

# Kreislaufwirtschaftliche Wirkungen durch wiederaufbereitete Medizinprodukte

Markus Meissner  
Recy & Depotech 2024  
Leoben, 14.11.2024

# Agenda

- Hintergrund
- Gesundheitssektor
- Kreislaufwirtschaft
- Ökobilanz und Ressourcenindikatoren
- Die Case Studies
  - Einweg- / Mehrweg-Klammernahtinstrument
  - Einweg- / Mehrweg-Kompressionsverband
- Schlussfolgerungen

# Hintergrund

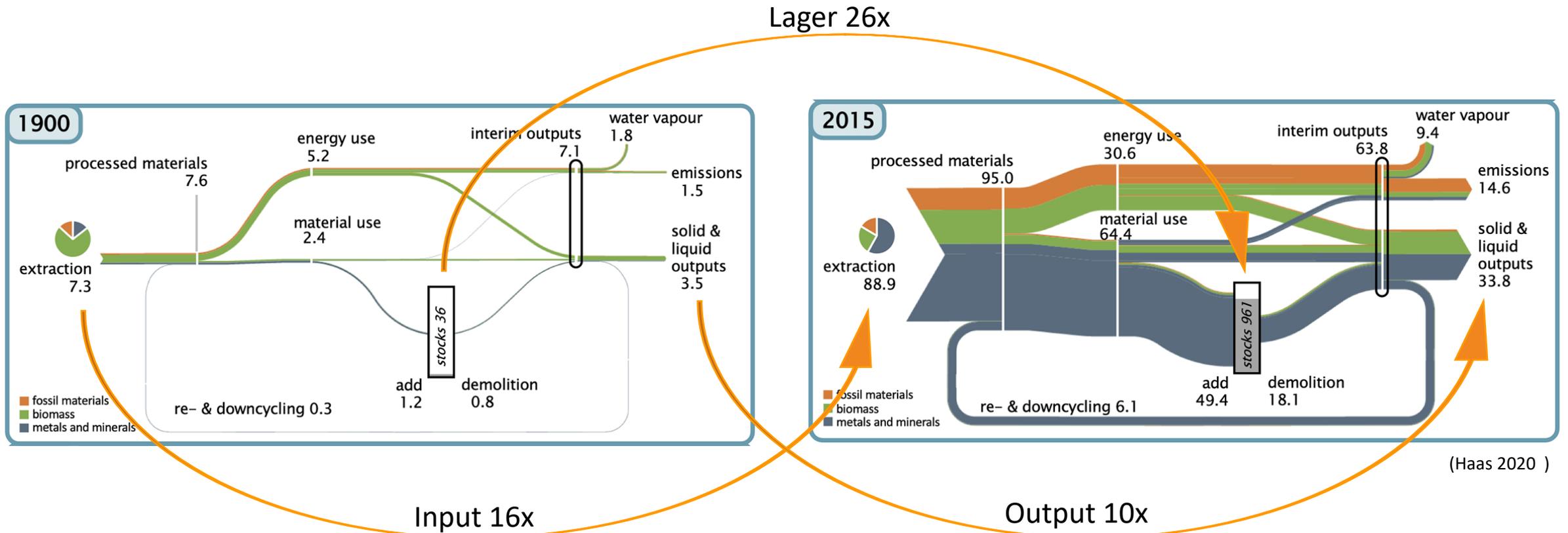
Doktorat an der Univ. f. Bodenkultur Wien 2017-2024

**„Reduktion des Ressourcenbedarfs am Beispiel von mehrwegfähigen Medizinprodukten“**  
(Betreuer Stefan Salhofer, Inst. für Abfall- und Kreislaufwirtschaft, Prüfer: Roland Pomberger)

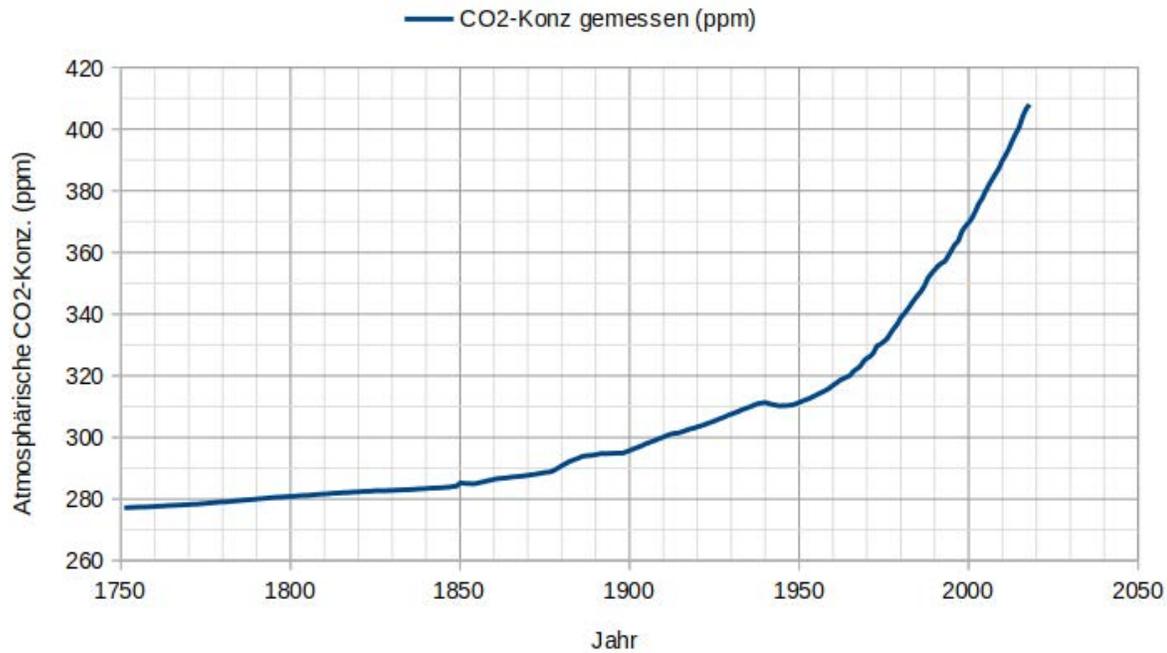
Zugehörige Publikationen:

- Meissner, Markus; Lichtnegger, Sabrina; Gibson, Scott; Saunders, Rhodri (2021): Evaluating the Waste Prevention Potential of a Multi- versus Single-Use Surgical Stapler. In: RMHP Volume 14, S. 3911–3921. DOI: 10.2147/RMHP.S325017, <https://pub-med.ncbi.nlm.nih.gov/34566440/>.
- Meissner, Markus; Hafermann, Juliane; Silas, Ubong; Saunders, Rhodri (2023): Evaluating the Environmental Impact of Single-Use and Multi-Use Surgical Staplers with Staple Line Buttressing in Laparoscopic Bariatric Surgery. In: Risk management and healthcare policy 16, S. 1423–1433. DOI: 10.2147/RMHP.S415989, <https://pub-med.ncbi.nlm.nih.gov/37560134/>.
- Lichtnegger, Sabrina; Meissner, Markus; Paolini, Francesca; Veloz, Alex; Saunders, Rhodri (2023): Comparative Life Cycle Assessment Between Single-Use and Reprocessed IPC Sleeves. In: Risk management and healthcare policy 16, S. 2715–2726. DOI: 10.2147/RMHP.S439982, <https://doi.org/10.2147/RMHP.S439982> .

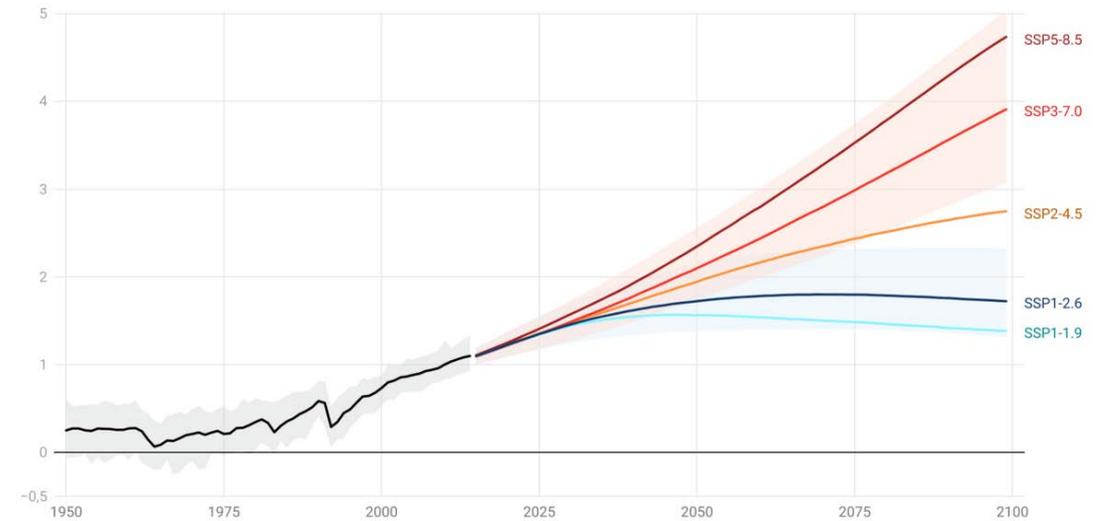
# Steigender Ressourcenbedarf



# Treibhausgasemissionen



Global surface temperature change relative to 1850–1900



(IPCC 2023)

# Das Wirken des Gesundheitssektors

## Operationsgeschehen

- 313 Mio. Operationen im Jahr 2012 (Meara et al. 2015)
- 720.000 bariatrische Operationen im Jahr 2018 (Meara et al. 2015)

## Krankenhausbetten

- Im Schnitt 3,11 pro 1.000 Einwohner:in (Indexmundi 2020)  
(OECD= 4,4 , USA= 2,8 und AT= 7,2 (Statista 2023))

# Auswirkungen des Gesundheitssektors I

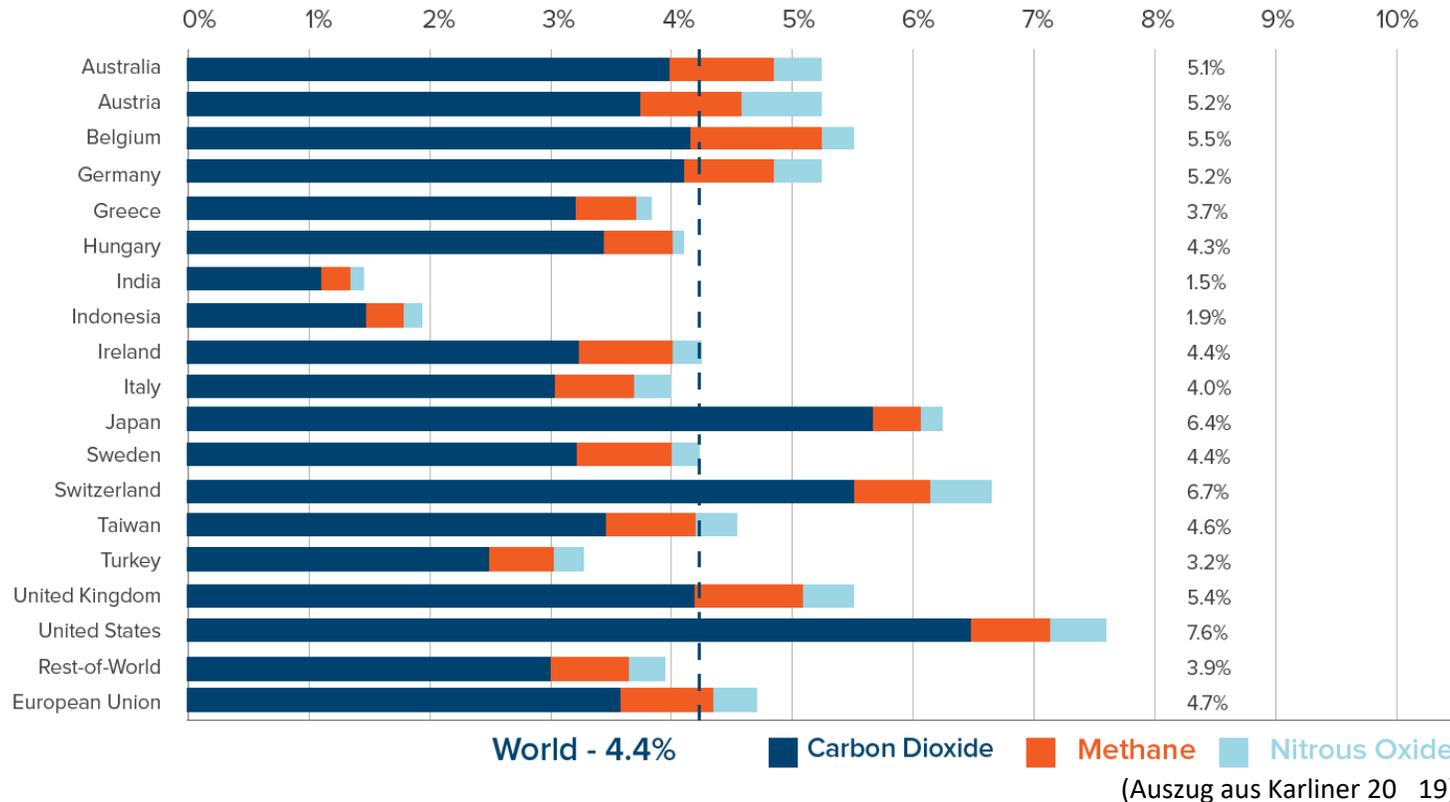
- Eine Schätzung Abfallaufkommens aus dem Gesundheitssektor liegt bei 100 Mio.t/a. 85% davon sind allgemeine, nicht-gefährliche Abfälle und 15 % gefährlich (van Boerdonk et al. 2021)
- Anteil von gefährlichen Abfällen
  - Erwartung rund 15% (10 bis 25%) als gefährlich und 75 bis 90% als nicht gefährlich (WHO 2018, 2014)
- **Operationsräume** sind im Vergleich zur Nutzfläche überproportionale Verbraucher.
  - 20% bis 33% des Gesamtabfalls aus Krankenhäusern (u.a. Practice Greenhealth 2021).
  - 50% bis 73% des medizinischen Abfalls (u.a. Practice Greenhealth 2021).

# Auswirkungen des Gesundheitssektors II

- Spezifischer Kennwert Abfallaufkommen pro Bett und Tag:
  - global zw. **0,14 und 10,7 kg/Bett\*d**. (Windfeld und Brooks 2015)
  - Europa zw. **2,7 und 4,4 kg/Bett\*d** (Janik-Karpinska et al. 2023)
  
- Kennwert Abfallaufkommen pro Operation:
  - Durchschnittswert für 22 versch. Eingriffe liegt bei **7,87 kg/OP**,  
für Laparoskopische Eingriffe liegt der Wert bei **11,2 bis 11,5 kg/OP** (Shoham et al. 2022)

# THG-Emissionen des Gesundheitssektors III

Der relative Anteil des Gesundheitssektors an den nationalen THG-Emissionen im Jahr 2014



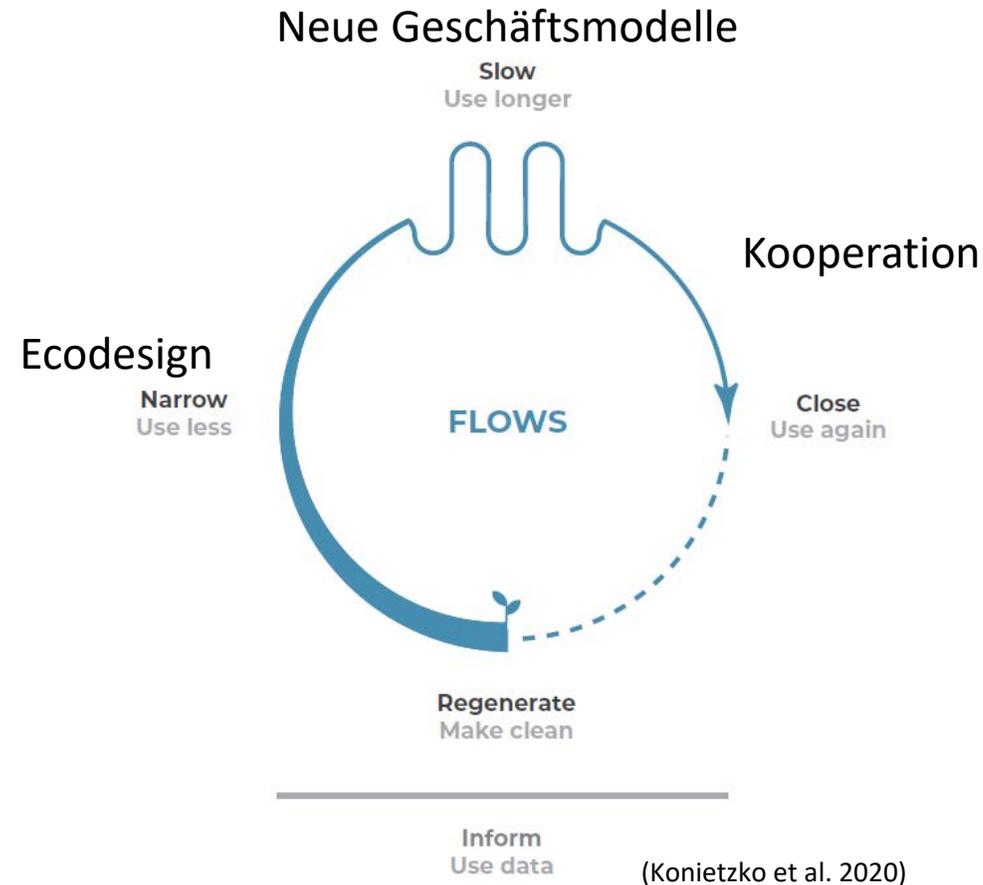
Ein Review in 44 Publikationen weist einen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von **3.200 t bis 5.200 t CO<sub>2eq</sub> pro Operationsraum und Jahr** aus (Drew et al. 2021)

# Kreislaufwirtschaft fassen

Auswertung von 14 Definitionen aus der Literatur:



# Kreislaufwirtschaft fassen



# „R“?

R-Gliederungen zur Strukturierung am Beispiel der österreichischen Kreislaufwirtschaftsstrategie (BMK 2022):

1. Refuse
2. Rethink
3. Reduce
- 4. Reuse**
5. Repair
6. Refurbish
7. Remanufacture
8. Repurpose
9. Recycle
10. Recover

Wiederverwendung  
≠  
(Wieder)-Verwertung

# Ressourcenindikatoren

- **Verschiedene Parameter:**
  - In Produkten enthaltene Ressourcen
  - Für die Produktion genutzte Ressourcen
  - In der Natur bewegte, aber nicht genutzte Ressourcen
  - Im Inland oder Ausland verortet

## Beispiele:

- Domestic Extraction Used (inländische Rohstoffentnahme)
- Domestic Extraction DE
- Direkter Material Input DMI
- Total Material Input TMI
- Kumulierter Rohstoffaufwand KRA
- Total Material Requirement TMR
- Domestic Material Consumption DMC
- Total Material Consumption TMC
- Raw Material Input RMI
- Raw Material Consumption RMC (=Material Footprint MF)

# Ressourcenindikatoren

- **Abfallaufkommen:** organisationsspezifisch, quantifizierbar, kommunizierbar
- Der **Total Material Requirement TMR** drückt die Gesamtmasse der Primärmaterialien aus, die der Natur entnommen werden, um menschliche Aktivitäten zu unterstützen. Dabei ist es unerheblich, ob wirtschaftlich verwertet (im Produkt, oder Zwischenprodukt), oder nicht (wie Abraum, Bergematerial und Ernterückstände).

# Ressourcenindikatoren

- Domestic Extraction Used DEU= inländische Ressourcenextraktion für Produkte und Produktion
- Domestic Material Input DMI = DEU + importierte Produktmassen
- **Domestic Material Consumption** DMC = DEU + importierte Produktmassen – exportierte Produktmassen (Kreislaufwirtschaftsstrategie S.18)
- Raw Material Input RMI = DMI + ausländische verwertete Extraktion
- Raw Material Consumption RMC (= **Materialfußabdruck**) = RMI – verwertete Mengen für Export (Kreislaufwirtschaftsstrategie S.18)

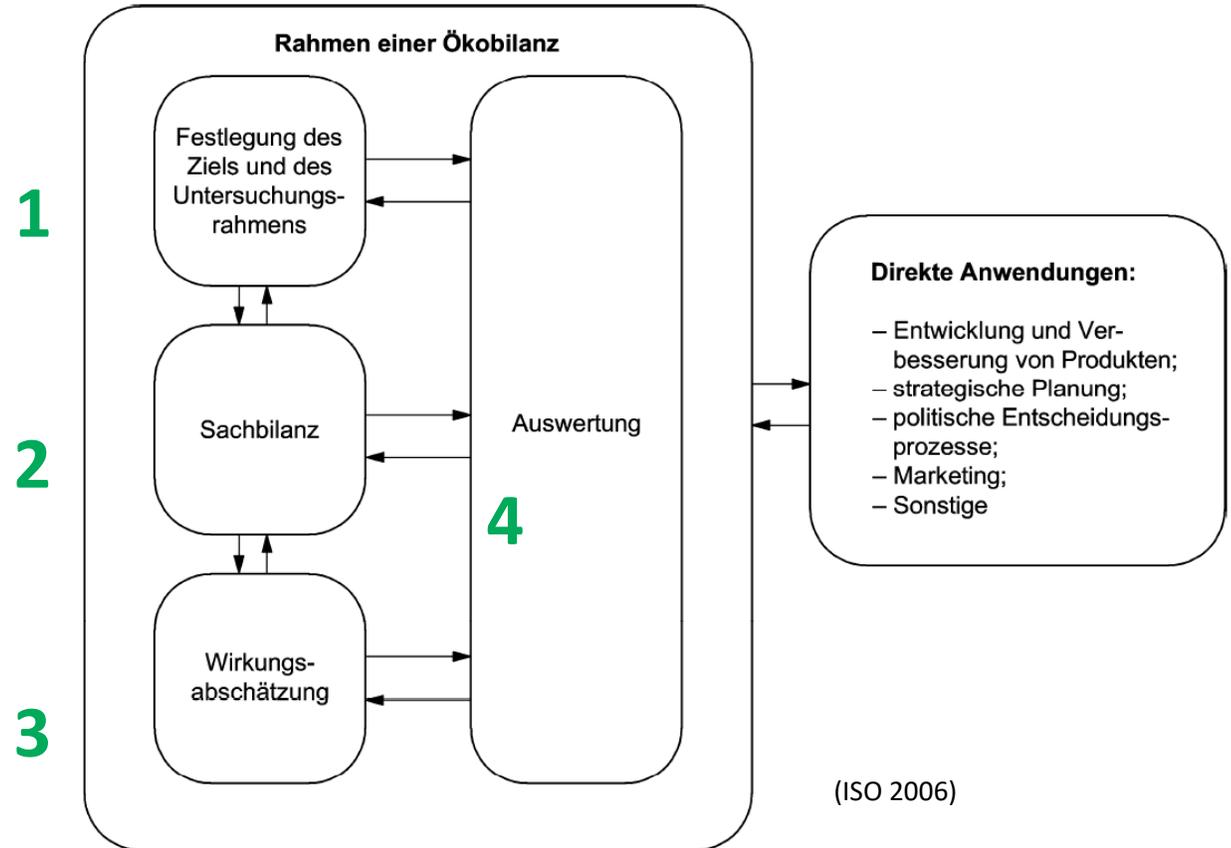
# Ressourcenindikatoren

- **Domestic Material Consumption** DMC = DEU + importierte Produktmassen – exportierte Produktmassen (Kreislaufwirtschaftsstrategie S.18)
- **Raw Material Consumption** RMC (= **Materialfußabdruck**) = RMI – verwertete Mengen für Export (Kreislaufwirtschaftsstrategie S.18)

# Life Cycle Assessment / Ökobilanzierung

Wissenschaftsbasierte Analyse der  
Umweltauswirkungen

Ergebnisse sind eine  
Entscheidungsgrundlage für die Planung,  
Entwicklung und Umsetzung



# Methoden

## Die Rolle der Anwender:innen

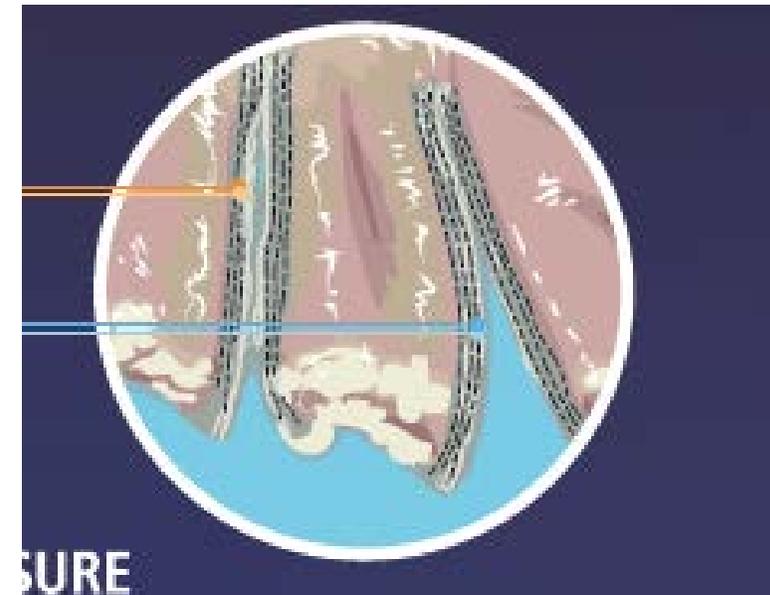
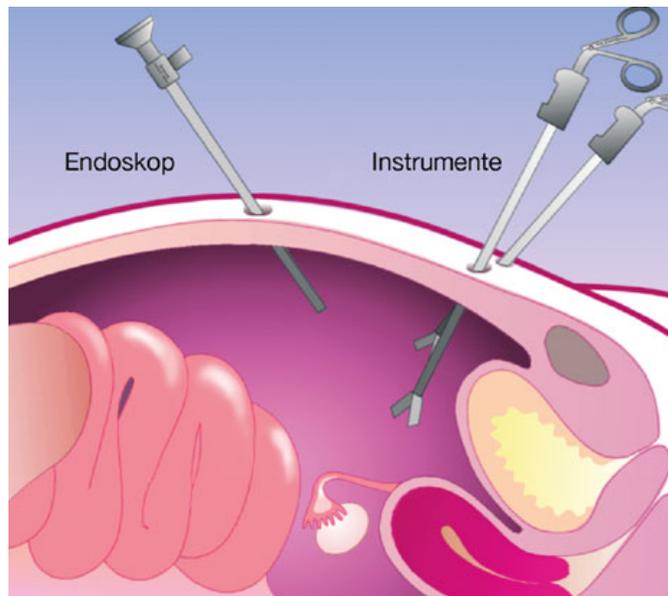
**Um Wirkung zu entfalten, müssen neue, umwelteffizientere Produkte/Produktsysteme in der Praxis auch eingesetzt werden.**  
Schlüssel ist Wissen über die Akzeptanz.

- Online-Umfrage unter Chirurg:innen zum Instrumenteneinsatz
- Marktdaten zu Marktanteilen verschiedener Produkte
- Publikationen und Veröffentlichungen (wissenschaftliche Artikel, Fachberichte, Erfahrungsaustausch via Stakeholderplattformen)
- Austausch mit den Handelnden im Rahmen mehrerer Tagungen und Konferenzen

# Case Studie I

## Einweg- / Mehrweg-Klammernahtinstrument

Endoskopische Klammernahtinstrumente (surgical stapler) werden hauptsächlich zur Durchtrennung und zum sauberen Verschluss von Organen verwendet



© Medtronic

# Case Studie I

## Einweg- / Mehrweg-Klammernahtinstrument

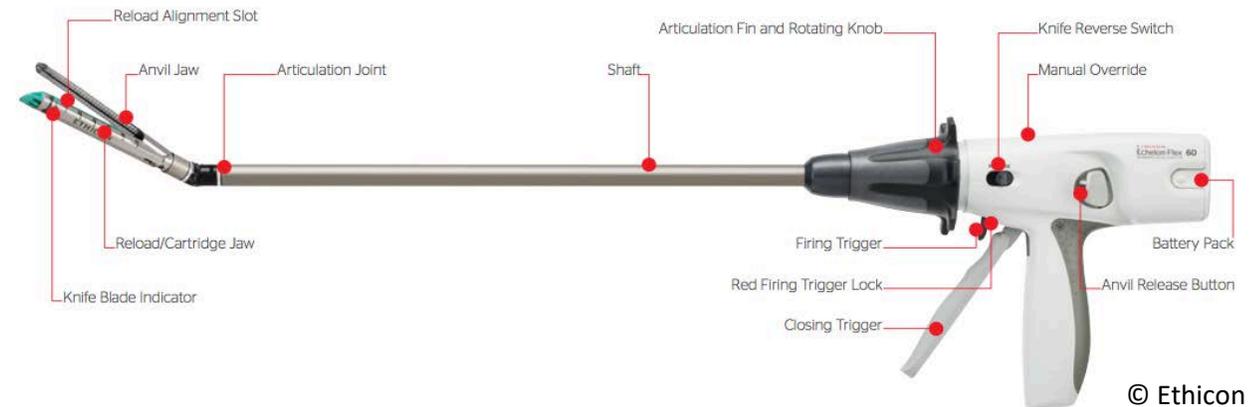
**Anspruch: Vergleich von Abfallaufkommen, Total Material Requirement sowie THG-Emissionen zweier Produkt(systeme) für ausgewählte Operationsarten (Laparoscopic sleeve (Bauchhöhle), gastrectomy, Laparoscopic gastric bypass (Magen, Magenband), Video-assisted thoracoscopic (VATS) lobectomy (Brusthöhle)**

Signia-System von Medtronic



© Medtronic

Echelon-Flex von Ethicon



© Ethicon

# Case Studie I

## Einweg- / Mehrweg-Klammernahtinstrument

Wiederverwendbarkeit von wesentlichen Produktkomponenten im Design von Signia enthalten und umgesetzt.



Signia™ Design

© Medtronic

# Case Studie I

## Einweg- / Mehrweg-Klammernahtinstrument

Produktkomponenten und die Berücksichtigung der Möglichkeiten des Wiedereinsatzes und Anzahl der Klammerungen

**Table 3** Surgical Stapling System Component Specifications

Surgical Stapling System (Manufacturer)	System Component (Product Code)	Unit	Circulation Ratio
SUS: ECHELON FLEX™ (Ethicon)	35 mm power handle and adapter (PVE35A)	Surgery	1
	60 mm power handle and adapter (PSEE60A)	Surgery	1
	35 mm cartridge holder (VASECR35)	Firing	1
	45 mm cartridge holder (ECR45G)	Firing	1
	60 mm cartridge holder (ECR60W)	Firing	1
MUS: Signia™ Stapling Technology (Medtronic)	Power shell to cover power handle (SIGPSHELL)	Surgery	1
	Power handle (SIGPHANDLE)	Surgery	300
	Adapter (SIGADAPTSTND)	Surgery	50
	Insertion guide (SIGRIG)	Surgery	300
	Charging station (SIGSBCHGR)	Surgery	5000
	30 mm cartridge holder (EGIA30XXX)	Firing	1
	45 mm cartridge holder (EGIA45XXX)	Firing	1
60 mm cartridge holder (EGIA60XXX)	Firing	1	

# Case Studie I

## Einweg- / Mehrweg-Klammernahtinstrument

### Materialanalyse



© Wuppertal Institut



© Wuppertal Institut

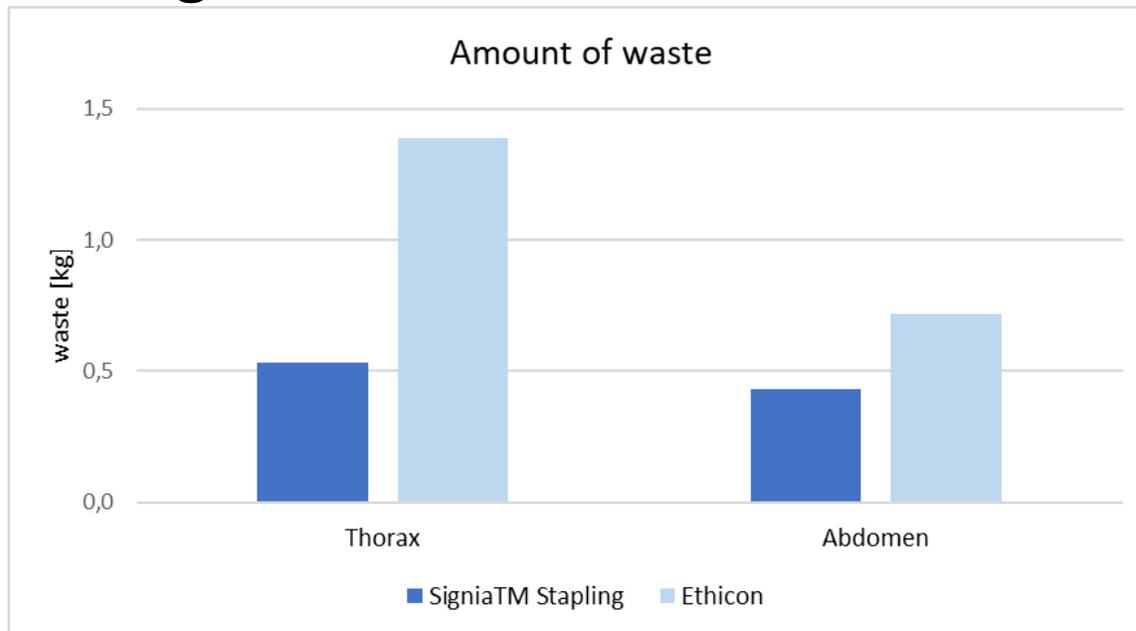


© Meissner

# Case Studie I

## Einweg- / Mehrweg-Klammernahtinstrument

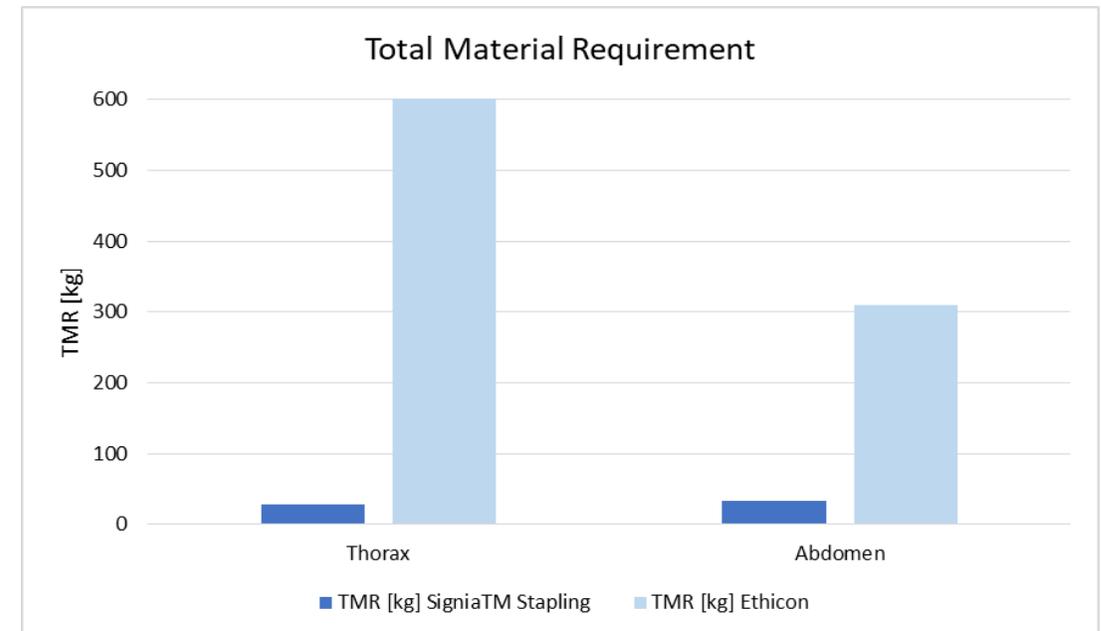
### Ergebnisse



#### Potential of waste prevention

Thorax: 66 %

Abdomen: 37 %



#### Potential of TMR reduction

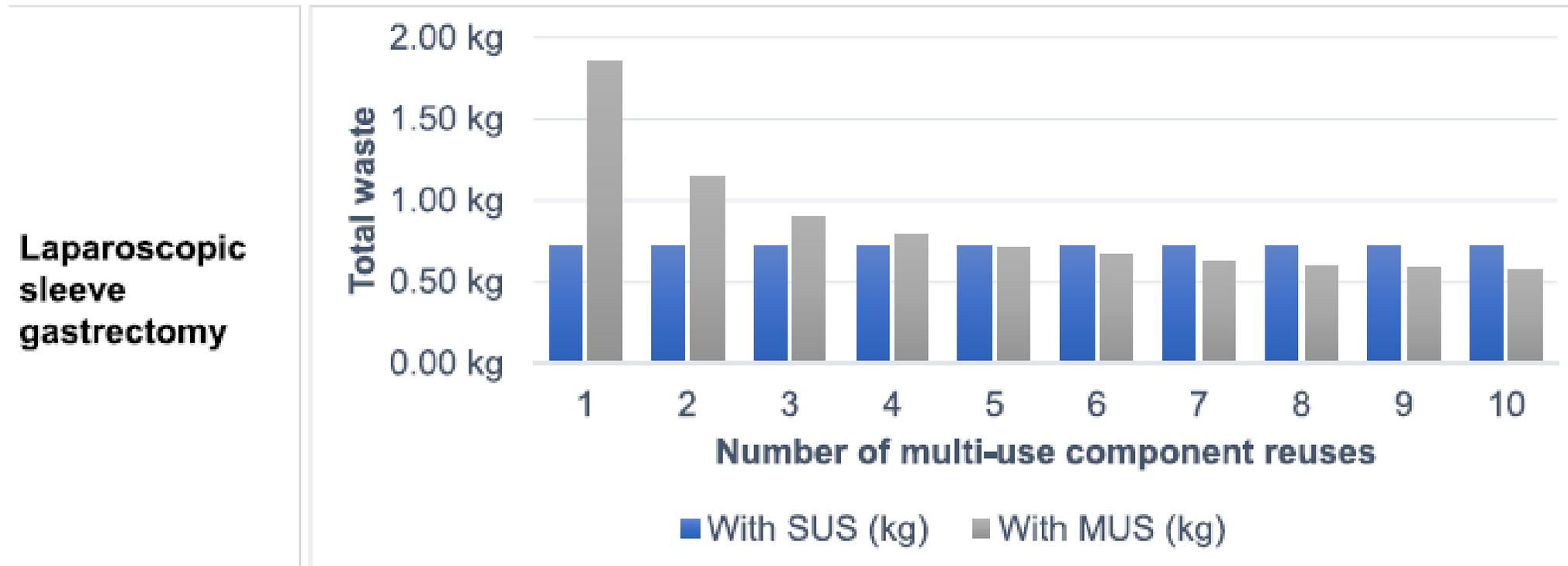
Thorax: >90 %

Abdomen: >90 %

# Case Studie I

## Einweg- / Mehrweg-Klammernahtinstrument

Sensitivitätsanalyse: Ab der wievielten Nutzung ist das Abfallaufkommen für das Mehrwegsystem geringer?



# Case Studie I

## Einweg- / Mehrweg-Klammernahtinstrument

Ergebnisse THG-Emissionen durch den Lithiumeinsatz



© Meissner



© Meissner

Parameter	SUS	MUS
Total weight of power supply per handle [g]	90.2 g	94.3 g
Number of cells	4	2
Lithium content [%]	6.72%	4.96%
Lithium mass per handle [g]	0.376 g	0.348 g
Circulation rates	1	300
Greenhouse gas impact [g CO <sub>2</sub> eq]	5.904	0.018

Abbreviations: SUS, single-use stapler; MUS, multi-use stapler

# Case Studie II

## Einweg- / Mehrweg-Kompressionsverband

Bei einem Kompressionsverband handelt es sich um einen Wickelverband aus elastischem Material. Er übt gezielt Druck aus, fördert somit die Aufnahme von Gewebeflüssigkeit und unterstützt den Blutfluss von den Venen zurück zum Herzen



© Cardinal Health

# Case Studie II

## Einweg- / Mehrweg-Kompressionsverband

Das Produkt:

Intermittent Pneumatic Compression (IPC) device  
9529 bzw 9529R

Cardinal Health bietet in den USA zwei Versionen:

- Einmalnutzung mit anschl. Entsorgung
- wiederaufbereitete Verbände  
**(bis zu viermal reprocessed)**

**Anspruch:**

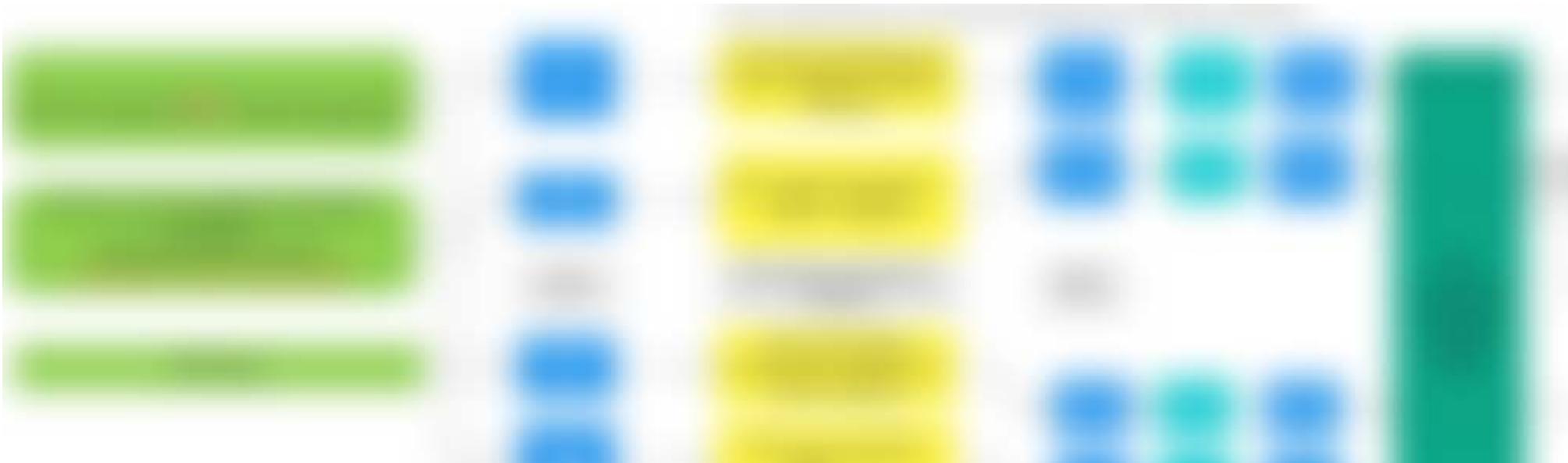
**Vergleich der Umweltwirkungen mittels einer Ökobilanz**



# Case Studie II

## Einweg- / Mehrweg-Kompressionsverband

### Systemdefinition - Detail



# Case Studie II

## Einweg- / Mehrweg-Kompressionsverband

### Systemübersicht



# Case Studie II

## Einweg- / Mehrweg-Kompressionsverband

Sachbilanz (Auszug):

Produkt	Einheit	Produktname	Produkttyp	Produktgewicht	Produktvolumen	Produktfarbe	Produktmaterial	Produktbeschreibung
101	kg	Einweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
102	kg	Mehrweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
103	kg	Einweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
104	kg	Mehrweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
105	kg	Einweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
106	kg	Mehrweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
107	kg	Einweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
108	kg	Mehrweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
109	kg	Einweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
110	kg	Mehrweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
111	kg	Einweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
112	kg	Mehrweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
113	kg	Einweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
114	kg	Mehrweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
115	kg	Einweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
116	kg	Mehrweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
117	kg	Einweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
118	kg	Mehrweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
119	kg	Einweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung
120	kg	Mehrweg-Produkt	Produkt	1000	1000	1000	1000	Produktbeschreibung

# Case Studie II

## Einweg- / Mehrweg-Kompressionsverband

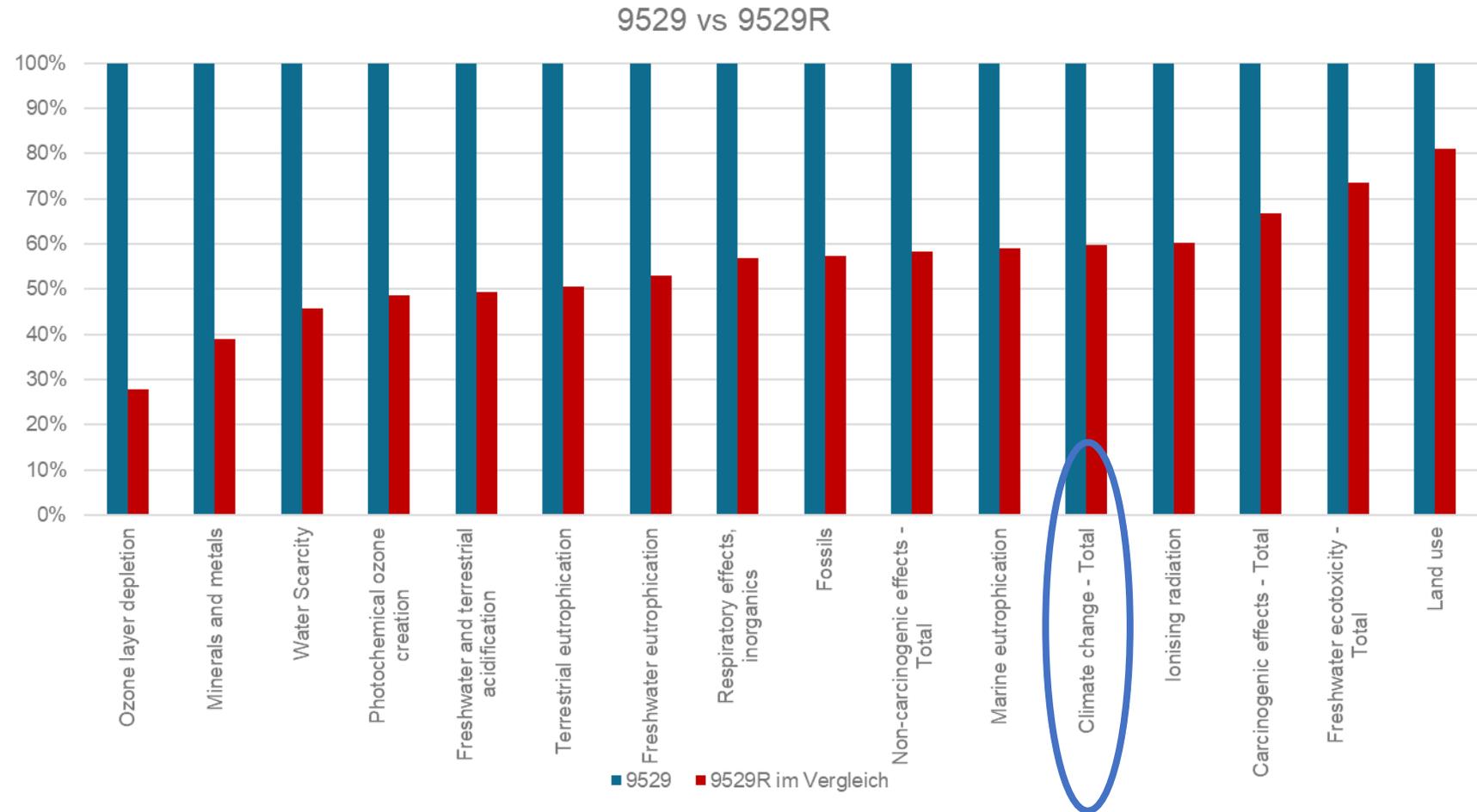
Wirkungsanalyse (Impact Assessment) : Softwareunterstützt



# Case Studie II

## Einweg- / Mehrweg-Kompressionsverband

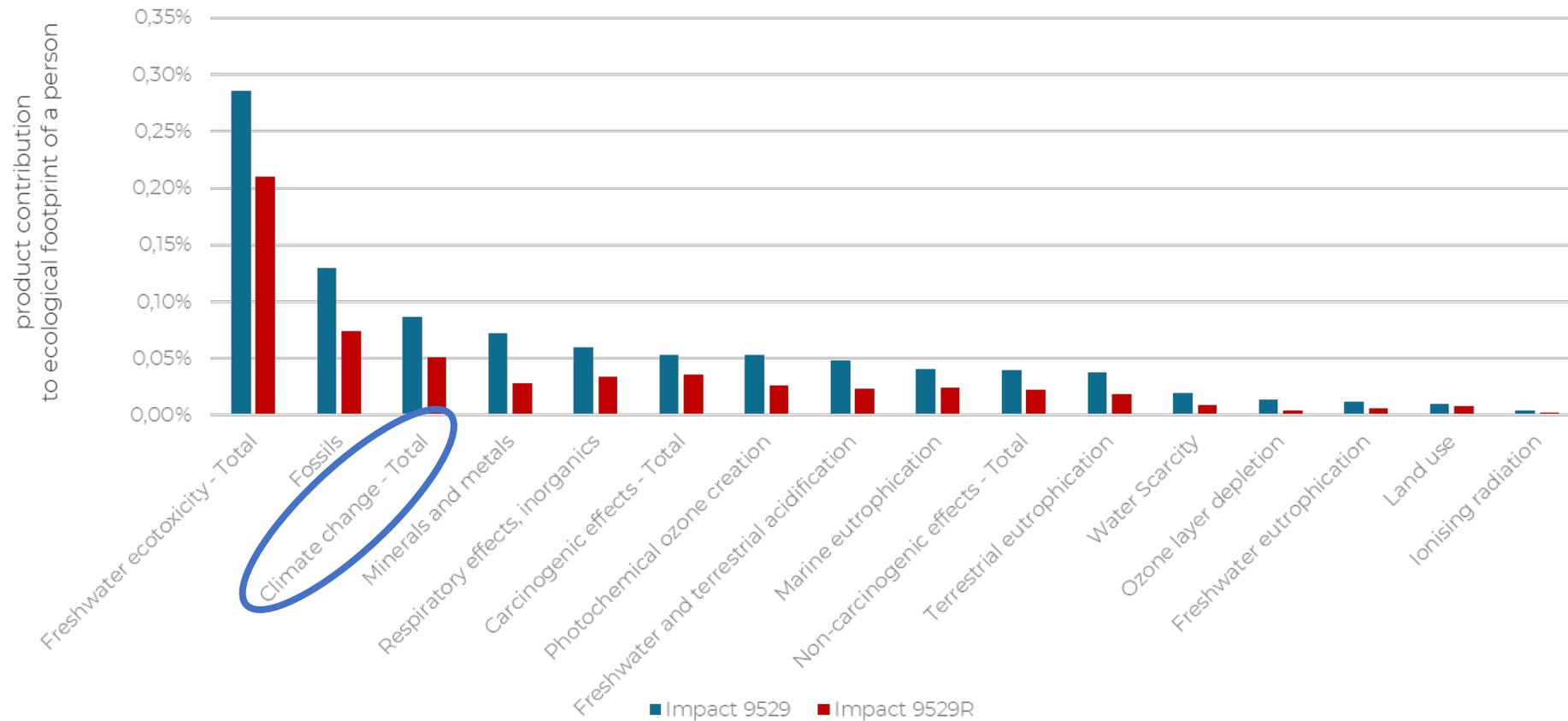
### Ökobilanz- Ergebnisse



# Case Studie II

## Einweg- / Mehrweg-Kompressionsverband

Ergebnisse normalisiert (relativ zur Gesamtauswirkung)

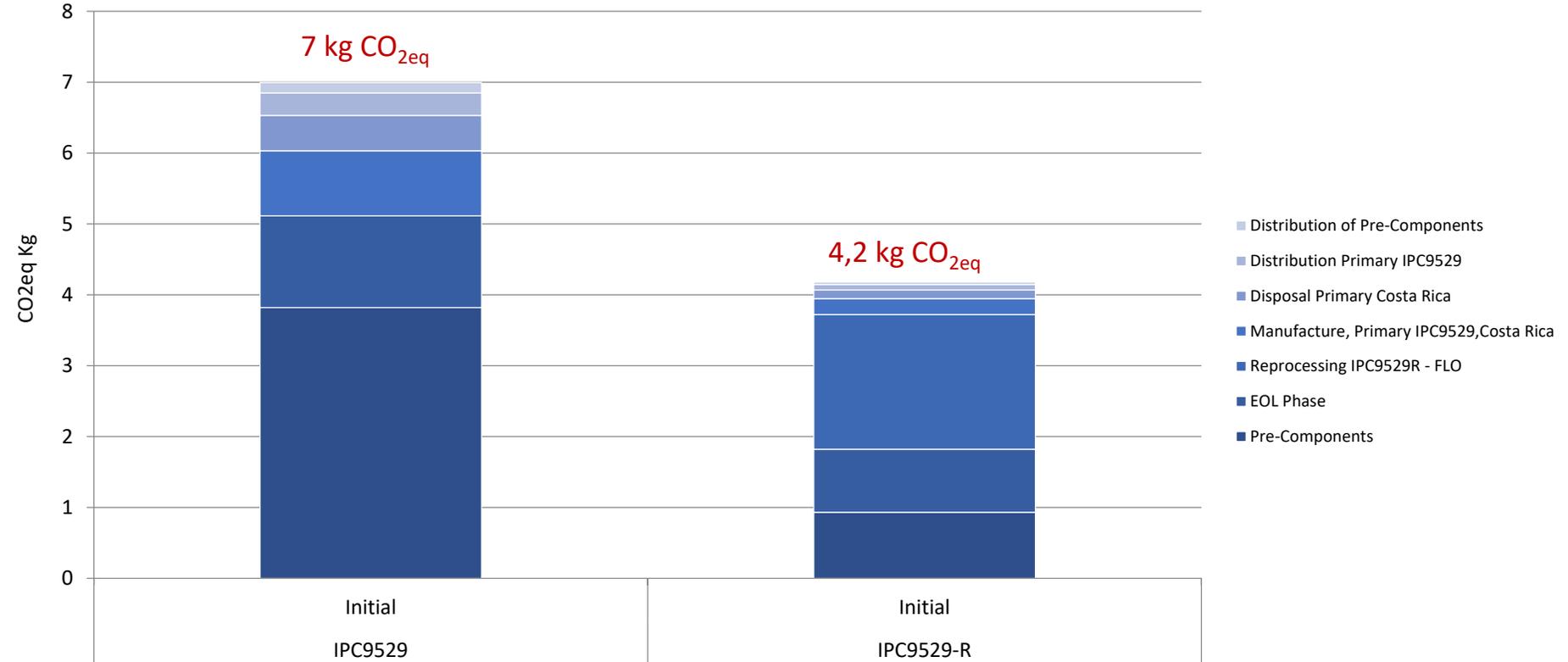


# Case Studie II

## Einweg- / Mehrweg-Kompressionsverband

### Umwelteinwirkung auf die Kategorie Klimawandel

Climate change - Total



# Schlussfolgerungen I

- Bestätigung des generellen Forschungsstandes, dass die Umsetzung des Konzeptes der Wiederverwendung zu reduzierten Umweltauswirkungen führt.
- **Im Fall der Case Studies liegen Reduktionspotentiale im Bereich von -38% bis mehr als -95%** je nach Produkt, Impaktkategorie, Anwendungsart und Umweltindikator.
- Die Produkte sind am Markt präsent und zeigen damit die Anschlussfähigkeit kreislaufwirtschaftlicher Ansätze (Ecodesign, neue Geschäftsmodelle).
- Vgl. dazu u.a. Literaturergebnisse:
  - Mehrweg-/Einweg-Beatmungsmasken: **7,4 kg vs. 11,3 kg CO<sub>2eq</sub>** (Eckelman et al. 2012)
  - Mehrweg-/Einwegscheren: **-98%** des Umweltabdrucks (Ibbotson et al. 2013)
  - Mehrweg-/Einwegschalen/Behälter: **1/3 des Wasserbedarfs** (McGain et al., 2010)
  - Mehrwegkleidung: Umweltabdruck **-50%** (Vozzola et al., 2020, **-19%** (Mikusinska, 2016)
  - Inhalatoren mit wiederverwendbaren Komponenten: THG-Emissionen von **25 kg CO<sub>2eq</sub> auf <10 kg CO<sub>2eq</sub>** pro Inhalator (Wilkinson et al., 2019)

# Schlussfolgerungen II

- Die **Anwendung** der Indikatoren globaler Materialaufwand TMR, Abfallaufkommen medizinischer Abfälle, Ökobilanzierung und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck sowie die Betrachtung der Akzeptanz in der Anwendung **führt bei Medizinprodukten zu quantitativen Ergebnissen.**
- Diese **Ergebnisse** stellen die Wirkungen auf Umwelt verschiedener Medizinprodukte bzw. Servicesysteme dar und stehen **als Argumente und Kriterien in Entscheidungsfindungsprozessen** für die Produktwahl zur Verfügung.
- Die genannten Umweltindikatoren bieten für Organisationen **Entscheidungsgrundlagen für die Beschaffung** und die globale Umweltwirkung

# Schlussfolgerungen III

- Kreislaufwirtschaft bedeutet **nicht** Abstriche bei Sicherheit, Qualität
- Unsicherheiten bei den Analysen:
  - Wissen zu Bestandteilen (Sachbilanz)
  - Umrechnungsfaktoren für Ressourcenindikatoren und die LCA-Wirkungsanalyse
  - LCA-Vergleiche generell herausfordernd
- Wachsendes Bewusstsein im Gesundheitssektor für die Verantwortung der verursachten Umweltwirkungen
- Weitere, relevante Handlungsfelder („R“): Abfalltrennung, Bewusstseinsbildung bei Mitarbeiter:innen, Pharmazeutika, Narkosegase, Bauen, Lebensmittel, Energiebedarf, Beschaffung, Mobilität, Rechtsmaterien und ökonomische Auswirkungen

# Dank

## Acknowledgements

- Universität für Bodenkultur – Inst. für Abfall- und Kreislaufwirtschaft
- