

Urologie
<https://doi.org/10.1007/s00120-025-02692-5>
Eingegangen: 29. Juli 2025
Angenommen: 2. August 2025

© The Author(s) 2025



Ressourcenschonender Einsatz von Einweg-OP-Textilien

Eine datengetriebene Analyse von 213.000 Operationen aus dem Jahr 2022

Moritz Goeldner

Technische Universität Hamburg, Hamburg, Deutschland

Zusammenfassung

Operationssäle gehören zu den ressourcenintensivsten Bereichen des Krankenhauses und verursachen erhebliche Mengen an Abfall und CO₂-Emissionen. Einweg-OP-Textilien tragen hierbei wesentlich zum ökologischen Fußabdruck chirurgischer Eingriffe bei. Die Urologie leistet als operativ geprägte Disziplin einen bedeutenden Beitrag zum OP-Aufkommen. Ziel dieser Studie war es, den Beitrag von OP-Textilien zum Ressourcenverbrauch zu quantifizieren und zu analysieren, in welchem Umfang durch eine standardisierte Nutzung ökologische und ökonomische Einsparpotenziale realisiert werden können. Grundlage bildeten Verbrauchs- und Leistungsdaten (OPS-Ziffern, Operationen- und Prozedurenschlüssel) von 25 Krankenhäusern (in 4 Versorgungsstufen) einer deutschlandweit tätigen Klinikette in privater Trägerschaft. Der tatsächliche Verbrauch aus dem Jahr 2022 wurde einem Soll-Szenario mit vordefinierten OP-Standards gegenübergestellt. Für jeden Standard wurden CO₂-Emissionen mittels „life cycle assessment“ berechnet und den jeweiligen Operationen zugeordnet. Im Jahr 2022 wurden in den 25 untersuchten Kliniken 213.048 Operationen durchgeführt. Dabei wurden insgesamt 352,7 t Einweg-OP-Textilien verbraucht, was 1997 t CO₂-Äquivalenten entspricht. Rohmaterialien verursachten dabei den größten Anteil der Emissionen, während Transporte nur einen geringen Beitrag leisteten. Durch die konsequente Standardisierung könnte der CO₂-Ausstoß um bis zu 8 % reduziert werden. Besonders hohe Einsparpotenziale wurden in orthopädischen (bis zu 23,4 %) und kardiologischen Kliniken (bis zu 20,6 %) identifiziert. Die Ergebnisse zeigen, dass ein Teil des Ressourcenverbrauchs im OP vermeidbar ist. Standardisierte Nutzung von Einweg-OP-Textilien bietet sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile.

Schlüsselwörter

Rohmaterialien · Standardisierung · Ökobilanz · Nachhaltigkeit · Ressourcenverbrauch

In diesem Beitrag

- Einweg-OP-Textilien im Fokus
- Ökobilanz von Medizinprodukten
- Methodik
- Der Ist-Zustand: Ökologische Bilanz von OP-Textilien
- Der Soll-Ist-Vergleich: Potentiale der Standardisierung
- Diskussion
- Ausblick

Einleitung

Operationssäle gehören zu den ressourcenintensivsten Bereichen im Krankenhaus [2, 8]. Der zunehmende Einsatz von Einwegprodukten in den letzten Jahrzehnten hat zu einem deutlichen Anstieg des Abfallaufkommens im OP-Bereich geführt. Dies belastet nicht nur die Entsorgungskapazitäten und Budgets der Kliniken, sondern aufgrund der energieintensiven Herstellung und Entsorgung auch die Umwelt. Die Urologie trägt als chirurgisch geprägte Disziplin in erheblichem Um-

fang zu diesem OP-Aufkommen bei [5]. Nachhaltige Maßnahmen im OP-Bereich sind daher auch für urologische Kliniken von besonderer Bedeutung.

» **Operationssäle gehören zu den ressourcenintensivsten Bereichen im Krankenhaus**

Obwohl die Transformation hin zu mehr Nachhaltigkeit in vielen Einrichtungen zunächst als zusätzliche Herausforderung wahrgenommen wird, zeigt diese Studie, dass ökologische Strategien nicht nur



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

einen Beitrag zum Klimaschutz und damit zur Gesundheit der Bevölkerung leisten, sondern zugleich finanzielle Vorteile für die Einrichtungen generieren können.

Einweg-OP-Textilien im Fokus

Der OP-Bereich trägt erheblich zu den klimaschädlichen Emissionen des Gesundheitswesens bei. Besonders ins Gewicht fallen dabei Anästhesiegase, die Klimatisierung der Operationssäle sowie medizinische Einwegprodukte [4]. Im Rahmen einer Untersuchung, bei der chirurgische Abfälle aus 45 Operationen in zwei dänischen Krankenhäusern detailliert analysiert wurden, wurden u.a. OP-Textilien wie sterile Abdeckungen und Kittel als die Materialströme identifiziert, die gemessen am Gewicht die größte Abfallmenge (und damit die meisten CO₂-Emissionen) verursachen [11]. Auch wenn sterile Mehrwegtextilien in zahlreichen Studien ein bessere Ökobilanz aufweisen können, sind Einwegtextilien in fast allen Kliniken in Deutschland Standard [9, 12]. Dies hängt auch mit der Wirtschaftlichkeit der Einwegprodukte im Vergleich zu Mehrwegprodukten zusammen.

Die klimaschädlichen Emissionen werden jedoch nicht zwangsläufig im Krankenhaus selbst verursacht. Aktuelle Analysen zeigen, dass >65% der sektorweiten Emissionen nicht direkt im Klinikbetrieb entstehen, sondern in vorgelagerten Liefer- und Versorgungsketten [7]. Der überwiegende Teil des Klimaeinflusses resultiert somit aus Produktion, Transport und Entsorgung der eingesetzten Materialien [6]. Die Emissionen von Einwegprodukten entlang dieser Wertschöpfungskette tragen maßgeblich zum ökologischen Fußabdruck chirurgischer Eingriffe bei. Eine Reduktion des Verbrauchs verringert daher nicht nur das Abfallaufkommen, sondern senkt insbesondere die indirekten Emissionen aus den vorgelagerten Prozessen [3].

Ziel der Studie war es daher, den Beitrag von OP-Textilien zum Ressourcenverbrauch im Operationsbereich zu quantifizieren. Zudem sollte analysiert werden, in welchem Umfang sich durch eine standardisierte und optimierte Nutzung ökologische und ökonomische Einsparpotenziale realisieren lassen.

Ökobilanz von Medizinprodukten

Eine Ökobilanz bzw. ein „life cycle assessment“ (LCA) ist eine systematische Methode zur quantitativen Bewertung der potenziellen Umweltwirkungen eines Produkts, Prozesses oder einer Dienstleistung über ihren gesamten Lebenszyklus, von der Rohstoffgewinnung über Herstellung, Nutzung bis zur Entsorgung oder Wiederverwertung [10]. Dabei werden sämtliche Inputs (z.B. Energie, Material, Wasser) und Outputs (z.B. Emissionen, Abfälle) erfasst und in Wirkungskategorien wie Treibhauseffekt, Ressourcenverbrauch oder CO₂-Emissionen abgebildet [4].

» In den Kliniken ist bislang kaum Wissen über die Erstellung von Ökobilanzen vorhanden

In Kliniken ist das Wissen über LCA bislang kaum vorhanden, wird jedoch an entscheidenden Stellen wie dem Einkauf oder OP-Management dringend benötigt, um fundierte und nachhaltige Beschaffungs- und Nutzungsentscheidungen treffen zu können. Die einzelnen Schritte des LCA sind standardisiert und können der Norm DIN EN ISO 14040/44 entnommen werden. Neben dem Vergleich verschiedener Produkte ist auch die Identifizierung von Prozessschritten mit besonders starker Umweltauswirkung möglich. Aufgrund der Vielzahl von Parametern und Rahmenbedingungen ist ein Vergleich von LCA verschiedener Anbieter derzeit noch schwierig.

Methodik

Für diese Studie soll der tatsächliche Verbrauch von Einweg-OP-Textilien (Ist-Stand) mit einem hypothetischen Soll-Stand verglichen werden, bei dem jeweils nur eine optimale Menge an OP-Textilien genutzt wird.

Die Analyse stützte sich auf die Verbrauchsdaten von 25 Krankenhäusern einer deutschlandweit agierenden Klinikette in privater Trägerschaft. Die Krankenhäuser wurden in 4 Versorgungsstufen kategorisiert: kardiologische Fachkliniken, orthopädische Fachkliniken, Grund- und Regelversorger (GRV) sowie Schwerpunkt- und Maximalversorger (SMV). Für die Ana-

lyse wurden sämtliche Bestellungen von OP-Textilien (OP-Kittel, Abdecktücher, OP-Sets) im Jahr 2022 aus dem internen Warenwirtschaftssystem exportiert. Der Datensatz enthielt Angaben zu Menge, Kosten, Lieferant und Warengruppe der bestellten Artikel. Es wurden nur Bestellungen einbezogen, die eindeutig dem OP-Bereich zugeordnet werden konnten. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden lediglich die stationär durchgeführten Operationen berücksichtigt.

Für die Erfassung der tatsächlich durchgeführten Operationen in den 25 Kliniken wurden aus dem System die OPS-Ziffern (Operationen- und Prozedurenschlüssel) des Jahres 2022 extrahiert. Der OPS ist eine amtliche Klassifikation zur Verschlüsselung von Operationen, Prozeduren und allgemein medizinischen Maßnahmen, die vom Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) herausgegeben wird. OPS-Ziffern kodieren medizinische Eingriffe, jedoch erfolgt in den Kliniken keine direkte Verbindung zum Materialverbrauch. Die Grundlage für die Zuordnung bildete ein interner Standardkatalog aus dem Jahr 2016 mit 42 definierten OP-Abdeckstandards, der auf die OPS-Daten 2022 übertragen und um neue Prozeduren erweitert wurde.

Insgesamt wurden 213.048 relevante Datensätze aus 25 Kliniken aus dem Jahr 2022 extrahiert. Dieses Mengengerüst diente als Soll-Grundlage für den Vergleich mit dem tatsächlichen Materialverbrauch. Nach einem Plausibilitätscheck wurde der Datensatz um die vom Zulieferer der Einweg-OP-Textilien bereitgestellten LCA-Daten erweitert. Daraus wurde für jeden der oben genannten 42 OP-Abdeckstandards ein Wert für das LCA (in kg CO₂-Äquivalent) berechnet und jeder OPS-Ziffer im Datensatz, d.h. jeder im Jahr 2022 in den 25 Kliniken durchgeführten Operation, zugeordnet.

Der Ist-Zustand: Ökologische Bilanz von OP-Textilien

In den 25 Kliniken wurden im Jahr 2022 insgesamt 213.048 Operationen durchgeführt. Dabei wurden 521.117 OP-Kittel verwendet, d.h. ca. 2,45 sterile Kittel je Operation. Der Verbrauch schwankt deutlich: In einem Haus der Grund- und Regelver-

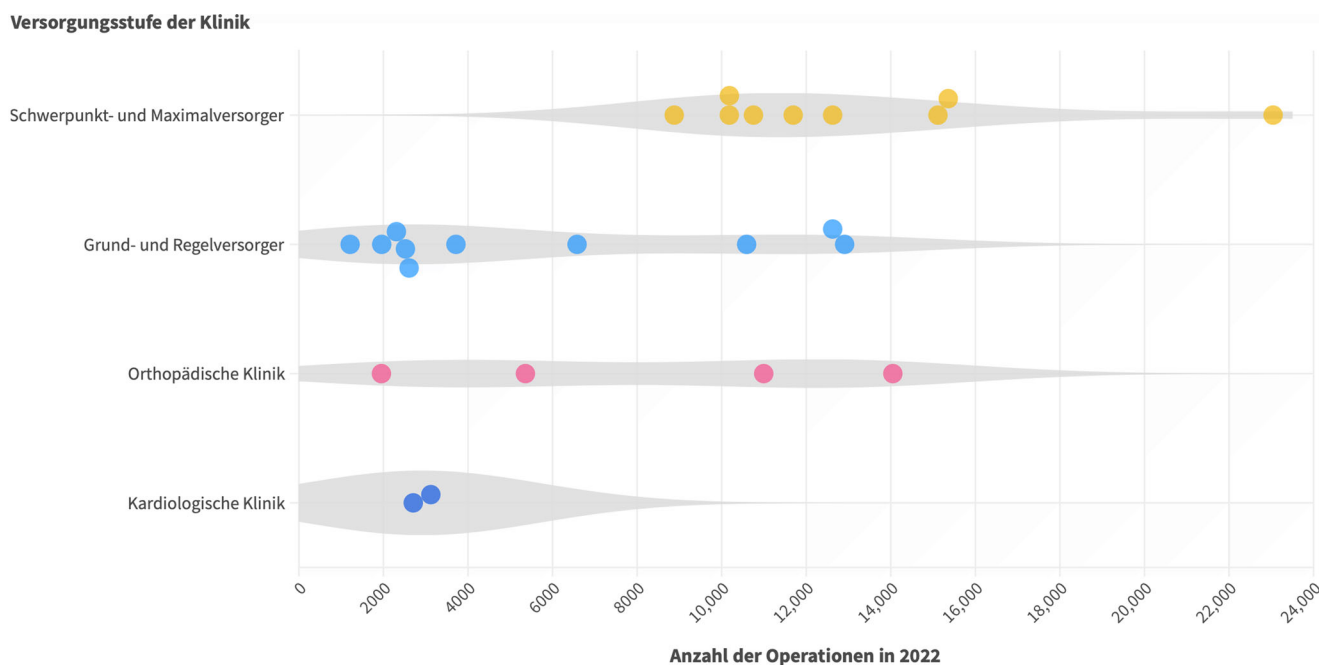


Abb. 1 ▲ Anzahl der Operationen in 2022 je Versorgungsstufe der Klinik

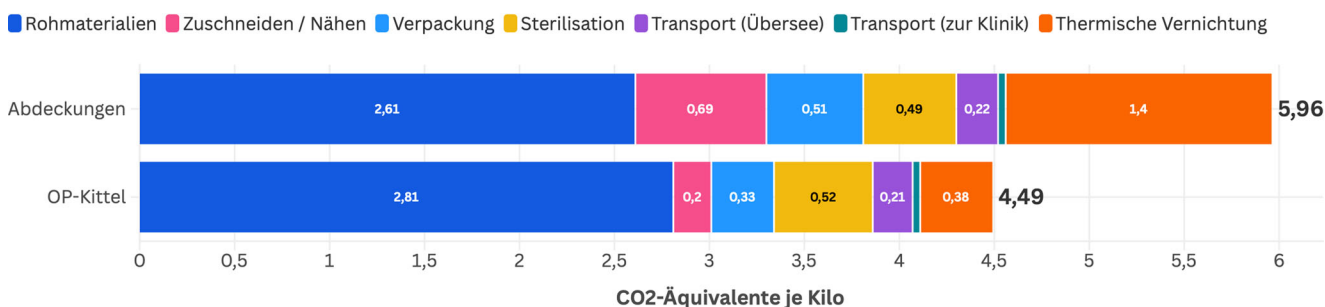


Abb. 2 ▲ Ökobilanz der Operationssaal (OP)-Textilien (OP-Kittel und Abdeckungen)

sorgung wurden im Durchschnitt 1,8 Kittel pro Operation benötigt, in einer Herzklinik waren es 4,4. Insgesamt fielen 352,7 t Müll für Einweg-OP-Textilien an, was etwa 1997 t CO₂-Äquivalenten an Treibhausgasemissionen entspricht. Zur Veranschaulichung: Das Gewicht des Mülls entspricht etwa dem Gewicht von 248 Mittelklasse-Pkw, die CO₂-Äquivalente entsprechen dem Verbrauch von etwa 416 Mittelklasse-Pkw, die jeweils die Erde am Äquator umrunden.

Die Anzahl der Operationen je Klinik schwankt erheblich – sowohl zwischen den Versorgungsstufen, als auch innerhalb der Versorgungsstufen (▣ Abb. 1).

Die Ökobilanzen der OP-Kittel und Abdeckungen sind in ▣ Abb. 2 dargestellt. Dabei wird deutlich, dass die Rohmaterialien den Großteil der Emissionen verursachen:

62,5% bei OP-Kitteln und 43,6% bei Abdeckungen. Der Transport vom Zentrallager zur Klinik macht lediglich 1% der Emissionen bei einem OP-Kittel aus.

Insgesamt sind die Abdeckungen für 71% der Gesamtemissionen verantwortlich, OP-Kittel für 29%. Die Analyse der CO₂-Emissionen je Operation zeigt, dass die Kliniken innerhalb einer Versorgungsstufe schon stark standardisiert arbeiten und nur verhältnismäßig kleine Unterschiede sichtbar sind (▣ Abb. 3).

» **Größere Unterschiede sind eher zwischen den Versorgungsstufen als innerhalb dieser sichtbar**

Es zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Versorgungsstufen sowie innerhalb der orthopädischen Fachkliniken.

Diese Unterschiede innerhalb der orthopädischen Kliniken lassen sich insbesondere durch die stark variierende Anzahl an jährlichen Operationen erklären. Zudem können Abweichungen entstehen, da sich Kliniken selbst innerhalb derselben Versorgungsstufe hinsichtlich Art und Schwere der behandelten Fälle unterscheiden.

Der Soll-Ist-Vergleich: Potentiale der Standardisierung

Das ökologische Einsparpotenzial wurde durch einen Soll-Ist-Vergleich ermittelt, bei dem der tatsächliche Verbrauch der OP-Textilien in den 25 Kliniken dem hypothetischen Verbrauch nach einheitlich definierten Industriestandards gegenübergestellt wurde.

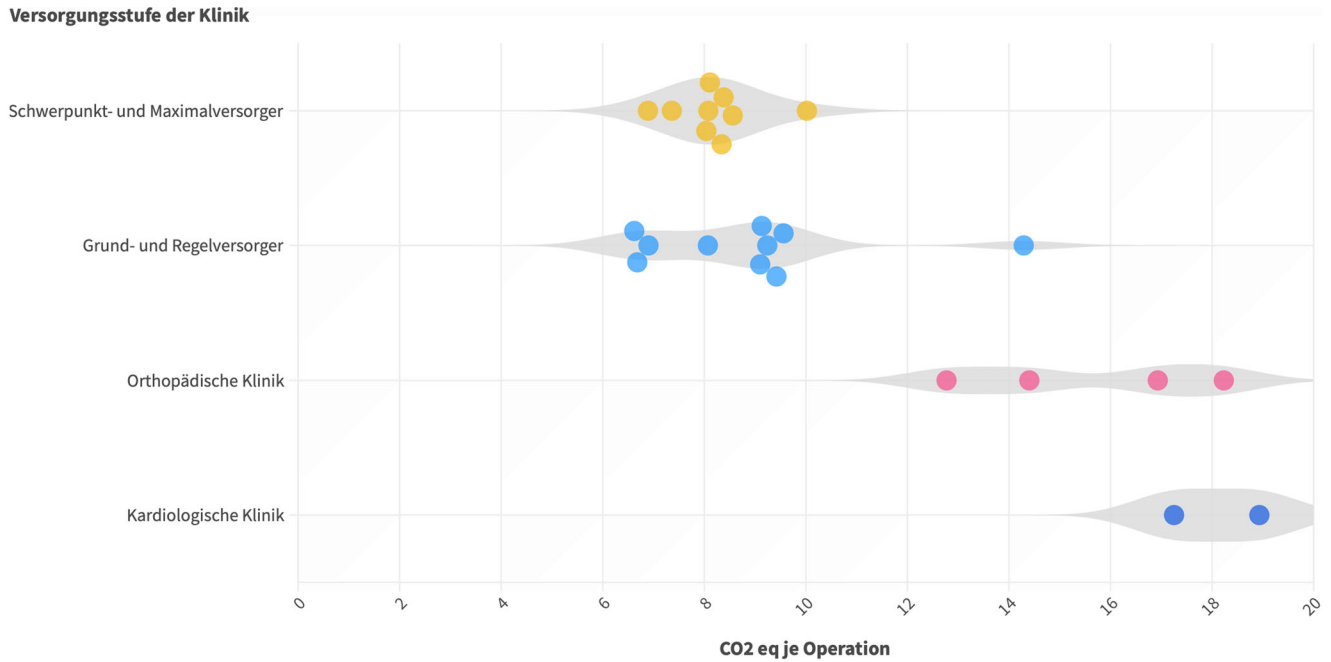


Abb. 3 ▲ CO₂-Äquivalent je Operation und Versorgungsstufe der Klinik

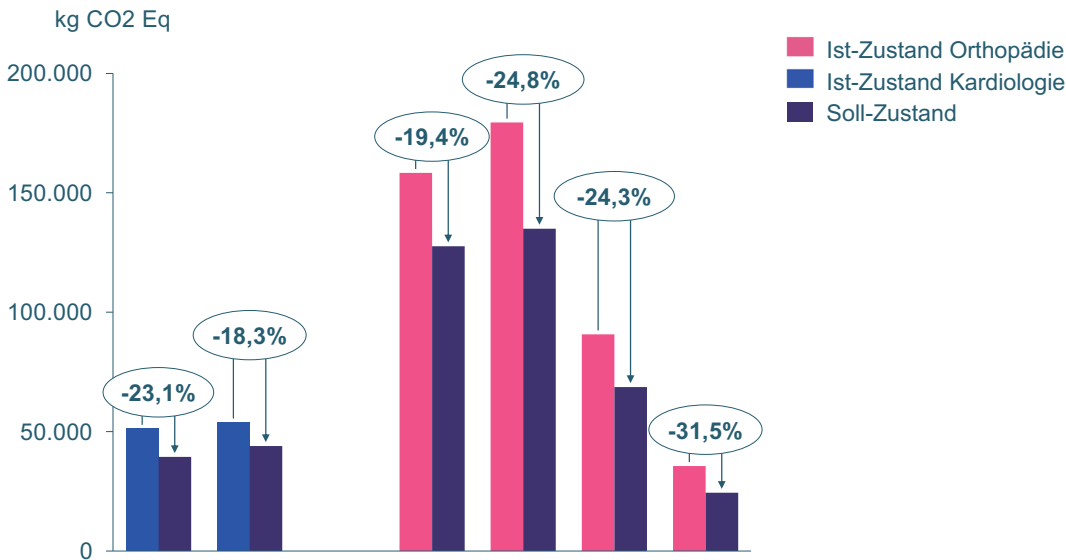


Abb. 4 ◀ Soll-Ist-Vergleich für orthopädische und kardiologische Kliniken

Die Analyse zeigt, dass durch die Anwendung dieser Standards der CO₂-Fußabdruck um insgesamt rund 160t CO₂-Äquivalente gesenkt werden könnte, was einer Reduktion der Emissionen um durchschnittlich 8% entspricht. Das größte Einsparpotenzial wurde für orthopädische Fachkliniken mit durchschnittlich 23,4% (31,5–19,4%) identifiziert, gefolgt von kardiologischen Fachkliniken mit durchschnittlich 20,6% (Abb. 4). In Häusern der Grund- und Regelversorgung sowie der Schwerpunkt- und Maximal-

versorgung sind die Einsparungen auf Gesamtstufenebene gering (Abb. 5). Auf Ebene einzelner größerer Kliniken zeigen sich jedoch auch hier relevante Potenziale durch die Standardisierung der Nutzung von OP-Textilien.

Diskussion

Die Ergebnisse der Studie verdeutlichen, dass der ressourcenschonende Einsatz von OP-Textilien ein signifikantes Potenzial zur Reduktion von Emissionen und Kosten bie-

tet. Durch die konsequente Standardisierung von OP-Mänteln und Abdeckungen könnten die CO₂-Emissionen theoretisch um bis zu 160t CO₂-Äquivalente pro Jahr gesenkt werden, was einer Reduktion von rund 8% entspricht. Besonders in Fachbereichen mit hohem Materialverbrauch, wie orthopädischen und kardiologischen Kliniken, wurden Einsparpotenziale von über 20% berechnet. Realistisch betrachtet wird das tatsächliche Potenzial etwas geringer ausfallen, es bleibt jedoch sowohl ökologisch als auch ökonomisch bedeutsam.

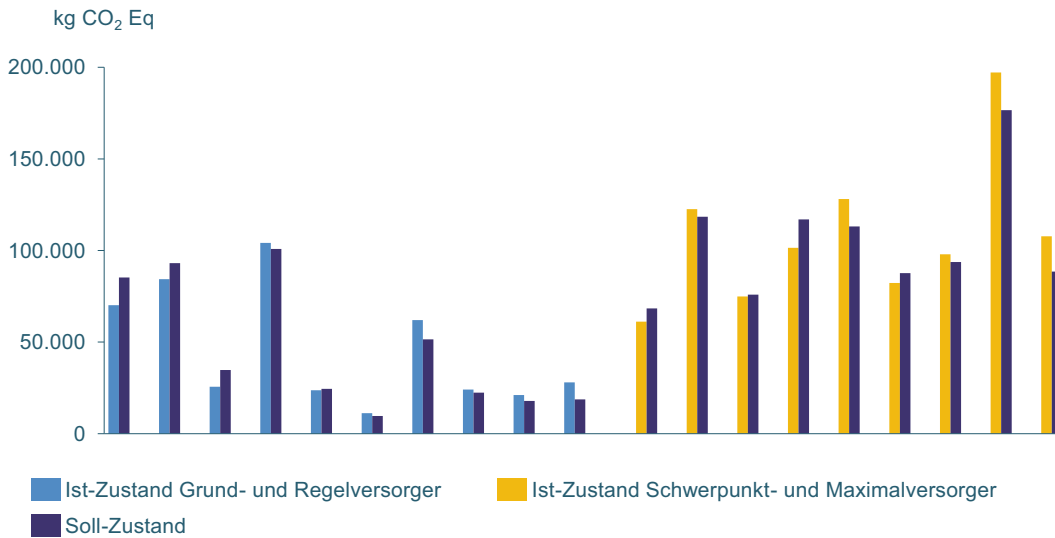


Abb. 5 ◀ Soll-Ist-Vergleich für Grund- und Regelversorger sowie Schwerpunkt- und Maximalversorger

Da OP-Kittel nur für weniger als 30% der berechneten CO₂-Äquivalente verantwortlich sind, ist davon auszugehen, dass auch deutlich mehr Abdeckungen im OP genutzt werden als standardmäßig vorgesehen. In diesem Zusammenhang ist jedoch auch hervorzuheben, dass viele Kliniken der Grund- und Regelversorgung sowie der Schwerpunkt- und Maximalversorgung bereits nahe am Optimum arbeiten und die OP-Textilien offensichtlich sehr standardisiert einsetzen.

» Ein Großteil der Umweltbelastung entfällt auf die Herstellung der Ausgangsmaterialien

Die Analyse der Ökobilanz zeigt, dass die größten Emissionen nicht durch den Transport, sondern überwiegend durch die Rohmaterialien der Einwegprodukte entstehen. Ein Großteil der Umweltbelastung entfällt auf die Herstellung der Ausgangsmaterialien, wobei dabei nicht nur die Polymere an sich, sondern auch der Energiemix im Herstellungsland eine wesentliche Rolle spielt [1]. So führt ein hoher Anteil fossiler Energieträger in asiatischen Produktionsländern zu einem größeren CO₂-Fußabdruck als in europäischen Regionen.

Daher können Vorschläge zum Recycling, bzw. zur besseren Mülltrennung von Einweg-OP-Textilien nur ein kleiner Schritt in Richtung eines nachhaltigeren Gesundheitswesens sein. Vielversprechender sind die gezielte Auswahl von Rohmaterialien mit geringerem ökologischem Fußabdruck, die Wiederverwendung von Mate-

rialien oder die Nutzung von Mehrwegprodukten [4].

Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Standardisierung als wirksames Instrument zur Abfall- und Emissionsreduktion. Einheitliche Produktsätze, optimierte Materialzusammenstellungen und die Festlegung klinikübergreifender Standards können Ressourcen schonen, Kosten senken und die Versorgungssicherheit aufrechterhalten. Allerdings erfordert die Umsetzung einen proaktiven Ansatz: Die Einbeziehung des medizinischen Personals, eine datengestützte Planung und die Berücksichtigung lokaler Anforderungen sind entscheidend für den Erfolg.

Schließlich machen die Ergebnisse deutlich, dass Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit im OP-Bereich kein Widerspruch sind. Vielmehr können Krankenhäuser durch gezielte Maßnahmen ökologische Verantwortung übernehmen, regulatorischen Anforderungen begegnen und gleichzeitig ökonomische Vorteile erzielen. Diese Studie zeigt, dass ressourcenschonende Prozesse im OP nicht nur möglich, sondern für die Zukunft der Krankenhäuser strategisch bedeutsam sein können.

Ausblick

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Einführung klinikübergreifender Standards insbesondere in der Herzchirurgie und Orthopädie ein erhebliches ökologisches und ökonomisches Potenzial bietet. Diese Fachbereiche eignen sich daher be-

sonders für Pilotprojekte. Auch ausgewählte Kliniken der Maximalversorgung könnten durch die Anwendung einheitlicher Standards profitieren.

» In Zukunft können ressourcenschonende Prozesse im OP für Krankenhäuser strategisch bedeutsam werden

Für eine weitergehende Optimierung empfiehlt sich der Aufbau einer Datenbank, in der herstellerseitige Ökobilanzdaten systematisch erfasst werden. Diese sollte perspektivisch um weitere OP-Produkte und darüberhinausgehende Materialien erweitert werden. Voraussetzung ist die Vergleichbarkeit der CO₂-Bilanzen verschiedener Hersteller sowie die Entwicklung geeigneter Schnittstellen, um den manuellen Aufwand zu minimieren. Nur durch den Zugriff auf umfassende und vergleichbare Daten können Kliniken fundierte und ökologisch nachhaltige Einkaufsentscheidungen treffen und so den CO₂-Fußabdruck von Operationen deutlich verringern. Um jedoch die Ökobilanzen verschiedener Hersteller oder von Einweg- und Mehrwegprodukten vergleichbar zu machen und Teil der Ausschreibungen sein zu können, sind gesetzliche Rahmenbedingungen, und einheitliche Standards notwendig.

Künftige Analysen sollten den Verbrauch je OPS-Ziffer und Klinik detailliert vergleichen, um konkrete Optimierungspotenziale zu identifizieren. Der Austausch von „best practices“ zwischen den Kliniken

kann zusätzlich dazu beitragen, erfolgreiche Maßnahmen standortübergreifend zu etablieren.

Die konsequente Umsetzung dieser Schritte bietet die Möglichkeit, den Ressourcenverbrauch im OP nachhaltig zu senken und gleichzeitig ökonomische Vorteile zu realisieren.

Fazit für die Praxis

- **Standardisierung als Schlüsselmaßnahme:** Die Einführung klinikübergreifender Standards für OP-Textilien ermöglicht eine deutliche Reduktion von Abfall und CO₂-Emissionen sowie Kosteneinsparungen von bis zu 8%.
- **Rohmaterialien als größter Emissionstreiber:** Der überwiegende Teil der CO₂-Emissionen entsteht in der Herstellung der Rohmaterialien. Daher sollten Kliniken und Hersteller gemeinsam auf den Einsatz Produkten aus Rohmaterialien mit geringem ökologischem Fußabdruck hinwirken.
- **Pilotprojekte in Hochverbrauchsbereichen:** Herzchirurgie, Orthopädie und ausgewählte Maximalversorger bieten die größten Potenziale und sollten vorrangig für die Umsetzung standardisierter Prozesse genutzt werden.
- **Ökobilanzdaten zentral erfassen:** Der Aufbau und die Nutzung einer standardisierten Datenbank mit vergleichbaren CO₂-Bilanzen verschiedener Hersteller ermöglichen es Kliniken, fundierte und nachhaltige Einkaufsentscheidungen zu treffen und den CO₂-Fußabdruck von Operationen gezielt zu reduzieren.

Korrespondenzadresse



Prof. Dr. Moritz Goeldner
Technische Universität Hamburg
Am Schwarzenberg-Campus 4, 21073 Hamburg, Deutschland
moritz.goeldner@tuhh.de

Resource-efficient use of single-use surgical textiles. A data-driven analysis of 213,000 surgeries from 2022

Operating rooms are among the most resource-intensive areas of hospitals and generate significant amounts of waste and carbon emissions. Single-use surgical textiles contribute significantly to the ecological footprint of surgical procedures. As a surgical discipline, urology makes a significant contribution to the volume of surgical procedures. The goal of this study was to quantify the contribution of surgical textiles to overall resource consumption and to analyze the extent to which ecological and economic savings can be achieved through standardized use. The study used data on surgeries and consumption of surgical textiles from 25 hospitals (in four tier levels) that belong to a privately owned hospital chain operating throughout Germany. Actual consumption of surgical textiles in 2022 was compared against a target scenario based on predefined surgical standards. For each surgical standard, carbon emissions were calculated using a life cycle assessment and was then allocated to the respective surgeries. In 2022, 213,048 surgeries were performed in the 25 hospitals. A total of 352.7 tons of single-use surgical textiles were used, which corresponds to 1997 tons of CO₂ equivalents. Raw materials accounted for the largest share of emissions, while local transport made only a minor contribution. Consistent standardization could reduce CO₂ emissions by up to 8%. Particularly high savings potential was identified in orthopedic (up to 23.4%) and cardiology (up to 20.6%) clinics. The results show that a fraction of the resource consumption in the operating room is avoidable. Standardized use of single-use surgical textiles might offer both ecological and economic advantages.

Keywords

Raw materials · Standardization · Life cycle assessment · Sustainability · Resource consumption

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Goeldner gibt eine Beratertätigkeit sowie Vortragstätigkeiten für die Sana Einkauf und Logistik GmbH an.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die nicht-kommerzielle Nutzung, Vervielfältigung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die Lizenz gibt Ihnen nicht das Recht, bearbeitete oder sonst wie umgestaltete Fassungen dieses Werkes zu verbreiten oder öffentlich wiederzugeben. Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen. Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.

Literatur

1. Abbasi KR, Shahbaz M, Zhang J et al (2022) Analyze the environmental sustainability factors of China: The role of fossil fuel energy and renewable energy. *Renew Energy* 187:390–402. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.01.066>
2. Adler SO, Hery D, Groen EC et al (2025) Digital Health: Eine grüne Zukunft für das Gesundheitswesen? *Urologie*. <https://doi.org/10.1007/s00120-025-02637-y>
3. Cimprich A, Young SB (2023) Environmental footprinting of hospitals: organizational life cycle assessment of a Canadian hospital. *J Ind Ecol* 27:1335–1353. <https://doi.org/10.1111/jiec.13425>
4. Drew J, Christie SD, Tyedmers P et al (2021) Operating in a climate crisis: a state-of-the-science review of life cycle assessment within surgical and anesthetic care. *Environ Health Perspect*. <https://doi.org/10.1289/EHP8666>
5. Dzukowski F (2022) *Urologie und Umwelt*. *Urologie* 61:948–950. <https://doi.org/10.1007/s00120-022-01896-3>
6. Eckelman MJ, Weisz U, Pichler PP et al (2024) Guiding principles for the next generation of health-care sustainability metrics. *Lancet Planet Health* 8:e603–e609. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(24\)00159-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00159-1)
7. MacNeill AJ, Lillywhite R, Brown CJ (2017) The impact of surgery on global climate: a carbon footprinting study of operating theatres in three health systems. *Lancet Planet Health* 1:e360–e367. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30162-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30162-6)
8. Novosel S, Prangenberg C, Wirtz DC et al (2022) Übersichten Klimawandel: Wie die Chirurgie zur Erderwärmung beiträgt. *Chirurgie* 93:579–282. <https://doi.org/10.1007/s00104-021-01551-1>

9. Overcash M (2012) A comparison of reusable and disposable perioperative textiles: Sustainability state-of-the-art 2012. *Anesth Analg* 114:1055–1066. <https://doi.org/10.1213/ANE.0B013E31824D9CC3>
10. Padget M, Devadason A, Blom I et al (2024) Measuring environmentally sustainable health care: a scoping review. *Lancet Planet Health* 8:e675–e683. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(24\)00162-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00162-1)
11. Ramos T, Christensen TB, Oturai N, Syberg K (2023) Reducing plastic in the operating theatre: towards a more circular economy for medical products and packaging. *J Clean Prod*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135379>
12. Vozzola E, Overcash M, Griffing E (2020) An environmental analysis of reusable and disposable surgical gowns. *AORN J* 111:315–325. <https://doi.org/10.1002/aorn.12885>

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.