

01.05.2026 Nachhaltigkeit

# CO<sub>2</sub>-Footprintanalyse in der kolorektalen und Pankreas-Chirurgie

Lucas Hartmann, Djurdjija Petrovic, Mark A. Punke, Timo Busch, Thilo Hackert, Sven Lundie, Thilo Welsch



Um dem Klimawandel entgegen wirken zu können, müssen die Treibhausgas(THG)-Emissionen weltweit drastisch reduziert werden. Der Gesundheitssektor, dessen Aufgabe die Förderung und Erhaltung der Gesundheit auf unserem Planeten ist, trägt mit 4,4 % wesentlich zum globalen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck bei. In Deutschland verursacht das Gesundheitssystem 5,2 % der gesamten THG-Emissionen, in den Vereinigten Staaten von Amerika sind es 7,6 % [7].

Seit 2016 sind die THG-Emissionen im Gesundheitssektor sogar um 36 % gestiegen [16] und damit ist der Gesundheitssektor weit entfernt von einem Ziel einer CO<sub>2</sub>-Neutralität. Dabei trägt der OP-Bereich maßgeblich zu den THG-Emissionen im Krankenhaus bei: ca. 30 % des Krankenhausabfalls fällt im Operationsbereich an. Zudem ist der

Operationsbereich 3-6mal energieintensiver als andere Krankenhausbereiche, u. a. wegen der Heizung, Lüftung und Klimatisierung [8, 11].

Diese Zahlen verdeutlichen wie wichtig und dringend die THG-Emissionen im Operationsbereich erfasst und reduziert werden müssen. Für die Viszeralchirurgie als eine der größten chirurgischen Fachrichtungen liegen nur wenig belastbare Daten zum CO<sub>2</sub>e-Fußabdruck vor. Stellungnahmen und Empfehlungen für klimaschonende Prozesse wurden jedoch bereits von anästhesiologischen, gastroenterologischen und auch der Amerikanischen Gesellschaft der Gastrointestinal- und endoskopischen Chirurgen (SAGES) gemeinsam mit der Europäischen Gesellschaft für Endoskopische Chirurgie (EAES) [1] veröffentlicht.

Am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf haben wir eine CO<sub>2</sub>e-Fußdruckanalyse für kolorektale und Pankreas-Resektionen interdisziplinär und multiprofessionell durchgeführt, um Optimierungspotenziale zu identifizieren.

## Grundlagen und Methodik der CO<sub>2</sub>e-Fußabdruckanalyse

Entscheidend für die Bewertung einer Treibhausgasanalyse ist der Umfang der berücksichtigten Variablen und die zugrundeliegenden Berechnungsverfahren. Vielfach werden die drei Bereiche (Scopes) entsprechend des THG-Protokolls [5,] definiert, wobei „Scope 1“ die direkten Emissionen des Krankenhauses (z. B. Anästhesiegas und die Verbrennung von Stadtgas), „Scope 2“ die indirekten Emissionen der Energieerzeugung (z. B. Erzeugung von Elektrizität und Fernwärme) und „Scope 3“ die übrigen indirekten Emissionen (während der Produktkette inkl. Transport und Abfallbeseitigung) umfasst [11]. Im eigenen Vorgehen wurde eine lebenszyklusbasierte Analyse entsprechend der Product Environmental Footprint (PEF) Empfehlungen der Europäischen Kommission durchgeführt (2021). Dabei wurde sich an den Phasen Zieldefinition (einschließlich Scope-Definition), Sach- und Wirkungsbilanz sowie Interpretation orientiert. Die im eigenen Vorgehen berücksichtigten Ressourcen und Prozesse für die CO<sub>2</sub>e-Analyse von kolorektalen und Pankreasoperationen sind in Tabelle 1 dargestellt (Tab. 1).

**Tab. 1:** Berücksichtigte Ressourcen und Prozesse für die CO<sub>2</sub>e-Analyse

Input	Intraoperativ	Output
Rohstoffgewinnung und Verarbeitung	Energie: Heizung	Abfallentsorgung (Recycling, Verbrennung, Deponie)
Herstellung*	Energie: Kühlung	Sterilisation
Transport und Distribution*	Energie: Strom	Direkte Emissionen
	Medizinprodukte (Einweg = single use)	
	Medizinprodukte (wiederverwendbar)	
	Pharmazeutika	
	CO <sub>2</sub> -Gase	
	Wasser*	

\*Für die eigene Lebenszyklus-Analyse nicht berücksichtigt

Insgesamt wurden 30 kolorektale und Pankreasoperationen in einem Zeitraum von drei Monaten in zwei definierten Operationssälen im Jahr 2024 analysiert. Um möglichst genaue Daten über den Energieverbrauch zu erhalten, wurde der gesamte Stromverbrauch (u. a. auch für Heizung und Lüftung) dieser zwei Operationssäle aufgezeichnet, aber auch der entstandene Müll der Operationen gewogen. Für die LCA wurden relevante Informationen und Herstellerangaben über die verwendeten Medizinprodukte verwendet. Die Ergebnisse wurden in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (d. h. CO<sub>2</sub>e) angegeben. Das Projekt wurde durch eine medizinische Doktorarbeit und eine Masterarbeit im Bereich der Wirtschaftswissenschaften der Universität Hamburg begleitet und unterstützt.

