f). Das Gesundheitssystem ist beispielsweise der fünfgrößte Abfallproduzent in Deutschland und gerade in diesem Bereich ist der Anteil an nicht recyclingfähigem Müll hoch, da infektiös, kontaminiert oder fälschlicherweise als solcher entsorgt (Pegg et al., 2022, S. 8f; Rizan, 2023, S. 156f). Die Abfallproduktion ist enorm und es werden pro Operation im Durchschnitt 10,9 kg Abfall produziert (Pegg et al., 2022, S. 10). Hier ist die klare Empfehlung der Wissenschaft, dass Abfall reduziert (**Reduce**) und recycelt (**Recycle**) werden sollte. Weiter vorne angesetzt heißt es, dass der Einsatz von Produkten überdacht (**Re-think**) werden sollte und es weiterer Forschung bedarf (**Research**), wie beispielsweise Produkte schon in ihrem Design gestaltet werden sollten (Ramos et al., 2023, S. 8), um eine umweltfreundlichere Entsorgung bzw. eine Wiederverwendung (**Reuse**) zu ermöglichen (Asfaw et al., 2021; Beloeil & Albaladejo, 2021; Bette et al., 2022; Elabed et al., 2019; McGain et al., 2019; Pradere et al., 2022; Schuster et al., 2020; Sherman et al., 2020; Skowno & Weatherall, 2021).

Die Umsetzung von Maßnahmen im Sinne von Green Anaesthesia bedarf Informationen und Schulungen aller beteiligten Personen. Die Studien von Chambrin et al. (2023) und Wormer et al. (2013) belegten, dass 203 bis 234 Tonnen CO_{2e} durch Implementierung von Nachhaltigkeitsteams und Informationskampagnen eingespart werden konnten.

Laut Umfragen ist Umweltschutz für bis zu 100 % der Personen wichtig und ein Großteil der Mitarbeiter*innen in Anästhesieabteilungen sind an entsprechenden Maßnahmen interessiert. Als Barrieren werden jedoch zu wenig Wissen, die fehlende Unterstützung der Institutionen, inadäquate Infrastruktur und zu wenig Zeit genannt, um nachhaltige Arbeitsweisen zu integrieren. (Ard et al., 2016; Baumann et al., 2022; Petre et al., 2019; Petre et al., 2020; Shah et al., 2023; Tordjman et al., 2022; Zaw et al., 2023)

In der im Zuge dieser Arbeit durchgeführten Umfrage, wurden die Aspekte aus der Literaturrecherche auf ihre bereits erfolgte oder mögliche Umsetzung in der Praxis der österreichischen Anästhesieabteilungen hin untersucht. Außerdem wurde die Einstellung zu Nachhaltigkeit im Beruf erhoben.

89,5 % der 294 Teilnehmer*innen gaben an, dass ihnen Umweltschutz und Nachhaltigkeit im Arbeitsumfeld wichtig ist und 41,5 % wussten über den ökologischen Fußabdruck der verwendeten Medikamente und Medizinprodukte Bescheid. 45,6 % hatten nicht ausreichend Möglichkeiten und 48,3 % stand nicht genug Zeit zur Verfügung, um Umweltaspekte in den Arbeitsalltag miteinzubeziehen. 40,1 % gaben an, dass es in ihrer Institution oder Abteilung Bestrebungen für nachhaltige Arbeitsweisen gibt, aber nur 18,4 % standen Informationen darüber zur Verfügung. Auffallend war, dass weibliche Teilnehmerinnen die Möglichkeiten und die zeitlichen Ressourcen, wie auch die Bestrebungen der Institutionen schlechter bewerteten als Männer. In Bezug auf das Wissen über das Thema waren Anästhesist*innen besser informiert als Anästhesiepflegepersonen. Die häufigsten Maßnahmen, die bereits von den Institutionen/Abteilungen eingeführt wurden, waren Abfalltrennung, Narkosegasrecycling, der Verzicht auf Lachgas und die Bildung von Teams, die sich mit dem Thema beschäftigten.

Es zeigte sich, dass 91,2 % Narkosegase verwendeten, davon mehrheitlich Sevofluran (85,0 %). Über 80 % verwendeten kein Desfluran, Isofluran oder Lachgas mehr. Am häufigsten wurde das Frischgas auf Minimal Flow (57,1 %) und Low Flow (48,3 %) dosiert. 66,0 % würden den Einsatz von volatilen Anästhetika im Allgemeinen reduzieren, etwa 74 % konnten sich vorstellen, auf Desfluran und Lachgas zu verzichten. Der Umgang mit volatilen Anästhetika und dem Frischgasflow war regional unterschiedlich und auch von der Berufserfahrung abhängig.

Einweg-Laryngoskop-Handgriffe und Einweg-Laryngoskop-Spatel wurden eher wenig verwendet (3,1 % und 5,8 %), Einweg-Bronchoskope von 34,7 % und Einweg-Larynxmasken verwendete die Mehrheit (82,3 %). Gut die Hälfte der Befragten (58,8 % und 53,4 %) gab an, dass Einweg-Textilien und Einweg-Instrumente aus Metall üblich seien. 70,4 % der Teilnehmer*innen konnten sich vorstellen, den Anteil von Einwegprodukten zu reduzieren.

45,6 % schalteten nicht verwendete Geräte aus, 45,6 % trennten den Abfall, um ihn zu recyceln, 36,7 % entsorgten den gesamten Abfall als Restmüll, 98,6 % verwendeten vorgefertigte sterile Sets und 37,8 % entsorgten üblicherweise unbenutzte Produkte aus Sets oder Vorbereitungen. 75 % der Teilnehmer*innen sahen in diesen Bereichen Potenzial für Verbesserungen. Die Bereitschaft zu recyceln und Strom zu sparen korrelierte mit dem Alter dahingehend, dass jüngere Teilnehmer*innen hier weniger Bereitschaft zeigten.

Die größten Barrieren für die Umsetzung waren laut Teilnehmer*innen die Vorgaben der Institutionen, Liefer- und Beschaffungsentscheidungen und fehlendes Wissen. Außerdem wurden fehlende Möglichkeiten zum Trennen von Abfall und zu viele Vorgaben der Krankenhaushygiene angegeben. Förderliche Faktoren waren Wissen und Information, eine passende Infrastruktur und institutionelle Vorgaben. Daneben wurde auch die Einstellung aller Beteiligten Personen genannt.

5 Diskussion

Durch spezifische Methoden, Medizinprodukte und Medikamente trägt die Anästhesie überdurchschnittlich zum ökologischen Fußabdruck bei. Die Verwendung volatiler Anästhetika (Narkosegase) verdoppelt oder verdreifacht den Anteil von Anästhesist*innen im Vergleich zum Durchschnitt der Menschen in Deutschland (Coburn et al., 2020, S. 821). Green Anaesthesia ist ein Prozess zur Reduktion des ökologischen Fußabdrucks in der Anästhesie (Burrell, 2018, S. 630) und als solcher ein Versuch, nachhaltige und umweltfreundliche Arbeitsplätze zu schaffen, die im besten Fall auch noch kostensparend agieren (Wormer et al., 2013, S. 667). Diese Form des Umweltbewusstseins ist erst in jüngster Zeit in den Operationssälen vorherrschend (Trampitsch, 2022, S. 172). Der Anstoß für diese Entwicklung kommt häufig aus der Praxis und zeigt, dass es den Mitarbeiter*innen der Anästhesieabteilungen und in den OPs wichtig ist, als Teil des Gesundheitswesens nicht selbst negativ zum Klimawandel und dessen gesundheitliche Folgen beizutragen (Weisz et al., 2019, S. 7). Ziel dieser Arbeit war es, wissenschaftlich fundierte Informationen zur Nachhaltigkeit von Produkten und Methoden in der Anästhesie zu finden, um Möglichkeiten für ökologische Einsparungen zu generieren und diese auf ihr Anwendungspotenzial in Österreich hin zu überprüfen. Es sollte damit möglich sein, Handlungsempfehlungen im Sinne einer „Green Anaesthesia“ für die Praxis abzuleiten. Inwieweit eine solche Anwendung von nachhaltigen Methoden und Medizinprodukten in der Berufspraxis der Anästhesie in Österreich durchführbar ist, sollte ebenfalls mithilfe der Forschungsfragen beantwortet werden.

5.1 Beantwortung der Forschungsfragen

Forschungsfrage 1: Welchen Einfluss haben Anästhesieformen, Medikamente und Medizinprodukte auf den ökologischen Fußabdruck der Anästhesie?

Die Implementierung von Green Anaesthesia bzw. einzelnen Aspekten zur Reduktion des ökologischen Fußabdrucks in der Anästhesie besitzt großes Potenzial, sowohl was die CO_{2e}-Emissionen, aber auch die Kosten betrifft. Die Elimination von Desfluran und Lachgas (Narkosegase mit einem hohen Global Warming Potential) trägt dazu bei, CO₂-Äquivalente von Anästhesieabteilungen um 68 % (Richter et al., 2020, S. 157) bis 90 % (MacNeill et al., 2017, 384f) zu senken. Ein niedriger Frischgasflow kann die Menge an volatilen Anästhetika, die der Atemluft zugeführt wird, reduzieren und somit die Produktion von Treibhausgasen um bis zu 25 % senken (Glensky & Levine, 2020, S. 1143). TIVA und Regionalanästhesie verringern durch den Wegfall von volatilen Anästhetika die CO_{2e}-Emissionen um bis zu 50 % (Narayanan et al., 2022, S. 233f), jedoch kommt es durch die Verwendung von nicht angepassten sterilen Sets (Regionalanästhesie) und hohem Flow bei der O₂-Versorgung zu einer Angleichung (McGain et al., 2021b, S. 982f). Hier zeigt die Forschung von

McGain et al. (2021b) allerdings auch, dass diese Ergebnisse zwar beispielsweise in Australien und China gültig sind, jedoch in Europa und den USA nicht. In Europa produziert die Anwendung einer Spinalanästhesie um 17 % weniger CO_{2e} als eine Allgemeinanästhesie, was vor allem auf die Unterschiede in der Energieproduktion zurückzuführen ist (McGain et al., 2021b, S. 983f). Die Entwicklung hin zu einem hohen Anteil an Einwegprodukten kann die Abfallmengen und somit auch den ökologischen Fußabdruck auf das 18- (Sherman et al., 2018, S. 434ff) bis 40-fache (Sanchez et al., 2020, S. 4) erhöhen. Das Ausschalten nicht verwendeter Geräte, wie zum Beispiel der Narkosegasabsaugung oder der Klima- und Lüftungsanlagen spart große Mengen Strom und reduziert indirekte CO_{2e}-Emissionen um bis zu 50 % (MacNeill et al., 2017, S. 386). In Bezug auf das Abfallmanagement belegte eine Zusammenführung von Pegg et al. (2022, S. 8f) und Rizan (2023, S. 156f), dass eine Verhaltensänderung einzelner Personen im OP rund 9.000 t CO_{2e} pro Jahr in UK einsparen kann. (Kapitel 4.1). In diesem Zusammenhang zeigte eine Arbeit von Thao et al. (2009), zit. aus Rizan (2023, S. 155), dass durch die Rückgewinnung von Energie bei der Verbrennung von Abfall die CO_{2e}-Emissionen um 42 % reduziert wurden.

Chambrin et al. (2023, S. 106) und Wormer et al. (2013, S. 668) legten dar, dass alleine durch die Bereitstellung von strukturierter und systematisierter Information und die daraus nachfolgende Verhaltensänderung in der Praxis 234,3 bis 3.800 Tonnen CO_{2e} pro Jahr eingespart werden konnten. Eine prospektive Untersuchung von Rouvière et al. (2022, S. 4) belegte ebenfalls ein Potenzial von 203 Tonnen CO_{2e}-Einsparungen neben einer massiven Reduktion der verbrauchten Ressourcen auf.

Die Reduktionen, die durch Maßnahmen der Green Anaesthesia generiert werden können, sind jedoch nicht zur Gänze umlegbar auf andere Länder und Regionen. McGain et al. (2017a, S. 867f) zeigten in einer Untersuchung, dass, während in Australien der Umstieg von Einweg- auf Mehrwegprodukte die Emissionen um 10 % erhöhen würde, die gleiche Maßnahme in UK die Emissionen um 84 % senken würde.

Ein Beispiel für Produkte, bei denen sich keine klare Empfehlung aus der Literatur ableiten lässt, sind Bronchoskope. Hier fällt die Wahl aus Gründen der Prävention von Kreuzinfektionen und der nicht eindeutigen Datenlage immer häufiger auf Einwegprodukte. Studien, die Vergleiche zwischen Einweg- und Mehrweg-Bronchoskopen anstellen, sind sehr selten und oft unseriös, da sie auf Sponsoring basieren (z. B. (Sørensen & Grüttner, 2018)). Ein Vergleich der Kosten für Einweg- oder Mehrweg-Bronchoskope brachte hervor, dass die Einweg-Varianten kosteneffektiver sind als die Mehrwegvarianten und diese Spanne noch größer wird, wenn die erhöhte Gefahr von Infektionen eingerechnet wird (McCahon & Whyne, 2015, S. 700ff; Mouritsen et al., 2020, S. 538). In diesem Zusammenhang zeigen neue Forschungsergebnisse, dass die Übertragung von Krankheitserregern in der Anästhesie hauptsächlich durch mangelnde Händehygiene passiert und die Annahme, dass

Mehrwegprodukte dafür verantwortlich seien, auf schwachen wissenschaftlichen Argumenten beruht (Bhutta, 2021, S. 710; Bolten et al., 2022, S. 69f; Reynier et al., 2021, S. 7).

Forschungsfrage 2: Welche Möglichkeiten ergeben sich in der Anästhesie, nachhaltigere Arbeitsweisen zu schaffen und welche förderlichen und hemmenden Faktoren bestehen in der Praxis?

Möglichkeiten (Kapitel 4.1.6)

- Informationsveranstaltungen und Fortbildungen zu Themen aus der Green Anaesthesia und den Auswirkungen von hohen CO₂-Emissionen.
- Durchführung von balancierten Anästhesien (mit volatilen Anästhetika) nur in Kombination mit einem niedrigen Frischgasflow (Low Flow, Minimal Flow, Metabolic Flow), mittels MAC-Steuerung und eventuell mit Narkosegasauffangsystem.
- Durchführung von TIVAs und Regionalanästhesien, wenn es im Sinne der Patient*innen möglich und sicher ist.
- Implementierung eines Abfallmanagements mit Schulungen der Mitarbeiter*innen zu Abfallarten und -mengen und den Auswirkungen einer adäquaten Abfalltrennung.
- Fortbildungen zu den „5 Rs“ der Nachhaltigkeit (Reduce, Reuse, Recycle, Rethink und Research).
- Bildung von Nachhaltigkeitsteams zum Theorie-Praxis Transfer und Erarbeitung von Standards und Prozessen.
- Verbindliche Vorgaben der Institutionen, um ein kollektives Bewusstsein zu schaffen.
- Reduktion von unnötigen Produkten in vorgepackten sterilen Sets, um das Entsorgen von unbenutzten Produkten zu vermeiden.
- Elimination von ökologisch bedenklichen Einwegprodukten aus Metall bzw. Schaffung einer Möglichkeit zum Recycling dieser Produkte, wenn nicht anders möglich.

Förderliche Faktoren (Kapitel 4.2.6)

- Wissen und Information
- Eine passende Infrastruktur
- Institutionelle Vorgaben
- Persönliche Einstellung der beteiligten Personen zum Thema

Hemmende Faktoren (Kapitel 4.2.6)

- Vorgaben der Institutionen
- Liefer- und Beschaffungsentscheidungen
- Fehlendes Wissen

- Fehlende Möglichkeiten zum Trennen von Abfall
- Zu viele Vorgaben der Krankenhaushygiene

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass das Wissen um dieses Potenzial in die Praxis transportiert werden muss, um die Mitarbeiter*innen zu sensibilisieren und zu motivieren, sich aktiv an der Verringerung des ökologischen Fußabdrucks zu beteiligen.

Die Umfrageergebnisse lassen darauf schließen, dass solche Informationen im Arbeitsalltag nicht bereitstehen, und dass Schulungen zu den Themen ökologischer Fußabdruck der verwendeten Medikamente und Medizinprodukte im Allgemeinen und volatile Anästhetika, Einwegprodukte und Abfallmanagement im Speziellen benötigt werden, um die Information zu den Mitarbeiter*innen in die Praxis zu transferieren (Duindam, 2022; Elabed et al., 2019; Petre & Malherbe, 2020; Salas et al., 2020; Trampitsch, 2022; Wormer et al., 2013). Die Entwicklung hin zu nachhaltigen Strukturen kann zwar von der Praxis in die Führungsebene (bottom-up) aus angestoßen werden, jedoch müssen die Möglichkeiten dazu vom Management für die Praxis (top-down) geschaffen werden. Es braucht Zeit, um sich mit Abfalltrennung und Alternativen zu volatilen Anästhetika zu beschäftigen, es braucht Infrastruktur und Platz, um ein Abfalltrennsystem benutzerfreundlich zu betreiben und es braucht Wissen und Mut von Führungskräften, um sich nicht beispielsweise dem Trend zu Einwegprodukten unreflektiert anzuschließen. Solches Wissen wird auch mittels Ökobilanzen (LCA) generiert, welche die Auswirkungen auf die Umwelt von der Produktion der Rohstoffe bis zur erfolgten Entsorgung ausweisen (Austrian Standards International, 2021). Ökobilanzen können jedoch nicht auf andere Länder, Regionen, Bereiche oder Settings übernommen werden, sondern müssen angepasst, wenn nicht sogar neu durchgeführt werden.

Informationen sollten in einer Art und Weise aufbereitet werden, dass sie interpretierbar, vergleichbar und nachvollziehbar sind, und folglich von Mitarbeiter*innen verwendet werden können. Beispiele dafür sind:

- Eine siebenstündige Allgemeinanästhesie mit einem Liter FGF und Sevofluran entspricht einer Fahrt von 1.500 Kilometern, bei der Verwendung von Desfluran sind es fast 8.000 Kilometer (Trampitsch, 2022, S. 173).
- Gezielte Informations- und Schulungsmaßnahmen und die folgende Reduktion von Narkosegas um 25 % entsprach in einer Untersuchung einer nicht gefahrenen Strecke von mehr als 110.000 Kilometern (Glenski & Levine, 2020, S. 1139).
- Skowno et al. (2021, S. 1782) berechneten, wie vielen gefahrenen Kilometern die Verwendung von einigen Narkosegasen entspricht. Desfluran entsprach dabei 746 km, Propofol nur 2,2 km.

- Die Umstellung von Allgemeinanästhesien auf Spinalanästhesien bei allen Wirbelsäulenoperationen in den USA würde so viel CO_{2e} einsparen, wie eine Autofahrt über 44,6 Millionen Kilometer produziert oder 1,3 Milliarden Smartphone-Ladungen verbrauchen (Wang et al., 2022, S. 202).
- Gemessen an der Anzahl von Autos auf den Straßen in UK würde ein Umstieg auf Mehrwegprodukte einer Reduktion von mehr als 1.000 Autos entsprechen (McGain et al., 2017a, S. 867f).
- Strukturierte Informationskampagnen zu nachhaltigen Methoden können die Menge an CO_{2e} sparen, die 71 Weltumrundungen mit dem Auto produzieren würde (Rouvière et al., 2022, S. 4)
- US-amerikanische Krankenhäuser produzieren jährlich so viel Abfall, wie 25 der weltweit größten Kreuzfahrtschiffe gemeinsam wiegen (Gordon et al., 2022, S. 688).

Die Analyse der Literatur ergab, dass große regionale Unterschiede vorherrschen, welche Voraussetzungen für die Möglichkeit, nachhaltig zu handeln, existieren. Diese haben folglich Auswirkungen auf die Erfolge von Maßnahmen: Krankenhäuser, die keine eigene Aufbereitungseinheit für Medizinprodukte besitzen und weite Strecken bis zur nächsten derartigen Einrichtung zurücklegen müssen, können durch den Einsatz von Einwegprodukten möglicherweise weniger Emissionen generieren als durch Mehrwegprodukte (McGain et al., 2017a, S. 867f). Bei einer emissionsreichen Stromproduktion kann es Sinn machen, auf eine energie- und wasserreiche Wiederaufbereitung zu verzichten. Abteilungen, die ungünstige Kombinationen aus Narkosegas und Frischgasflow verwenden, können ihren ökologischen Fußabdruck bedeutend stärker senken als Krankenhäuser, in denen ausschließlich Low Flow-Anästhesien mit Sevofluran durchgeführt werden (MacNeill et al., 2017, S. 384f).

Weitere Überlegungen, die Reduktion der Auswirkungen auf die Umwelt betreffend, behandeln die Wiederaufbereitung bzw. Re-Manufakturierung von Einweg-Medizinprodukten. Hier wird bereits von Produktionsfirmen versucht, zumindest einzelne Komponenten ihrer Produkte bei der Herstellung wiederzuverwenden (Meister et al., 2023, S. 1ff). Es besteht in der wissenschaftlichen Literatur breiter Konsens darüber, dass die Reduktion von Einweg-Produkten und das Recycling von Produkten oder Komponenten den ökologischen Fußabdruck verringern würde (Keil et al., 2023, S. 61) und gerade deshalb sollte die Diskussion zwischen Expert*innen für Nachhaltigkeit und Expert*innen für Infektionskontrolle jedenfalls fortgesetzt werden und zu Leitlinien führen, die die Anwender*innen der Praxis in ihren Entscheidungen unterstützen (Sherman et al., 2020, S. 8).

Forschungsfrage 3: Welche Maßnahmen zur Reduktion des ökologischen Fußabdrucks können in der Praxis umgesetzt werden bzw. werden in österreichischen Anästhesieabteilungen bereits umgesetzt?

Die in dieser Arbeit durchgeführte Umfrage ergab, dass Umweltschutz und Nachhaltigkeit wichtige Themen in der Praxis sind, jedoch das Wissen über die verwendeten Medikamente und Produkte nur mäßig vorhanden ist und Möglichkeiten und Zeit als fehlend bewertet werden. Auch Baumann et al. (2022), Petre et al. (2019) und Ard et al. (2016) konnten in ihren Untersuchungen zeigen, dass ein Großteil der Personen an Nachhaltigkeitsthemen interessiert war und sie auch als wichtig für die Praxis einstufte. Die Umsetzung jedoch war aufgrund von fehlendem Wissen, zu wenig Zeit und mangelnde Unterstützung durch die Führungskräfte eingeschränkt. Auch das Wissen über den ökologischen Fußabdruck von verwendeten Medikamenten und Produkten wurde in den Studien ähnlich schlecht eingestuft.

Die österreichischen Teilnehmer*innen verwendeten hauptsächlich (80 %) Sevofluran für die Durchführung von Allgemeinanästhesien und nur jeweils knapp über 4 % Desfluran bzw. Lachgas. In der Umfrage von Shah et al. (2023) gaben 48 % an, Desfluran zu verwenden und das mit einem Frischgasflow von mindestens einem Liter/min. Hier wäre eine Reduktion bzw. ein Verzicht darauf mit einer drastischen Reduktion der CO_{2e}-Emissionen um bis zu 68 % verbunden (Richter et al., 2020, S. 158), während eine Low Flow-Anästhesie mit Sevofluran eher mit einer TIVA vergleichbar ist und nicht so viel Potenzial für Einsparungen bereithält (Hu et al., 2021, S. 5f).

Die durchgeführte Umfrage zeigte, dass Einweg-Laryngoskop-Handgriffe und -Spatel nur sehr selten verwendet wurden (3 - 6 %). Dieser Trend zeigte sich auch in einer Umfrage von von Hii et al. (2020, S. 499). Vor allem die Einweg-Varianten aus Metall sind für die Umwelt bedenklich und sollten nur sehr selten eingesetzt werden (Sherman et al., 2018, S. 439f; Kaufmann, 2021, S. 185; Rizan, 2023, S. 51). Einweg-Bronchoskope jedoch werden häufiger (34,7 %) verwendet und hier zeigt sich, dass Gründe dafür vor allem in der Angst vor Kreuzkontaminationen liegen, die sich durch Covid-19 noch verstärkt hat (McGain et al., 2021a, S. 120). Einweg-Larynxmasken werden von über 80 % der Umfrage-Teilnehmer*innen verwendet. Hier belegt die Literatur, dass Mehrweg-Larynxmasken um 50% weniger Einfluss auf die Umwelt haben als die Einweg-Varianten (Eckelman et al., 2013, S. 18), wobei allerdings nur 26 % der Teilnehmer*innen der durchgeführten Umfrage einem Verzicht dieser Produkte positiv gegenüber stehen.

Als in der Praxis umsetzbar werden vor allem Maßnahmen bewertet, die auf die Reduktion von bestimmten Medikamenten (Desfluran, Lachgas, etc.) und bestimmten Produkten (Einweg-Laryngoskop-Handgriffe, Einweg-Instrumente aus Metall, etc.) abzielen. Ein generelles Verbot dieser Medikamente und Produkte wird schlechter bewertet. Volatile

Anästhetika können reduziert, manche (Desfluran, Lachgas) sogar eliminiert werden, was vielerorts (80 %) bereits geschehen und auch weiter geplant ist. Der Anteil von Einwegprodukten kann reduziert werden, vor allem im Bereich der Einweg-Laryngoskope und der Einwegprodukte aus Metall, wobei die erstgenannten bereits jetzt nur sehr selten (<6 %) verwendet werden. Für etwa 80 % der Befragten erscheint es möglich, im Bereich Abfallmanagement und Energieverbrauch Maßnahmen umzusetzen, was gerade deshalb großes Potenzial beinhaltet, weil es für weniger als die Hälfte (45,6 %) der Befragten in der Umfrage üblich war, dass der Abfall getrennt und unnötiger Stromverbrauch vermieden wird. Das Bewusstsein für nachhaltige Themen kann durch Wissen und Information in die Praxis einfließen, was durch die Implementierung von Nachhaltigkeits-Teams bereits teilweise erfolgt, jedoch von den Verantwortlichen noch zu wenig gefördert wird (Kapitel 4.2).

5.2 Schlussfolgerungen

Die Umsetzung von Green Anaesthesia als Bündelung von Maßnahmen kann den ökologischen Fußabdruck der Anästhesie verringern. Das Thema findet sich in allen Aspekten der anästhesiologischen Praxis wieder und schafft Möglichkeiten, sowohl die Treibhausgasemissionen, als auch die Abfallmengen und den Ressourcenverbrauch zu verringern. Um solche Maßnahmen in die Praxis zu implementieren, bedarf es Information und Schulungen für die Mitarbeiter*innen, um die Ausgangslage, das Potenzial der Maßnahmen und Möglichkeiten zur Umsetzung zu kennen. Das Ergebnis einer solchen Implementierung hängt stark von den baulichen Eigenschaften der einzelnen Krankenhäuser, der Infrastruktur in der Region und sogar von der Energieversorgung im Land ab. Außerdem liegt ein großer Teil der Umsetzung direkt bei den einzelnen Mitarbeiter*innen und deren Gestaltung im Arbeitsalltag. Zur Koordinierung bedarf es deshalb Vorgaben und Leitlinien der Institutionen und Abteilungen.

Einige Aspekte der Green Anaesthesia können schnell und mit großer Zustimmung der ausführenden Personen verändert werden, wie beispielsweise ein Verzicht auf Desfluran und Lachgas, eine verbesserte Abfalltrennung oder das Ausschalten von nicht verwendeten Geräten. Andere Maßnahmen bedürfen einer koordinierten Arbeit, beispielsweise eines Nachhaltigkeitsteams, wie die Reduktion von unnötigen Produkten in sterilen Sets oder der Umprogrammierung von Lüftungs- und Klimaanlage auf anwesenheitsbezogene Zeiten. Auch vorgeschaltete Bereiche wie das Beschaffungswesen und nachgelagerte Bereiche wie das Abfallentsorgungswesen sollten in das Konzept miteingebunden werden.

Aufgrund der Abhängigkeit des Erfolgs von Maßnahmen der Green Anaesthesia von den örtlichen Gegebenheiten bedarf es auch einer engen Zusammenarbeit mit Wissenschaft und Forschung, um die optimalen Produkte und Methoden auszuwählen. Tabelle 17 zeigt

ein Beispiel für eine Checkliste, mit deren Hilfe die Umsetzung von Green Anaesthesia in Anästhesieabteilungen gestartet werden könnte.

Checkliste als Beispiel für die Ableitung von Maßnahmen für die Praxis:

Themenbereiche	Konzepte	
Kooperation aller Mitarbeiter*innen	Nachhaltigkeits-Teams gründen	<input type="checkbox"/>
	Informationen in der Praxis verbreiten	<input type="checkbox"/>
	Schulungen anbieten	<input type="checkbox"/>
Anästhesieformen	Auf Desfluran und Lachgas verzichten	<input type="checkbox"/>
	Frischgasflow auf Low Flow oder Minimal Flow	<input type="checkbox"/>
	TIVA mit Propofol, wenn möglich	<input type="checkbox"/>
	Regionalanästhesie forcieren	<input type="checkbox"/>
Ressourcenmanagement	Erneuerbare Energien nutzen	<input type="checkbox"/>
	Gut gewartete und energiesparende elektrische Geräte einsetzen	<input type="checkbox"/>
	Klima- und Lüftungsanlagen nur zu Betriebszeiten einschalten	<input type="checkbox"/>
	Bewegungssensoren in den Gängen	<input type="checkbox"/>
	Flächendeckend LED-Lampen	<input type="checkbox"/>
Abfallmanagement		
Reduce	Beatmungsschläuche 7 Tage verwenden	<input type="checkbox"/>
	Keine unnötigen Produkte in sterilen Sets	<input type="checkbox"/>
	Adäquate Ampullengröße	<input type="checkbox"/>
Reuse	Einsatz von Mehrwegprodukten forcieren	<input type="checkbox"/>
	Larynxmasken	<input type="checkbox"/>
	Laryngoskope	<input type="checkbox"/>
	OP-Textilien	<input type="checkbox"/>
Recycle	Recyclingkonzept entwickeln	<input type="checkbox"/>
	Papier/Karton	<input type="checkbox"/>
	Plastik	<input type="checkbox"/>
	Glas	<input type="checkbox"/>
	Metall	<input type="checkbox"/>
Re-think	Lieferanten überprüfen	<input type="checkbox"/>
Research	Audits etablieren	<input type="checkbox"/>
	Benchmarking	<input type="checkbox"/>
	Ökologische Forschungsprojekte durchführen	<input type="checkbox"/>
Mobilität	Öffentliche Verkehrsmittel fördern	<input type="checkbox"/>
	Radabstellplätze bauen	<input type="checkbox"/>
	Lokale Fortbildungen bevorzugen	<input type="checkbox"/>
	Online-Konferenzen besuchen	<input type="checkbox"/>

Tabelle 17: Checkliste für den Beginn eines Nachhaltigkeitskonzepts in einer Anästhesieabteilung (eigene Darstellung, 2023 nach Koch & Pecher, 2020)

5.3 Limitationen

Das Thema Green Anaesthesia ist stark mit dem Gesamtbild „OP“ verbunden und ist schwer daraus zu separieren. In dieser Arbeit wurde versucht, den Fokus auf die Produkte und Methoden der Anästhesie zu legen. Bereiche der Infrastruktur (Stromversorgung, Operationstechniken, Operationstextilien, Vorgaben der Raumlüftung, etc.) wurden nur rudimentär behandelt. Auch die Schnittstellen zum Aufwachraum und zur Intensivstation wurden nicht näher bearbeitet.

Anstatt einer detaillierten Bearbeitung von einzelnen Aspekten wurde der Fokus dieser Arbeit auf eine Übersicht gelegt. Auch die Umfrage wurde in Abhängigkeit der Forschungsarbeit auf einen Überblick beschränkt. Die genaue Analyse von beispielsweise Larynxmasken oder Atemkalksystemen muss Teil weiterer Untersuchungen sein.

Die behandelten Ökobilanzen sind in den Forschungsarbeiten auf Länder, Regionen oder sogar einzelne Krankenhäuser bezogen und eine Generalisierung und Umlegung auf Österreich ist vielfach nicht möglich. Es bleibt Aufgabe weiterer Forschung, sich mit den Spezifikationen von Lieferketten, Entfernungen, politischen Vorgaben und Energie- und Wasserversorgung auseinanderzusetzen.

In der analysierten Literatur finden sich unterschiedliche Angaben zum Global Warming Potenzial einzelner Produkte. In dieser Arbeit wurden deshalb die Zahlen des Weltklimarats und der Vereinten Nationen verwendet.

Die Bewertung der verwendeten Studien war komplex und aufgrund der vielfältigen Studiendesigns nicht einheitlich durchzuführen. Bei den Life Cycle Assessments wurde deshalb die Norm ÖNORM EN ISO 14040 (Ökobilanzen – Grundsätze und Rahmenbedingungen) als Grundlage für die Interpretation und Einhaltung der Rahmenbedingungen herangezogen.

Die Studien von Sørensen & Grüttner (2018) und Sørensen et al. (2022) waren Auftragsstudien eines Herstellers von Einweg-Bronchoskopen und haben nur mangels Alternativen Erwähnung in dieser Arbeit gefunden. Die Ergebnisse daraus wurden nicht für weitere Interpretationen verwendet.

Die Grundgesamtheit für die Umfrage konnte nur geschätzt werden, nachdem es keine Register für Anästhesiepflegepersonen gibt und die Anzahl nur den einzelnen Krankenhäusern bekannt sein dürfte. Die Kontaktaufnahme via Multiplikatoren und über die Kollegialen Führungen der Krankenhäuser war der fehlenden Möglichkeit zur direkten Kontaktaufnahme mit den Mitarbeiter*innen der Praxis geschuldet und kann dazu geführt haben, dass ein Teil der Grundgesamtheit die Möglichkeit zur Teilnahme an der Umfrage nicht erhalten hat. Auch die Tatsache, dass die Umfrage von einigen Trägerorganisationen nicht weitergeleitet wurde, hat die Größe der Stichprobe womöglich verringert. Der Modus einer solchen Selbstselektionsstichprobe wurde aus Döring & Bortz (2016, S. 297) entnommen.

Weitere Forschung könnte sich auf Interviews mit Abteilungsleiter*innen konzentrieren und so womöglich mit qualitativem Studiendesign mehr neue Erkenntnisse aus der Praxis generieren.

5.4 Ausblick

Grundsätzlich ist der Großteil der Mitarbeiter*innen der Anästhesie bereit, nachhaltige Methoden in der Praxis umzusetzen, aber durch mangelnde Vorgaben der Institutionen, fehlender Infrastruktur und Zeitmangel können die Arbeitnehmer*innen nicht nach ihren Überzeugungen handeln. Hier würden Kampagnen, Programme oder Vorgaben, die zum Umweltschutz beitragen, auf großes Potenzial zur Umsetzung stoßen. Diese müssen jedoch genau geplant werden. Jedes Land, jedes Krankenhaus und jede Abteilung muss unter Beachtung der baulichen und logistischen Gegebenheiten, der Ausstattung und der angebotenen Methoden gesondert betrachtet und bewertet werden. Nur unter Einbezug dieser Aspekte ist es möglich, Aussagen zum Erfolg bei einer Implementierung von nachhaltigen Methoden zu tätigen. Dazu bedarf es Ökobilanzen von Produkten und Prozessen zum Vergleichen von Alternativen. Das Thema der Nachhaltigkeit wird mit Fortschreiten des Klimawandels sowohl in der Anästhesie, als auch in allen anderen Bereichen des Gesundheitswesens und anderen Wirtschaftssektoren eine immer größere Rolle spielen. Ausgehend von der persönlichen Einstellung der Mitarbeiter*innen in der Praxis, aber auch den Verantwortlichen im Management, betreffend Reputation, Marketing, Wirtschaftlichkeit und Ressourcenknappheit, wird der Weg in Richtung Verringerung des ökologischen Fußabdrucks führen müssen. Um diesen Herausforderungen adäquat begegnen zu können, bedarf es wissenschaftlicher Forschung spezifisch auf einzelne Bereiche, Regionen, Krankenhäuser und sogar Abteilungen hin ausgerichtet, um die regionale Infrastruktur und Ausstattung mit einbeziehen zu können. Die COVID-19-Pandemie hat gezeigt, dass durch Abhängigkeiten in der Lieferung von Medizinprodukten schnell ein Mangel entstehen kann und in dieser Beziehung wäre ein hoher Grad an Mehrwegprodukten, die im eigenen Krankenhaus wiederaufbereitet werden können, ein weiterer Anreiz um, abhängig von der Produktkategorie, Einwegprodukte zu reduzieren. Der Einfluss des Gesundheitswesens auf das Klima ist vorhanden und messbar. Die in dieser Arbeit dargebrachten Zahlen belegen, dass oft schon durch minimale Veränderungen in der Praxis positive Auswirkungen möglich sind. Die Informationen darüber müssen gemeinsam mit der Bereitstellung von Zeit und Infrastruktur in die Praxis gelangen, um dort auf jene Personen zu treffen, die zwar gerne nachhaltig arbeiten würden, es aber noch nicht können.

„Healthcare choices we make in 2021 cannot be allowed to lead to a climate catastrophe in 2050.“ (Skowno & Weatherall, 2021, S. 1784)

6 Literaturverzeichnis

- Ali, M., Wang, W. & Chaudhry, N. (2016). Application of life cycle assessment for hospital solid waste management: A case study. *Journal of the Air & Waste Management Association* (1995), 66(10), 1012–1018. <https://doi.org/10.1080/10962247.2016.1196263>
- Ard, J. L., Tobin, K., Huncke, T., Kline, R., Ryan, S. M. & Bell, C. (2016). A Survey of the American Society of Anesthesiologists Regarding Environmental Attitudes, Knowledge, and Organization. *A & A case reports*, 6(7), 208–216. <https://doi.org/10.1213/XAA.0000000000000184>
- Asfaw, S. H., Galway, U., Hata, T., Moyle, J. & Gordon, I. O. (2021). Surgery, anesthesia, and pathology: A practical primer on greening the delivery of surgical care. *The Journal of Climate Change and Health*, 4, 100076. <https://doi.org/10.1016/j.jo-clim.2021.100076>
- Austrian Standards international (1. Mai 2020). *ÖNORM ISO 20400:2020: Nachhaltiges Beschaffungswesen (Leitfaden)*.
- Austrian Standards international (1. März 2021). *ÖNORM EN ISO 14040:2021: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen*. Wien.
- Austrian Standards international (15. Januar 2023). *ÖNORM EN 17687:2023. Öffentliche Beschaffung - Integrität und Rechenschaftspflicht: Anforderungen und Leitfaden*. Wien.
- Baerg, T., Klapman, S., Cloyd, B., Hovord, D., Edelman, T., Healy, D. & Schechtman, S. (2021). Identifying patterns of utilization of single-use video laryngoscopy and supraglottic airway devices to reduce waste. *Journal of Head & Neck Anesthesia*, 5(1), e35-e35. <https://doi.org/10.1097/HN9.0000000000000035>
- Baumann, A. A. W., Conway, N., Doblinger, C., Steinhauser, S., Paszko, A., Lehmann, F., Schneider, G., Schulz, C. M. & Schneider, F. (2022). Mitigation of climate change in health care: A survey for the evaluation of providers' attitudes and knowledge, and their view on their organization's readiness for change. *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen*, 173, 108–115. <https://doi.org/10.1016/j.zefq.2022.05.013>
- Bein, T., Karagiannidis, C., Gründling, M. & Quintel, M. (2020). Neue intensivmedizinische Herausforderungen durch Klimawandel und globale Erderwärmung [New challenges for intensive care medicine due to climate change and global warming]. *Der Anaesthetist*, 69(7), 463–469. <https://doi.org/10.1007/s00101-020-00783-w>

- Beloel, H. & Albaladejo, P. (2021). Initiatives to broaden safety concerns in anaesthetic practice: The green operating room. *Best practice & research. Clinical anaesthesiology*, 35(1), 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2020.07.010>
- Bertsch, S. (2022). Die klimafreundliche NarCO₂se. *Intensiv*(30), 323–328.
- Bette, B., Kim, S.-C., Kruse, P. & Coburn, M. (2022). Sustainable Work in Anaesthesiology and Intensive care medicine. *AINS*(57), 647–654.
- Bhutta, M. F. (2021). Our over-reliance on single-use equipment in the operating theatre is misguided, irrational and harming our planet. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 103(10), 709–712. <https://doi.org/10.1308/rcsann.2021.0297>
- Bolten, A., Kringos, D. S., Spijkerman, I. J. B. & Sperna Weiland, N. H. (2022). The carbon footprint of the operating room related to infection prevention measures: a scoping review. *The Journal of hospital infection*, 128, 64–73. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2022.07.011>
- Brugger, K., Schmidt, A. E., Durstmüller, F. & Aigner, E. (2023). *Treibhausgasemissionen des österreichischen Gesundheitswesens: Stand der Wissenschaft und ausgewählte Ansatzpunkte zur Reduktion: Ergebnisbericht*. Wien. Gesundheit Österreich GmbH. https://jasmin.goeg.at/2825/1/Treibhausgasemissionen%20des%20%C3%B6sterreichischen%20Gesundheitswesens_bf.pdf
- Brundtland, G. H., Khalid, M., Agnelli, S., Al-Athel, S. A., Casanova, P. G., Chidzero, B. T. G., Padika, L. M., Hauff, V., Lang, I., Shijun, M., do Botero, M. M., Singh, N., Nogueira-Neto, P., Okita, S., Ramphal, S. S., Ruckelshaus, W. D., Sahnoun, M., Salim, E., Shaib, B., . . . MacNeil, J. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development: Brundtland-Report*. Grevén. World Commission on Environment and Development. <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- Buhre, W., Disma, N., Hendrickx, J., DeHert, S., Hollmann, M. W., Huhn, R., Jakobsson, J., Nagele, P., Peyton, P. & Vutskits, L. (2019). European Society of Anaesthesiology Task Force on Nitrous Oxide: a narrative review of its role in clinical practice. *British journal of anaesthesia*, 122(5), 587–604. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2019.01.023>
- Buléon, C., Parienti, J.-J., Lesage, A., Grandin, W., Pouliquen, E., Flais, F., Simonet, T., Gérard, J.-L. & Hanouz, J.-L. (2013). Comparison of plastic and metallic single-use and metallic reusable laryngoscope blades: a randomised controlled trial. *European journal of anaesthesiology*, 30(4), 163–169. <https://doi.org/10.1097/EJA.0b013e32835c1cdb>
- Bundeskanzleramt Österreich. (2022). *Nachhaltige Entwicklung - Agenda 2030*. <https://www.bundeskanzleramt.gv.at/themen/nachhaltige-entwicklung-agenda-2030.html>

- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technik. (2023). *Fußabdruck-Rechner für Österreich: Wann sind die planetaren Belastungsgrenzen erreicht?* https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/nachhaltigkeit/bildung/fussabdruck_rechner.html
- Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. (2023). *Lexikon*. <https://www.bmz.de/de/service/lexikon#lexicon=14700>
- Burrell, R. H. (2018). Primum non nocere: greening anaesthesia. *Anaesthesia and intensive care*, 46(6), 630–631.
- Chambrin, C., Souza, S. de, Gariel, C., Chassard, D. & Bouvet, L. (2023). Association Between Anesthesia Provider Education and Carbon Footprint Related to the Use of Inhaled Halogenated Anesthetics. *Anesthesia and analgesia*, 136(1), 101–110. <https://doi.org/10.1213/ANE.00000000000006172>
- Chen, W.-Y., Suzuki, T. & Lackner, M. (Hrsg.). (2015). *Handbook of Climate Change Mitigation and Adaptation*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6431-0_1-2
- Coburn, M., Schuster, M. & Kowark, A. (2020). Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie [Sustainability in anesthesiology]. *Der Anaesthesist*, 69(7), 451–452. <https://doi.org/10.1007/s00101-020-00805-7>
- Crippa, M., Guizzardi, D., Banja, M., Solazzo, E., Muntean, M., Schaaf, E., Pagani, F., Monforti-Ferrario, F. & Olivier, J. (2022). *CO2 emissions of all world countries: JRC/IEA/PBL 2022 Report*. Luxemburg. Publications Office of the European Union. https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2022#emissions_table <https://doi.org/10.2760/07904>,
- Davies, J. F., Trajceska, L. & Weinberg, L. (2023b). The financial and environmental impact of purchased anaesthetic agents in an Australian tertiary hospital. *Anaesthesia and intensive care*, 51(2), 141–148. <https://doi.org/10.1177/0310057X221129291>
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5>
- Drew, J., Christie, S. D., Rainham, D. & Rizan, C. (2022). HealthcareLCA: an open-access living database of health-care environmental impact assessments. *The Lancet. Planetary health*, 6(12), e1000-e1012. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00257-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00257-1)
- Drew, J., Christie, S. D., Tyedmers, P., Smith-Forrester, J. & Rainham, D. (2021). Operating in a Climate Crisis: A State-of-the-Science Review of Life Cycle Assessment within Surgical and Anesthetic Care. *Environmental health perspectives*, 129(7), 76001. <https://doi.org/10.1289/EHP8666>

- Duindam, D. (2022). Transitioning to Sustainable Healthcare: Decarbonising Healthcare Clinics, a Literature Review. *Challenges*, 13(2), 68. <https://doi.org/10.3390/challe13020068>
- Eckelman, M. J., Mosher, M., Gonzalez, A. & Sherman, J. D. (2013). Comparative Life Cycle Assessment of Disposable and Reusable Laryngeal Mask Airways. *Survey of Anesthesiology*, 57(1), 18. <https://doi.org/10.1097/01.sa.0000425549.82860.43>
- Eckelman, M. J. & Sherman, J. D. (2016). Environmental Impacts of the U.S. Health Care System and Effects on Public Health. *PloS one*, 11(6), e0157014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157014>
- Edenharter, G. M., Gartner, D. & Pörringer, D. (2017). Decision Support for the Capacity Management of Bronchoscopy Devices: Optimizing the Cost-Efficient Mix of Reusable and Single-Use Devices Through Mathematical Modeling. *Anesthesia and analgesia*, 124(6), 1963–1967. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000001729>
- Elabed, S., Belal, A. & Shamayleh, A. (2019). 2019 Fifth International Conference on Advances in Biomedical Engineering (ICABME). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=8933290>
<https://doi.org/10.1109/ICABME47164.2019>
- Epstein, R. H., Dexter, F., Maguire, D. P., Agarwalla, N. K. & Gratch, D. M. (2016). Economic and Environmental Considerations During Low Fresh Gas Flow Volatile Agent Administration After Change to a Nonreactive Carbon Dioxide Absorbent. *Anesthesia and analgesia*, 122(4), 996–1006. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000001124>
- Friedericy, H. J., van Egmond, C. W., Vogtländer, J. G., van der Eijk, A. C. & Jansen, F. W. (2022). Reducing the Environmental Impact of Sterilization Packaging for Surgical Instruments in the Operating Room: A Comparative Life Cycle Assessment of Disposable versus Reusable Systems. *Sustainability*, 14(1), 430. <https://doi.org/10.3390/su14010430>
- Glenski, T. A. & Levine, L. (2020). The implementation of low-flow anesthesia at a tertiary pediatric center: A quality improvement initiative. *Paediatric anaesthesia*, 30(10), 1139–1145. <https://doi.org/10.1111/pan.13994>
- Global Footprint Network. (2020, 11. Mai). *Glossary - Global Footprint Network*. <https://www.footprintnetwork.org/resources/glossary/>
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Julibregts, M., an de Schryver, Struijs, J. & van Zelm, R. (2009). *ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level*. Niederlande. Umweltministerium Niederlande. <https://dvikan.no/ntnu->

- studentserver/reports/selected%20sections%20-%20Goedkoop%20etal%20Re-CiPe_main_report_final_27-02-2009_web.pdf
- Gordon, D. (2020). Sustainability in the Operating Room: Reducing Our Impact on the Planet. *Anesthesiology clinics*, 38(3), 679–692. <https://doi.org/10.1016/j.anclin.2020.06.006>
- Guevara-Farias, J. C., Rincón-Valenzuela, D. A. & Gómez-Ardila, C. (2020). Comparison of direct costs associated with the use of balanced general anesthesia and total intravenous anesthesia (TIVA) techniques. *Colombian Journal of Anesthesiology*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.5554/22562087.e1021>
- Hardtke, A. & Prehn, M. (2001). *Perspektiven der Nachhaltigkeit: Vom Leitbild Zur Erfolgsstrategie* (1. Auflage). Springer Gabler. <https://books.google.at/books?id=uCwIB-gAAQBAJ>
- Heeser, A. (2022). Recycling und Abfallvermeidung im Klinikalltag. *Klinik Management aktuell*, 27, 44–49.
- Herr, M. M., Outtersson, R. E. & Aggarwal, S. (2022). Lost in the Ether: The Environmental Impact of Anesthesia. *Operative Techniques in Orthopaedics*, 32(4), 100997. <https://doi.org/10.1016/j.oto.2022.100997>
- Hess, J. J. & Salas, R. N. (2021). Invited Perspective: Life Cycle Analysis: A Potentially Transformative Tool for Lowering Health Care's Carbon Footprint. *Environmental health perspectives*, 129(7), 71302. <https://doi.org/10.1289/EHP9630>
- Hii, J., Sharples, M., Anstey, M. & McGain, F. (2020). When we truly need single-use equipment, will we have enough? Single-use versus reusable anaesthesia equipment: a qualitative analysis of Western Australian hospitals. *Australian Health Review*, 44(3), 499–500. <https://doi.org/10.1071/AH20101>
- Hönemann, C. (2019). Atemkalk: Hinweise zu korrektem Umgang und fachgerechter Nutzung in Rückatemsystemen: Stellungnahme der Kommission für Normung und technische Sicherheit der DGAI. *Anästhesie und Intensivmedizin*, 60, 29–34. <https://www.dgai.de/alle-docman-dokumente/entschliessungen-vereinbarungen/939-januar-2019-atemkalk-hinweise-zu-korrekttem-umgang-und-fachgerechter-nutzung-in-rueckatemsystemen-stellungnahme-der-kommission-fuer-normung-und-technische-sicherheit-der-dgai/file.html>
- Hu, X., Davies, R., Morrissey, K., Smith, R., Fleming, L. E., Sharmina, M., St Clair, R. & Hopkinson, P. (2022). Single-use plastic and COVID-19 in the NHS: Barriers and opportunities. *Journal of public health research*, 11(1). <https://doi.org/10.4081/jphr.2021.2483>

- Hu, X., Pierce, J. M. T., Taylor, T. & Morrissey, K. (2021). The carbon footprint of general anaesthetics: A case study in the UK. *Resources, Conservation and Recycling*, 167, 105411. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105411>
- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C: IPCC Special Report on Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-industrial Levels in Context of Strengthening Response to Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty* (Physical Sciences). Cambridge, New York. IPCC.
- IPCC. (2023). *Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6): Annex I - Glossary*. Genf. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_Annex-I.pdf
- Jones, M. W., Peters, G. P., Gasser, T., Andrew, R. M., Schwingshackl, C., Gütschow, J., Houghton, R. A., Friedlingstein, P., Pongratz, J. & Le Quéré, C. (2023). National contributions to climate change due to historical emissions of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide since 1850. *Scientific data*, 10(1), 155. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02041-1>
- Kampman, J. M. & Sperna Weiland, N. H. (2023). Anaesthesia and environment: impact of a green anaesthesia on economics. *Current opinion in anaesthesiology*, 36(2), 188–195. <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000001243>
- Kaufmann, C. (2021). Klimaschutz und nachhaltige Entwicklung in der Anästhesiologie und Intensivmedizin. *Intensiv*, 29(04), 182–188. <https://doi.org/10.1055/a-1482-7005>
- Keil, M., Viere, T., Helms, K. & Rogowski, W. (2023). The impact of switching from single-use to reusable healthcare products: a transparency checklist and systematic review of life-cycle assessments. *European journal of public health*, 33(1), 56–63. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckac174>
- Klose, B. (2016). *Meteorologie: Eine interdisziplinäre Einführung in die Physik der Atmosphäre* (3. Auflage). Springer-Verlag.
- Koch, S. & Pecher, S. (2020). Neue Herausforderungen für die Anästhesie durch den Klimawandel [New challenges for anesthesia due to the climate change]. *Der Anaesthesist*, 69(7), 453–462. <https://doi.org/10.1007/s00101-020-00770-1>
- Kriegel, J. (2021). Nachhaltigkeit im Krankenhaus: Green Hospital Management als Stellhebel für Nachhaltigkeit. *Klinik Einkauf*, 1(3), 17–19.
- Lexikon der Nachhaltigkeit. (2022, 14. Dezember). *Lexikon der Nachhaltigkeit | Definitionen | Nachhaltigkeit Definition*. https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382.htm
- MacNeill, A. J., Lillywhite, R. & Brown, C. J. (2017). *The impact of surgery on global climate: a carbon footprinting study of operating theatres in three health systems* (Bd. 1).

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2542519617301626?token=0D5188EDFB2CB2CF37D4C3D53067BE55242B3B2446CF41F935940CF72B3C04DD5BFA7BD4131B6B13861B71D19E48B54C&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230308125824> [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30162-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30162-6)

- Malik, A., Lenzen, M., McAlister, S. & McGain, F. (2018). The carbon footprint of Australian health care. *The Lancet. Planetary health*, 2(1), e27-e35. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30180-8](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30180-8)
- McCahon, R. A. & Whynes, D. K. (2015). Cost comparison of re-usable and single-use fiberoscopes in a large English teaching hospital. *Anaesthesia*, 70(6), 699–706. <https://doi.org/10.1111/anae.13011>
- McGain, F., Ma, S. C., Burrell, R. H., Percival, V. G., Roessler, P., Weatherall, A. D., Weber, I. A. & Kayak, E. A. (2019). Why be sustainable? The Australian and New Zealand College of Anaesthetists Professional Document PS64: Statement on Environmental Sustainability in Anaesthesia and Pain Medicine Practice and its accompanying background paper. *Anaesthesia and intensive care*, 47(5), 413–422. <https://doi.org/10.1177/0310057X19884075>
- McGain, F., McAlister, S., McGavin, A. & Story, D. (2012). A life cycle assessment of reusable and single-use central venous catheter insertion kits. *Anesthesia and analgesia*, 114(5), 1073–1080. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e31824e9b69>
- McGain, F., Moore, G. & Black, J. (2017b). Steam sterilisation's energy and water footprint. *Australian health review : a publication of the Australian Hospital Association*, 41(1), 26–32. <https://doi.org/10.1071/AH15142>
- McGain, F., Muret, J., Lawson, C. & Sherman, J. D. (2021a). Effects of the COVID-19 pandemic on environmental sustainability in anaesthesia. Response to Br J Anaesth 2021;126:e118-e119. *British journal of anaesthesia*, 126(3), e119-e122. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.11.031>
- McGain, F., Muret, J., Lawson, C. & Sherman, J. D. (2020). Environmental sustainability in anaesthesia and critical care. *British journal of anaesthesia*, 125(5), 680–692. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.06.055>
- McGain, F. & Naylor, C. (2014). Environmental sustainability in hospitals - a systematic review and research agenda. *Journal of health services research & policy*, 19(4), 245–252. <https://doi.org/10.1177/1355819614534836>
- McGain, F., Sheridan, N., Wickramarachchi, K., Yates, S., Chan, B. & McAlister, S. (2021b). Carbon Footprint of General, Regional, and Combined Anesthesia for Total Knee Replacements. *Anesthesiology*, 135(6), 976–991. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003967>

- McGain, F., Story, D., Lim, T. & McAlister, S. (2017a). Financial and environmental costs of reusable and single-use anaesthetic equipment. *BJA: British Journal of Anaesthesia*, *118*(6), 862–869. <https://doi.org/10.1093/bja/aex098>
- Meister, J. A., Sharp, J., Wang, Y. & Nguyen, K. an (2023). Assessing Long-Term Medical Remanufacturing Emissions with Life Cycle Analysis. *Processes*, *11*(1), 36. <https://doi.org/10.3390/pr11010036>
- Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2020). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61532-4>
- Moritz, A., Heinrich, S., Irouschek, A., Birkholz, T., Prottengeier, J. & Schmidt, J. (2017). Comparison of Metal and Plastic Disposable Laryngoscope Blade with Reusable Macintosh Blade in Difficult and Inhalation Injury Airway Scenario: A Manikin Study. *The Journal of emergency medicine*, *52*(1), 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2016.07.108>
- Mouritsen, J. M., Ehlers, L., Kovaleva, J., Ahmad, I. & El-Boghdadly, K. (2020). A systematic review and cost effectiveness analysis of reusable vs. single-use flexible bronchoscopes. *Anaesthesia*, *75*(4), 529–540. <https://doi.org/10.1111/anae.14891>
- Narayanan, H., Raistrick, C., Tom Pierce, J. M. & Shelton, C. L. (2022). Carbon footprint of inhalational and total intravenous anaesthesia for paediatric anaesthesia: a modelling study. *British journal of anaesthesia*, *129*(2), 231–243. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2022.04.022>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., . . . Moher, D. (2021a). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical research ed.)*, *372*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., . . . Moher, D. (2021b). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *International journal of surgery (London, England)*, *88*, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ijisu.2021.105906>
- Pegg, M., Rawson, R. & Okere, U. (2022). Operating room waste management: A case study of primary hip operations at a leading NHS hospital in the United Kingdom. *Journal of health services research & policy*, *27*(4), 255–260. <https://doi.org/10.1177/13558196221094488>

- Petre, M.-A., Bahrey, L., Levine, M., van Rensburg, A., Crawford, M. & Matava, C. T. (2019). Enquête nationale sur les attitudes et obstacles envers le recyclage et les efforts pour la protection de l'environnement parmi les anesthésiologistes canadiens : une opportunité de transfert des connaissances [A national survey on attitudes and barriers on recycling and environmental sustainability efforts among Canadian anesthesiologists: an opportunity for knowledge translation]. *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthésie*, 66(3), 272–286. <https://doi.org/10.1007/s12630-018-01273-9>
- Petre, M.-A., Bahrey, L., Levine, M., van Rensburg, A., Crawford, M. & Matava, C. T. (2020). Les programmes de durabilité environnementale en anesthésie – sondage auprès des chefs de département d'anesthésie et des directeurs de programmes de résidence canadiens [Anesthesia environmental sustainability programs-a survey of Canadian department chiefs and residency program directors]. *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthésie*, 67(9), 1190–1200. <https://doi.org/10.1007/s12630-020-01738-w>
- Petre, M.-A. & Malherbe, S. (2020). La médecine périopératoire durable: quelques stratégies simples pour la pratique de l'anesthésie [Environmentally sustainable perioperative medicine: simple strategies for anesthetic practice]. *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthésie*, 67(8), 1044–1063. <https://doi.org/10.1007/s12630-020-01726-0>
- Pichler, P.-P., Jaccard, I. S., Weisz, U. & Weisz, H. (2019). International comparison of health care carbon footprints. *Environmental Research Letters*, 14(6), 64004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab19e1>
- Pickles, K. & Haddock, R. (2022). *Decarbonising clinical care in Australia*. Sydney. University of Sydney. <https://apo.org.au/sites/default/files/resource-files/2022-08/apo-nid319231.pdf>
- Pradere, B., Mallet, R., La Taille, A. de, Bladou, F., Prunet, D., Beurrier, S., Bardet, F., Game, X., Fournier, G., Lechevallier, E., Meria, P., Matillon, X., Polguer, T., Abid, N., Graeve, B. de, Kassab, D., Mejean, A., Misrai, V. & Pinar, U. (2022). Climate-smart Actions in the Operating Theatre for Improving Sustainability Practices: A Systematic Review. *European urology*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2022.01.027>
- Ramos, T., Christensen, T. B., Oturai, N. & Syberg, K. (2023). Reducing plastic in the operating theatre: Towards a more circular economy for medical products and packaging. *Journal of Cleaner Production*, 383, 135379. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135379>

- Reynier, T., Berahou, M., Albaladejo, P. & Beloeil, H. (2021). Moving towards green anaesthesia: Are patient safety and environmentally friendly practices compatible? A focus on single-use devices. *Anaesthesia, critical care & pain medicine*, 40(4), 100907. <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2021.100907>
- Richter, H., Weixler, S. & Schuster, M. (2020). Der CO₂-Fußabdruck der Anästhesie: Wie die Wahl volatiler Anästhetika die CO₂-Emissionen einer anästhesiologischen Klinik beeinflusst. *Anästhesie und Intensivmedizin*, 61, 154–161. https://www.ai-online.info/images/ai-ausgabe/2020/05-2020/AI_05-2020_Originalia_Schuster.pdf
- Rizan, C. (2023). *Mitigating the carbon footprint of products used in surgical operations* (286) [Dissertation]. University of Brighton and University of Sussex, Brighton und Sussex.
- Roa, L., Velin, L., Tudravu, J., McClain, C. D., Bernstein, A. & Meara, J. G. (2020). *Climate change: challenges and opportunities to scale up surgical, obstetric, and anaesthesia care globally* (Bd. 4). <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2542519620302473?to-ken=84AEEF06C007B55F6C3FDF21DD2F02A17E057385C1AC9E03084EFC9DEE1CE12C415924EE508467DD527E416358C67546&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230308125903> [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30247-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30247-3)
- Roewer, N. & Thiel, H. (2013). *Taschenatlas Anästhesie* (5., aktualisierte und erweiterte Auflage). Georg Thieme Verlag.
- Rouvière, N., Chkair, S., Auger, F., Aloviseti, C., Bernard, M. J., Cuvillon, P., Kinowski, J.-M., Leguelinel-Blache, G. & Chasseigne, V. (2022). Ecoresponsible actions in operating rooms: A health ecological and economic evaluation. *International journal of surgery (London, England)*, 101, 106637. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2022.106637>
- Russell, S. (2014). *Global-Warming-Potential-Values*. Greenhouse Gas Protocol. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf
- Salas, R. N., Friend, T. H., Bernstein, A. & Jha, A. K. (2020). Adding A Climate Lens To Health Policy In The United States. *Health Affairs*, 39(12), 2063–2070. <https://www.healthaffairs.org/doi/pdf/10.1377/hlthaff.2020.01352>
- Sanchez, S. A., Eckelman, M. J. & Sherman, J. D. (2020). Environmental and economic comparison of reusable and disposable blood pressure cuffs in multiple clinical settings. *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 104643. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104643>

- Schilling, M. & Dinger, A. (2022). Nachhaltigkeit von Medizinprodukten als zukünftiger Entscheidungsfaktor. *Klinik Einkauf*, 4. <https://www.thieme-connect.com/products/e-journals/pdf/10.1055/s-0042-1750895.pdf>
- Schuster, M. & Coburn, M. (2022). Auf dem Weg zum Einfangen und Recyceln von Narkosegasen [On the path to capturing and recycling of volatile anaesthetics]. *Die Anaesthesiologie*, 71(11), 821–823. <https://doi.org/10.1007/s00101-022-01214-8>
- Schuster, M., Richter, H., Pecher, S., Koch, S. & Coburn, M. (2020). Ökologische Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie und Intensivmedizin: Positionspapier mit konkreten Handlungsempfehlungen der DGAI und des BDA. *Anästhesie und Intensivmedizin*, 61, 329–339.
- Shah, A. C., Przybysz, A. J., Wang, K., Jones, I. A., Manuel, S. P., Dayal, R., Jung, M. J., Schlömerkemper, N. & Gandhi, S. (2023). Knowledge Gaps in Anesthetic Gas Utilization in a large Academic Hospital System: A Multicenter Survey. *Cureus*, 15(3). https://assets.cureus.com/uploads/original_article/pdf/135890/20230307-26902-t9k2fv.pdf
- Sherman, J. D., McGain, F., Lem, M., Mortimer, F., Jonas, W. B. & MacNeill, A. J. (2021). Net zero healthcare: a call for clinician action. *BMJ (Clinical research ed.)*, 374, n1323. <https://doi.org/10.1136/bmj.n1323>
- Sherman, J. D., Raibley, L. A. & Eckelman, M. J. (2018). Life Cycle Assessment and Costing Methods for Device Procurement: Comparing Reusable and Single-Use Disposable Laryngoscopes. *Anesthesia and analgesia*, 127(2), 434–443. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002683>
- Sherman, J. D., Thiel, C. L., MacNeill, A. J., Eckelman, M. J., Dubrow, R., Hopf, H., Lagasse, R., Bialowitz, J., Costello, A., McGain, F., Stancliffe, R., Anastas, P., Anderko, L., Baratz, M., Barna, S., Bhatnagar, U., Burnham, J., Cai, Y., Cassels-Brown, A., . . . Bilec, M. M. (2020). The Green Print: Advancement of Environmental Sustainability in Healthcare. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, 104882. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104882>
- Simmons, C. G., Eckle, T., Rogers, D., Williams, J. D. & Brainard, J. C. (2023). Disposable laryngoscope intubation to reduce equipment failure in an emergency out of OR setting - a quality control case study. *BMC anesthesiology*, 23(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01956-3>
- Skowno, J. & Weatherall, A. D. (2021). Lighting a candle, or cursing the darkness? Delivering a climate friendly anaesthetic. *Journal of paediatrics and child health*, 57(11), 1781–1784. <https://doi.org/10.1111/jpc.15760>

- Sørensen, B. L. & Grüttner, H. (2018). Comparative Study on Environmental Impacts of Re-usable and Single-Use Bronchoscopes. *American Journal of Environmental Protection*, 7(4), 55. <https://doi.org/10.11648/j.ajep.20180704.11>
- Sørensen, B. L., Larsen, S. & Andersen, C. (2022). A review of environmental and economic aspects of medical devices, illustrated with a comparative study of double-lumen tubes used for one-lung ventilation. *Environment, Development and Sustainability*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02611-0>
- Steenmeijer, M. A., Rodrigues, J. F. D., Zijp, M. C. & Waaijers-van der Loop, S. L. (2022). The environmental impact of the Dutch health-care sector beyond climate change: an input-output analysis. *The Lancet. Planetary health*, 6(12), e949-e957. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00244-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00244-3)
- Sustainability Impact Metrics. (2023, 28. April). *Eco-costs - Sustainability Impact Metrics*. <https://www.ecocostsvalue.com/eco-costs/>
- Tennison, I., Roschnik, S., Ashby, B., Boyd, R., Hamilton, I., Oreszczyn, T., Owen, A., Romanello, M., Ruyssevelt, P., Sherman, J. D., Smith, A. Z. P., Steele, K., Watts, N. & Eckelman, M. J. (2021). Health care's response to climate change: a carbon footprint assessment of the NHS in England. *The Lancet. Planetary health*, 5(2), e84-e92. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30271-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30271-0)
- Tordjman, M., Pernod, C., Bouvet, L. & Lamblin, A. (2022). Environmentally Sustainable Practices in the Operating Room: A French Nationwide Cross-Sectional Survey of Anaesthesiologists and Nurse Anaesthesiologists. *Turkish journal of anaesthesiology and reanimation*, 50(6), 424–429. <https://doi.org/10.5152/TJAR.2022.21410>
- Trampitsch, E. (2022). Das Green Team sorgt für Nachhaltigkeit. *Wiener klinisches Magazin*, 25(4), 172–175. <https://doi.org/10.1007/s00740-022-00455-y>
- Uitenbosch, G., Sng, D., Carvalho, H. N., Cata, J. P., Boer, H. D. de, Erdoes, G., Heytens, L., Lois, F. J., Rousseau, A.-F., Pelosi, P., Forget, P. & Nesvadba, D. (2022). Expert Multinational Consensus Statement for Total Intravenous Anaesthesia (TIVA) Using the Delphi Method. *Journal of clinical medicine*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/jcm11123486>
- Umweltbundesamt. (2023, 6. Juni). *Atmosphärische Treibhausgas-Konzentrationen*. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/atmosphaerische-treibhausgas-konzentrationen#obergrenze-fur-die-treibhausgas-konzentration>
- Unger, S. R., Hottle, T. A., Hobbs, S. R., Thiel, C. L., Champion, N., Bilec, M. M. & Landis, A. E. (2017). Do single-use medical devices containing biopolymers reduce the environmental impacts of surgical procedures compared with their plastic equivalents? *Journal of health services research & policy*, 22(4), 218–225. <https://doi.org/10.1177/1355819617705683>

- Unger, S. R. & Landis, A. E. (2016). Assessing the environmental, human health, and economic impacts of reprocessed medical devices in a Phoenix hospital's supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1995–2003. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.144>
- van Straten, B., Dankelman, J., van der Eijk, A. C. & Horeman, T. (2021). A Circular Healthcare Economy; a feasibility study to reduce surgical stainless steel waste. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 169–175. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.030>
- van Zundert, A. (2021). The green footprint of anaesthesia. *Anaesthesia, critical care & pain medicine*, 40(4), 100872. <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2021.100872>
- Vereinte Nationen. (1992). *Agenda 21: Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung*. Rio de Janeiro. https://www.un.org/Depts/german/conf/agenda21/agenda_21.pdf
- Vereinte Nationen (2004). *Information on Global Warming Potentials* (Technical Paper FCCC/TP/2004/3). <https://unfccc.int/resource/docs/tp/tp0403.pdf>
- Vereinte Nationen. (2022). *Ziele für nachhaltige Entwicklung: Bericht 2022*. <https://www.un.org/Depts/german/millennium/SDG-2022-DEU.pdf>
- Wagner, T. & Platt, U. (1998). *Die Atmosphäre: Lexikon der Physik*. <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/die-atmosphaere/861>
- Wang, A. Y., Ahsan, T., Kosarchuk, J. J., Liu, P., Riesenburger, R. I. & Kryzanski, J. (2022). Assessing the Environmental Carbon Footprint of Spinal versus General Anesthesia in Single-Level Transforaminal Lumbar Interbody Fusions. *World neurosurgery*, 163, e199-e206. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.03.095>
- Weisz, U., Pichler, P.-P., Jaccard, I. S., Haas, W., Matej, S., Nowak, P., Bachner, F., Lepuschütz, L., Windsperger, A., Windsperger, B. & Weisz, H. (2019). *Der Carbon Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors*. Endbericht. Wien. Klima- und Energiefonds. <https://doi.org/10.11129/detail.9783955531195.156>
- White, S. M., Shelton, C. L., Gelb, A. W., Lawson, C., McGain, F., Muret, J. & Sherman, J. D. (2022). Principles of environmentally-sustainable anaesthesia: a global consensus statement from the World Federation of Societies of Anaesthesiologists. *Anaesthesia*, 77(2), 201–212. <https://doi.org/10.1111/anae.15598>
- Windfeld, E. S. & Brooks, M. S.-L. (2015). Medical waste management - A review. *Journal of environmental management*, 163, 98–108. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.08.013>
- Wormer, B. A., M.D., Augenstein, V. A., Christin L. Carpenter, Christin L., M.H.A., Patrick V. Burton, B.S., William T. Yokeley, Ajita S. Prabhu, Beth Harris, R.N., Sujatha Norton, C.R.N.A., David A. Klima, Amy E. Lincourt, Ph.D. & and B. Todd Heniford

- (2013). The Green Operating Room: Simple Changes to Reduce Cost and Our Carbon Footprint. *The American Surgeon*, 79(666-671).
- Xiao, M. Z. X., Abbass, S. A. A., Bahrey, L., Rubinstein, E. & Chan, V. W. S. (2021). A Roadmap for Environmental Sustainability of Plastic Use in Anesthesia and the Perioperative Arena. *Anesthesiology*, 135(4), 729–737. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003845>
- Yeoh, C. B., Lee, K. J., Coric, V. & Tollinche L. E. (2020). Simple Green Changes for Anesthesia Practices to Make a Difference. *EC Clin Med Cas Rep*, 3(12), 1–6. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7808258/pdf/nihms-1647000.pdf>
- Zaw, M. W. W., Leong, K. M., Xin, X., Lin, S., Ho, C. & Lie, S. A. (2023). The perceptions and adoption of environmentally sustainable practices among anesthesiologists—a qualitative study [The perceptions and adoption of environmentally sustainable practices among anesthesiologists-a qualitative study]. *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthesie*, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s12630-022-02392-0>
- Zhong, G., Abbas, A., Jones, J., Kong, S. & McCulloch, T. (2020). Environmental and economic impact of using increased fresh gas flow to reduce carbon dioxide absorbent consumption in the absence of inhalational anaesthetics. *British journal of anaesthesia*, 125(5), 773–778. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.07.043>

Rechtsvorschriftenverzeichnis

Bundesvergabegesetz: Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen (Bundesvergabegesetz 2018 – BVergG 2018), StF: BGBl. I Nr. 65/2018 in der Fassung BGBl. II Nr. 91/2019 abgerufen von: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20010295> [Zugriff am 24.05.2023]

Medizinproduktegesetz: Bundesgesetz betreffend Medizinprodukte 2021 (Medizinproduktegesetz 2021 – MPG 2021), StF: BGBl. I Nr. 122/2021 in der Fassung BGBl. I Nr. 27/2023 abgerufen von: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20011580> [Zugriff am 24.05.2023]

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: CO₂-Emissionen von ausgewählten Ländern gesamt pro Jahr und pro Kopf (eigene Darstellung, 2023, nach Crippa et al., 2022, 47ff)
- Abbildung 2: CO_{2e}-Emissionen internationaler Gesundheitssysteme - Ausschnitt (Drew et al., 2022, S. 1003)
- Abbildung 3: Schichten der Erdatmosphäre (Wagner & Platt, 1998)
- Abbildung 4: Treibhausemissionen im Gesundheitswesen (Brugger et al., 2023, S. 4)
- Abbildung 5: Ökobilanz von Einweg- und Mehrwegprodukten (Unger & Landis, 2016, S. 1998)
- Abbildung 6: Ablauf der Literaturrecherche (eigene Darstellung, 2023)
- Abbildung 7: Bronchomix (Edenharter et al., 2017, S. 1964)
- Abbildung 8: Stichprobe - Berufsgruppe (eigene Darstellung, 2023)
- Abbildung 9: Stichprobe - Berufserfahrung (eigene Darstellung, 2023)
- Abbildung 10: Stichprobe - Bundesland (eigene Darstellung, 2023)
- Abbildung 11: Stichprobe - Arbeitsbereich (eigene Darstellung, 2023)
- Abbildung 12: Stichprobe - Fachgebiete (eigene Darstellung, 2023)
- Abbildung 13: Stichprobe - Spezialbereiche (eigene Darstellung, 2023)
- Abbildung 14: Verwendung von Einweg-Medizinprodukten (eigene Darstellung, 2023)
- Abbildung 15: Bereitschaft zum Verzicht auf Einweg-Medizinprodukte (eigene Darstellung, 2023)
- Abbildung 16: Korrelation Alter - Unbenutzte Geräte/Recycling (eigene Darstellung, 2023)
- Abbildung 17: Korrelation Alter - Restmüll/Abfalltrennung (eigene Darstellung, 2023)

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Wichtige Gase der Erdatmosphäre in 100km Höhe (eigene Darstellung, 2023 nach Klose 2016, S. 16f)
- Tabelle 2: CO₂-Äquivalent Narkosegase (eigene Darstellung, 2023, nach Pickles & Haddock, 2022, S. 11)
- Tabelle 3: Global Warming Potential (eigene Darstellung 2023, nach Bertsch, 2022; Vereinte Nationen, 2004; Russell, 2014)
- Tabelle 4: Suchbegriffe nach Kategorien (eigene Darstellung, 2023)
- Tabelle 5: Ein- und Ausschlusskriterien für die Literaturrecherche (eigene Darstellung, 2023)
- Tabelle 6: Dimensionale Analyse (eigene Darstellung, 2023)
- Tabelle 7: Operationalisierung (eigene Darstellung, 2023)
- Tabelle 8: Aufbau der Online-Umfrage (eigene Darstellung, 2023)
- Tabelle 9: Abfallarten (eigene Darstellung, 2023, nach Rizan, 2023, S. 142)
- Tabelle 10: CO₂e-Emissionen nach Entsorgungsart (eigene Darstellung, 2023 nach Ali et al., 2016)
- Tabelle 11: Demografische Merkmale der Stichprobe (eigene Darstellung, 2023)
- Tabelle 12: Bestrebungen der Institutionen/Abteilungen (eigene Darstellung, 2023)
- Tabelle 13: Ergebnisse der Itemgruppen 3 bis 6 mit Anzahl, Prozent, Prozent Positive, Prozent Negative, Median und Modus (eigene Darstellung, 2023)
- Tabelle 14: Hinderliche und förderliche Aspekte für nachhaltige Arbeitsweisen (eigene Darstellung, 2023)
- Tabelle 15: Hinderliche Aspekte für nachhaltige Arbeitsweisen (eigene Darstellung, 2023)
- Tabelle 16: Förderliche Aspekte für nachhaltige Arbeitsweisen (eigene Darstellung, 2023)
- Tabelle 17: Checkliste für den Beginn eines Nachhaltigkeitskonzepts in einer Anästhesieabteilung (eigene Darstellung, 2023 nach Koch & Pecher, 2020)

Anhang

Anhang A: Suchprotokoll	103
Anhang B: Online-Fragebogen	110
Anhang C: Eidesstattliche Erklärung.....	118

Anhang A: Suchprotokoll

Nr.	Datum	Datenbank	Suchbegriffe	Treffer	Rel. Titel	Duplikate	Autoren
1	08.03.2023	Pubmed	((sustainability) OR (climate friendly)) AND ((Anesthesia) OR (Anaesthesia) OR (operation room)) AND (((single-use) OR (disposable)) AND ((reusable) OR (non-disposable)))	8	5	0	Kampman und Weiland, 2023 Simmons et al, 2023 Bolten et al, 2022 McGain et al, 2020 Friedericy et al, 2019
2	08.03.2023	Pubmed	((sustainability) OR (climate friendly)) AND ((Anesthesia) OR (Anaesthesia) OR (operation room)) AND (((single-use) OR (disposable)))	33	11	5	Pegg et al, 2022 Novosel et al, 2022 Beloeil und Albaladejo, 2021 Rowan und Laffey, 2021 Petre und Malherbe, 2020 McGain et al, 2014
3	08.03.2023	google Scholar	sustainability climate Anesthesia Anaesthesia "operation room" "single-use" disposable	52	7	1	Hanssens, 2021 - Ausschluss: Masterarbeit van Straten et al, 2020 Elabed et al, 2019 Tordjman et al, 2022 Weller, 2020 Xiao et al, 2021

4	08.03.2023	PubMed	(anaesthesia) AND (sustainability) AND (climate)	55	30	3	Parker et al, 2023 Zaw et al, 2023 Davies et al, 2023b Davies et al, 2023a Martinez et al, 2023 Wyssusek et al, 2022 Baumann et al, 2022 Devlin-Hegedus et al, 2022 Narayanan et al, 2022 Perry et al, 2022 Barbosa und Fernandes, 2022 Pradere et al, 2022 White et al, 2022 Lopes et al, 2021 Gaya da Costa et al, 2021 Sherman et al, 2021 McGain et al, 2021 Hensher und McGain, 2020 Gordon, 2020 Van Norman und Jackson, 2020 Coburn et al, 2020 Petre et al, 2020 Koch und Pecher, 2020 Muret et al, 2019 Petre et al, 2019 Charlesworth und Swinton, 2017 Ard et al, 2016
5	08.03.2023	PubMed	(anaesthesia) AND (((single-use) OR (disposable)) AND ((non-disposable) OR (reusable))) AND (life cycle assessment)	6	3	2	McGain et al, 2017
6	08.03.2023	PubMed	(Life Cycle Assessment) AND (Anaesthesia)	39	7	4	Zhong et al 2022 White und Sheldon, 2021 Zhong et al, 2020

7	08.03.2023	PubMed	(carbon footprint) AND (anesthesia)	51	20	7	Kantsedikas und Brooks, 2023 Stilwell et al, 2022 Chambrin et al, 2023 McGowan und Macksey, 2022 McGain et al, 2022 Wang et al, 2022 Skowno und Weatherall, 2021 Reynier et al, 2021 Yeoh et al, 2020 Glenski und Levine, 2020 Linden-Sonderso et al, 2019 Burrell, 2018 Wormer et al, 2013
8	09.03.2023	google Scholar	Anesthesia sustainability "life cycle assessment" climate "carbon footprint"	588	37	31	Struys und Eckelmann, 2021 Kalmar und Verdonck, 2022 Steenmeijer et al, 2022 Sherman und Barrick, 2019 Shelton et al, 2022 Hess und Salas, 2021
9	09.03.2023	google Scholar	anesthesia "life cycle assessment" bronchoscope laryngoscope	20	10	1	Sørensen und Grüttner, 2018 Sørensen et al, 2022 MacNeill et al, 2020 Demir und Tekinarlan, 2022 Drew et al, 2022 Baerg et al, 2021 Choi et al, 2021 Rizan, 2023 Khanuja, 2020

10	09.03.2023	google Scholar	anesthesia "life cycle assessment" sustainability "procurement" "Cradle to grave"	101	46	19	Sherman et al, 2018 Drew et al, 2021 Conolly et al, 2022 Duijndam, 2022 Seifert et al, 2021 McGain et al, 2019 Unger und Landis, 2016 Keil et al, 2023 Sanchez et al, 2020 Kampman et al, 2023 McAlister et al, 2022 Hu et al, 2021 Liang, 2019 Herr et al, 2022 Alshqaqeeq, 2017 Kleyenstuber, 2021 Salas et al, 2020 Hu et al, 2022 Sherman et al, 2022 Unger, 2015 Sowareldahab, 2022 Pickles und HAddock, 2022 Kumar, 2021 Epstein et al, 2016 Suuronen, 2016 Kumar, 2020 Bridges, 2021
11	09.03.2023	google Scholar	anesthesia "life cycle assessment" sustainability "procurement decision" "Cradle to grave"	1	1	0	Reijnders, 2016
12	09.03.2023	google Scholar	anesthesia "life cycle assessment" sustainability bronchoscope "Cradle to grave"	13	10	7	Meister et al, 2022 McGowan, 2022 Kreye, 2023

13	10.03.2023	google Scholar	anesthesia sustainability laryngoscope "life cycle assessment" "Cradle to grave"	67	43	36	Sousa et al, 2021 Choi und Chen, 2022 Johnson und cloyd, 2023 Djati et al, 2018 Krishan, 2020 - Abschluss: Masterarbeit Schuster et al, 2020 Richter und Pecher, 2021
14	09.03.2023	google Scholar	Anesthesia sustainability "life cycle assessment" climate "carbon footprint"	1	1	1	
15	09.03.2023	Pubmed	(Anesthesia) AND ((life cycle assessment) AND ((bronchoscope) OR (laryngoscope)))	1	1	1	
16	09.03.2023	google Scholar	anesthesia "life cycle assessment" sustainability "procurement" "Cradle to grave"	0	0	0	
17	09.03.2023	google Scholar	anesthesia "life cycle assessment" sustainability "procurement decision" "Cradle to grave"	0	0	0	
18	09.03.2023	google Scholar	anesthesia "life cycle assessment" sustainability bronchoscope "Cradle to grave"	1	1	1	
19	09.03.2023	google Scholar	anesthesia sustainability laryngoscope "life cycle assessment" "Cradle to grave"	1	1	1	
20	09.03.2023	Pubmed	(Anesthesia(Anesthesia) AND ((sustainability) AND (life cycle assessment)))	6	5	4	Malik et al, 2018
21	09.03.2023	Pubmed	(Anesthesia) AND ((sustainability) AND (Cradle to grave))	2	2	2	
22	09.03.2023	Pubmed	(Anesthesia) AND (single-use) AND (reusable)	30	15	6	Ward, 2020 El-Boghdadly et al, 2020 Hii et al, 2020 Mouritsen et al, 2020 Edenharter et al, 2017 Moritz et al, 2017 McCahon und Whynes, 2015 Hayashi et al, 2013 Buleon et al, 2013
23	09.03.2023	Pubmed	(Anesthesia) AND ((Procurement) AND (life cycle assessment))	1	0	0	
24	09.03.2023	Pubmed	(Anesthesia) AND ((volatile) AND (life cycle assessment))	2	1	1	
25	09.03.2023	Pubmed	(Anesthesia) AND ((volatile) AND (carbon footprint))	4	3	3	

26	09.03.2023	Pubmed	(Anesthesia) AND ((tiva) AND (carbon footprint))	1	1	1	
27	09.03.2023	Pubmed	(Anesthesia) AND (sustainability) AND ((tiva) AND (gas))	1	1	1	
28	09.03.2023	Pubmed	(Anesthesia) AND ((environment) AND (impact)) AND (life cycle assessment)	7	3	2	Shoham et al, 2022
29	09.03.2023	Science Direct	Anesthesia AND sustainability AND life cycle assessment AND climate	455	29	18	Fang et al, 2022 Lee und Nader, 2021 Van Zundert, 2021 Sherman und Singh, 2023 Rouviere et al, 2022 Zuegge, 2013 Weisz et al, 2020 Wu und Cerceo, 2021 Lane, 2020 MacNeill et al, 2017 Ramos et al, 2022
30	09.03.2023	Science Direct	anesthesia AND (((single-use) OR (disposable)) AND ((reusable) AND (non-disposable))) AND (life cycle assessment)	288	23	23	
31	09.03.2023	Science Direct	Anesthesia AND procurement AND life cycle assessment AND single-use AND reusable	128	19	19	
32	09.03.2023	Thieme CNE	Anästhesie Nachhaltigkeit	19	2	0	Kaufmann, 2021 Bertsch, 2022
33	09.03.2023	Cinahl	Anesthesia AND (sustainability OR stustainable OR eco-friendly OR green OR environmental) AND (life cycle assessment OR life cycle analysis OR lca)	7	6	5	Pungsornruk et al, 2015
34	09.03.2023	Cinahl	Anesthesia AND (cradle to grave) AND (life cycle assessment OR life cycle analysis OR lca)	3	3	3	
35	09.03.2023	Cinahl	Anesthesia AND (laryngoscope or bronchoscope) AND (life cycle assessment OR life cycle analysis OR lca)	1	1	1	
36	09.03.2023	Cinahl	Anesthesia AND (tiva or total intravenous anaesthesia) AND (life cycle assessment OR life cycle analysis OR lca)	2	2	2	
37	09.03.2023	Cinahl	Anesthesia AND (tiva or total intravenous anaesthesia) AND (environmental impact)	2	2	1	Armstrong et al, 2020

38	09.03.2023	Cinahl	Anesthesia AND (single-use or single use) AND (environmental impact)	4	3	3	
39	09.03.2023	Cinahl	health care AND (single use or single-use) AND (environmental impact)	13	5	5	
40	09.03.2023	thieme Verlags- datenbank	Anästhesie AND Nachhaltigkeit	107	2	0	Bette et al, 2022 Heeser, 2022
41	09.03.2023	Springer Verlag	Anästhesie AND Nachhaltigkeit AND CO2	153	2	0	Leitner, 2021 Trampitsch, 2022
42	09.03.2023	Springer Verlag	Anästhesie AND "life cycle assessment"	21	1	0	Schuster und Coburn, 2022
43	09.03.2023	Springer Verlag	Anesthesia AND bronchoscope AND cradle to grave	20	1	1	
44	09.03.2023	Springer Verlag	Anesthesia AND sustainability AND volatile AND CO2	40	2	2	
Summe				2355	368	223	145

Suchprotokoll (eigene Darstellung, 2023)

Anhang B: Online-Fragebogen

Green Anaesthesia

Diese Umfrage ist Teil einer Masterarbeit im Studiengang "Management for Health Professionals" an der FH Gesundheitsberufe OÖ. Das Ziel ist die Beantwortung der Frage, welche theoretischen Maßnahmen zur Reduktion des ökologischen Fußabdruckes in der Anästhesie auch in der Praxis durchführbar sind.

Auf den folgenden Seiten werden Sie deshalb gebeten, Ihre Meinung zu nachhaltigen Themen der Anästhesie zu äußern. Ihre ehrliche Expertenmeinung ist dabei wichtig, um Ergebnisse ableiten zu können. Die Befragung konzentriert sich auf das "Umfeld OP".

Die Teilnahme dauert in etwa zehn Minuten und kann jederzeit abgebrochen werden.

Um Verzerrungen zu vermeiden, nehmen Sie bitte nur einmal an dieser Umfrage teil.

Vielen Dank für Ihre Mitwirkung!

Bernhard Aichinger, BScN

masterthesis.greenanaesthesia@gmx.at

In dieser Umfrage sind 23 Fragen enthalten.

Einwilligung und Datenschutz

Ich nehme an der Umfrage teil und bin mit der Verarbeitung meiner Angaben für die Auswertung der Untersuchung einverstanden. Mir entstehen keine Vor- oder Nachteile durch die Teilnahme an der Umfrage und sie ist für mich freiwillig.

Aufgrund meiner Angaben sind keine Rückschlüsse auf mich oder meine Institution möglich. Mir ist klar, dass ein nachträgliches Widerrufen der Teilnahme nicht möglich ist, da die erhobenen Daten ab der Absendung meiner Person nicht mehr zugeordnet werden können.

Ich nehme an dieser Umfrage **zum ersten Mal** teil.

*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja
 Nein

Angaben zur Person

In diesem Abschnitt werden Informationen zu demografischen Daten erhoben. Sie werden aus statistischen Gründen erhoben und es ist dadurch kein Rückschluss auf Ihre Person möglich.

Geschlecht

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Männlich
 Weiblich
 Divers/Inter

Alter

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- bis 35 Jahre
 36 bis 50 Jahre
 ab 51 Jahre

Berufserfahrung

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- bis 5 Jahre
- 6 bis 15 Jahre
- mehr als 15 Jahre

Berufsgruppe

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Anästhesist*in
- Anästhesiepflegekraft
- Anderes (Instrumentar*in, OP-Assistent*in, OTA, Chirurg*in, Intensivpflegekraft, etc.)

Ausbildungsstand

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

G02Q04 (/index.php/questionAdministration/view/surveyid/275941/gid/11/qid/15) == "AO01"

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Facharzt*in
- Assistenzarzt*in
- Turnusarzt*in
- Sonstiges

Ich habe eine Spezialisierung/Sonderausbildung für Anästhesie- oder Intensivpflege absolviert.

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

G02Q04 (/index.php/questionAdministration/view/surveyid/275941/gid/11/qid/15) == "AO02"

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja
- Nein
- Ich bin gerade dabei

Bundesland, in dem sich der Arbeitsplatz befindet

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Burgenland
- Kärnten
- Niederösterreich
- Oberösterreich
- Salzburg
- Steiermark
- Tirol
- Vorarlberg
- Wien
- Sonstiges

Arbeitsbereiche (hauptsächlich)

📌 Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus:

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- OP
- Aufwachraum
- Intensivstation/IMCU
- Ambulanz
- Notärzt*in
- Management
- Sonstiges

Fachgebiete, aus denen ich Patienten betreue

📌 Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus:

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- Allgemeinchirurgie
- Herz-Thorax-Chirurgie
- Gefäßchirurgie
- Neurochirurgie
- Orthopädie/Unfallchirurgie
- Gynäkologie/Geburtshilfe
- Urologie
- Pädiatrie
- HNO
- Mund-Kiefer-Gesicht
- Augen
- Sonstiges

Spezialgebiete (regelmäßig)

📌 Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus:

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- Kinderanästhesie
- Regional- und Lokalanästhesie
- Tagesklinische Eingriffe
- Herz-Lungen-Maschine (HLM)
- Sonstiges

Allgemeine Angaben

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils-Teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
Umweltschutz und Nachhaltigkeit im Arbeitsumfeld sind mir wichtig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß über den ökologischen Fußabdruck der verwendeten Medikamente und Medizinprodukte bescheid.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe in meinem Arbeitsumfeld ausreichend Möglichkeiten, Umweltaspekte mit einzubeziehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe in meinem Arbeitsumfeld ausreichend Zeit, Umweltaspekte mit einzubeziehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In meiner Institution/Abteilung gibt es Bestrebungen, den ökologischen Fußabdruck zu verringern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In meiner Institution/Abteilung stehen mir Informationen zum Thema Nachhaltigkeit zur Verfügung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Beispiele für Bestrebungen der Institution/Abteilung:

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Volatile Anästhetika (Narkosegas)

Es ist in meiner beruflichen Praxis **üblich**, ...

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils-teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
... ausschließlich TIVAs (total intravenöse Anästhesien) durchzuführen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... Sevofluran als Narkosegas zu verwenden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... Desfluran als Narkosegas zu verwenden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... Isofluran als Narkosegas zu verwenden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... Lachgas (N2O) als Narkosegas zu verwenden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... das Frischgas auf Metabolic-Flow (0,35l/min) zu dosieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... das Frischgas auf Minimal-Flow (0,5l/min) zu dosieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... das Frischgas auf Low-Flow (1l/min) zu dosieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... ein geschlossenes System (z. B. Zeus) zu verwenden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... bei Erwachsenen eine volatile Einleitung (mit Narkosegas) durchzuführen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... bei Kindern eine volatile Einleitung (mit Narkosegas) durchzuführen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... bei Kindern eine intravenöse Einleitung (mit Propofol etc.) durchzuführen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Aus meiner Sicht wäre es in meiner beruflichen Praxis **möglich**, ...

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils-teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
... den Einsatz von volatilen Anästhetika zu reduzieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... auf volatile Anästhetika zu verzichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... den Einsatz von Lachgas (N2O) zu reduzieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... auf Lachgas (N2O) zu verzichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... den Einsatz von Desfluran zu reduzieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... auf Desfluran zu verzichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Einweg- und Mehrwegprodukte

Es ist in meiner beruflichen Praxis **üblich**, ...

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils-teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
... Einweg-Laryngoskop-Handgriffe zu verwenden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... Einweg-Laryngoskop-Spatel zu verwenden. (ausgenommen Video-Laryngoskop-Spatel)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... Einweg-Bronchoskope zu verwenden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... Einweg-Larynxmasken (Kehlkopfmasken, Brain-Tuben) zu verwenden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... Einweg-Textilien zu verwenden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... Einweg-Instrumente aus Metall (z. B. Scheren, Klemmen, etc.) zu verwenden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Aus meiner Sicht wäre es in meiner beruflichen Praxis **möglich**, ...

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils-teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
... den Anteil von Einwegprodukten zu reduzieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... auf Einwegprodukte zu verzichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... auf Einweg-Laryngoskop-Handgriffe zu verzichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... auf Einweg-Laryngoskop-Spatel zu verzichten. (ausgenommen Video-Laryngoskop-Spatel)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... auf Einweg-Bronchoskope zu verzichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... auf Einweg-Larynxmasken (Kehlkopfmasken, Brain-Tuben) zu verzichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... auf Einweg-Textilien zu verzichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... auf Einweg-Instrumente aus Metall (z. B. Scheren, Klemmen, etc.) zu verzichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Andere Maßnahmen

Es ist in meiner beruflichen Praxis **üblich** ...

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils-teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
... nicht verwendete Geräte auszuschalten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... den Abfall zu trennen, um ihn zu recyceln.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... den gesamten Abfall als Restmüll zu entsorgen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... vorgefertigte Sets zu verwenden (z. B. für Regionalanästhesie, ZVK, etc.).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... Medizinprodukte unbenutzt zu entsorgen (z. B. Produkte in Sets, Vorbereitungen).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Aus meiner Sicht wäre es in meiner beruflichen Praxis **möglich** ...

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils-teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
... durch einfache Maßnahmen Strom zu sparen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... den Abfall noch besser zu trennen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... weniger Medizinprodukte unbenutzt zu entsorgen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Umsetzung

Hinderlich für nachhaltige (umwelt- und ressourcenschonende) Arbeitsweisen sind aus meiner Sicht

● Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus:

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- Vorgaben der Institution/Abteilung
- Kosten
- Lieferbedingungen, Beschaffungsentscheidungen
- fehlendes Wissen/fehlende Information
- fehlende Zeit für die Durchführung
- fehlende Infrastruktur am Arbeitsplatz
- Einstellung von Kolleg*innen, Mitarbeiter*innen
- Einstellung von Vorgesetzten
- eigene Einstellung

Weitere Barrieren für nachhaltige (umwelt- und ressourcenschonende) Arbeitsweisen sind für mich:

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Förderlich für nachhaltige (umwelt- und ressourcenschonende) Maßnahmen sind aus meiner Sicht

🗖 Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus:

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- Vorgaben der Institution/Abteilung
- Kosten
- Lieferbedingungen, Beschaffungsentscheidungen
- Wissen und Information
- ausreichend Zeit für die Durchführung
- passende Infrastruktur am Arbeitsplatz
- Einstellung von Kolleg*innen/Mitarbeiter*innen
- Einstellung von Vorgesetzten
- eigene Einstellung

Weitere förderliche Aspekte für nachhaltige (umwelt- und ressourcenschonende) Arbeitsweisen sind für mich:

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Für etwaige Rückfragen stehe ich gerne zur Verfügung.

Bernhard Aichinger, BScN

masterthesis.greenanaesthesia@gmx.at

30.06.2023 – 18:00

Übermittlung Ihres ausgefüllten Fragebogens:

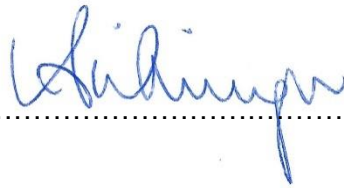
Vielen Dank für die Beantwortung des Fragebogens.

Anhang C: Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Master-These selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt bzw. die wörtlich oder sinngemäß entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Die vorliegende Master-These ist mit dem elektronisch gespeicherten Textdokument identisch und wurde noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt. Ich bestätige zusätzlich im Rahmen meiner Arbeit alle grundlegenden Anforderungen bezüglich Datenschutz eingehalten zu haben und nicht die Persönlichkeitsrechte fremder Personen verletzt zu haben.

Hartkirchen, 30.07.2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'W. Kühn', is written over a horizontal dotted line.

Das Vorhaben wurde durch das Institutionelle Ethikboard der FH Gesundheitsberufe OÖ geprüft und bestätigt (Nr. A-2023-067).