# Ergebnisse am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf – Entscheidend für die CO<sub>2</sub>e-Analyse ist das multiprofessionelle Team

Die Erfassung und Auswertung der komplexen Daten erfordert ein motiviertes interdisziplinäres und multiprofessionelles Team und den Rückhalt der Geschäftsführung, welches wir am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf zusammenführen konnten. Auf ärztlicher Seite führten Chirurg:innen und Anästhesist:innen die Untersuchungen, unterstützt durch LCA-Expert:innen des Instituts für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, durch. Umfangreiche Unterstützung erhielten wir hierbei von der OP- und Anästhesiepflege, den Mitarbeiter:innen der AEMP (Aufbereitungseinheit für Medizinprodukte) sowie dem technischen Dienst des Klinikums.

Insgesamt bildeten die 30 Operationen die aktuelle Entwicklung hin zu minimalinvasiven oder robotischen Operationen ab. Davon wurden nur neun Operationen primär offen operiert. Der mittlere CO<sub>2</sub>e-Fußabdruck aller Resektionen betrug 49 kg CO<sub>2</sub>e. Pankreasoperationen hatten einen höheren CO<sub>2</sub>e-Verbrauch als kolorektale Resektionen. Den größten Beitrag in dieser prospektiven Studie produzierten die Einwegprodukte.

## Studienüberblick in der Abdominalchirurgie

Da mittlerweile mehrere Arbeiten über den CO<sub>2</sub>-Verbrauch von viszeralchirurgischen Operationen publiziert wurden, lassen sich die eigenen Ergebnisse nun einordnen. Eine systematische Übersichtsarbeit hatte den CO<sub>2</sub>e-Fußabdruck verschiedener Operationen in mehreren Ländern von jeweils 6 kg CO<sub>2</sub>e (Katarakt-Operation) bis zu 814 kg CO<sub>2</sub>e (robotische Hysterektomie) aufgezeigt [11]. Während bei einer laparoskopischen Cholecystektomie ca. 20,3 kg CO<sub>2</sub>e anfallen, wurden Kolonresektionen bei entzündlichen Darmerkrankungen mit einem CO<sub>2</sub>-Abdruck von 43,6–116 kg CO<sub>2</sub>e berechnet [9]. Bei diesen Ergebnissen muss allerdings immer die entsprechende Methodik der CO<sub>2</sub>e-Fußdruckanalyse berücksichtigt und bewertet werden, um Vergleiche schließen zu können.

Interessant für den Bereich der Visceralchirurgie ist der Vergleich der offenen und minimalinvasiven Operationstechniken. Einige Autoren attestieren den robotischen Eingriffen einen höheren CO<sub>2</sub>e-Verbrauch (12–40,3 kg CO<sub>2</sub>e) als den laparoskopischen und den geringsten CO<sub>2</sub>e-Fußabdruck dem offenen Vorgehen [2, 18], allerdings ist die Datenlage und die Anzahl der Operationen limitiert. Zuletzt wurden die Ergebnisse einer monozentrischen Studie von 24 kolorektalen Resektionen publiziert, bei der die robotischen kolorektalen Resektionen verglichen mit den laparoskopischen einen signifikant höheren Abfall- und CO<sub>2</sub>e-Verbrauch verursacht haben [10]. In unserer Studie konnte keine verlässliche Aussage getroffen werden, ob robotische Eingriffe mit einem höheren CO<sub>2</sub>e-Verbrauch assoziiert waren als laparoskopische, da die Fallzahl der laparoskopischen (kolorektalen) Operationen zu gering war. Allen Studien gemeinsam ist aber, dass das für das Capnoperitoneum eingesetzte CO<sub>2</sub>-Gas nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf den CO<sub>2</sub>e-Fußabdruck von minimalinvasiven Operationen hat ([2], eigene Daten).

## Einmalprodukte sind die kritische Determinante für den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck

Der negative Effekt von Einmalprodukten („single use items“) auf den CO<sub>2</sub>e-Fußabdruck wurde in allen Studien einheitlich dokumentiert. Teilweise waren Einmalprodukte für 68 % des CO<sub>2</sub>e-Fußabdrucks verantwortlich [12, 17] und auch unsere Analyse kam zu diesem Ergebnis. Aktuelle Berechnungen zeigen, dass die Reduktion von *single-use items* und der Einsatz von Hybrid-Produkten eine klimafreundliche und ökonomisch sinnvolle Alternative sein kann [13, 14].

Eine große Mehrheit der Chirurg:innen (55–97 %) sind sich der Klimaverantwortung im OP bewusst und bereit ihre Arbeitsweise anzupassen, um die Nachhaltigkeit zu verbessern, allerdings ist bei der Auswahl der Medizinprodukte für eine laparoskopische Cholecystektomie der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck nur bei der Hälfte ein entscheidender Faktor [3, 4]. Auch ca. die Hälfte der Chirurg:innen gab in dieser Umfragestudie an, keine sterilisierbaren Trokare zur Verfügung zu haben.

## Konklusion und Ausblick

Es bleibt außer Frage, dass der Gesundheitssektor die dringende Notwendigkeit der klimafreundlichen CO<sub>2</sub>-Einsparung erkannt und erste Maßnahmen zur Verbesserung durchgeführt hat. Das Ziel einer Klimaneutralität ist jedoch noch in weiter Ferne. Während 57 % von klimaorientierten Krankenhäusern erste Schritte zur Quantifizierung und Reduktion von THG-Emissionen absolviert haben, werden nachhaltige Maßnahmen im OP-Bereich nur in 6 % unternommen [4].

Die kolorektalen und Pankreas-Resektionen sind zwei der wichtigsten Hauptbereiche der Viszeralchirurgie, welche zunehmend von minimalinvasiven (laparoskopisch und robotisch) Operationsmethoden dominiert werden. Die minimalinvasiven Verfahren gehen in der Regel mit einem höheren Verbrauch von Einmal-Medizinprodukten einher, welcher im Hinblick auf die Klimaziele nun wieder kritischer betrachtet werden sollte. Zu diesem Ergebnis sind wir auch im Rahmen unserer Studie gekommen. Es zeigten sich, dass Einweg-Medizinprodukte der Hauptverursacher für die Gesamtmenge an CO<sub>2</sub>e sind. Insgesamt kann der Verbrauch an Einmalprodukten reduziert, die Nutzung von Recyclingverfahren erhöht und auch die Abfallsortierung und -Entsorgung optimiert werden. Wahrscheinlich ist diese Transformation auch ökonomisch günstiger und birgt keine Nachteile für die medizinische Versorgung. Die Mehrheit der Chirurg:innen zeigt hierfür Bereitschaft. Für eine erfolgreiche Umsetzung bedarf es jedoch einer stärkeren Priorisierung des Themas durch die Fachgesellschaften und die Geschäftsführungen.

Danksagung: Die Autoren bedanken sich vor allem bei Fr. Khanh Van Nghiem (KFE, UKE) sowie allen Pflegekräften für die herausragende Unterstützung zur Realisierung dieses Projekts.

Die Literaturliste erhalten Sie auf Anfrage via [passion\\_chirurgie@bdc.de](mailto:passion_chirurgie@bdc.de).

### Autor:innen des Artikels



**Lucas Hartmann**

Klinik und Poliklinik für Allgemein-  
Viszeral- und Thoraxchirurgie  
Universitätsklinikum Hamburg-  
Eppendorf (UKE)



**Djurdjija Petrovic**

Fachbereich Mathematik –  
Naturwissenschaften  
Universität Koblenz



**Dr. med. Mark A. Punke**

Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie  
Universitätsklinikum Hamburg-  
Eppendorf



**Prof. Dr. Timo Busch**

Fakultät für Wirtschafts- und  
Sozialwissenschaften  
Universität Hamburg, Deutschland



**Prof. Dr. med. Thilo Hackert**



**Dr. Sven Lundie**

Klinik und Poliklinik für Allgemein-  
Viszeral- und Thoraxchirurgie  
Universitätsklinikum Hamburg-  
Eppendorf (UKE)

Fakultät für Wirtschafts- und  
Sozialwissenschaften  
Universität Hamburg, Deutschland  
Water Research Centre  
School of Civil and Environmental  
Engineering  
University of New South Wales, Sydney,  
NSW, Australia



**Prof. Dr. med. Thilo Welsch**

Klinik und Poliklinik für Allgemein-  
Viszeral- und Thoraxchirurgie  
Universitätsklinikum Hamburg-  
Eppendorf (UKE)

Klinik für Allgemein-, Viszeral- und  
Tumorchirurgie  
Krankenhaus Nordwest, Frankfurt

*Hartmann L, Petrovic D, Punke MA, Busch T, Hackert T, Lundie S, Welsch T: CO2-Footprintanalyse in der kolorektalen und Pankreas-Chirurgie. Passion Chirurgie. 2026 Mai; 16(05): Artikel 03\_03.*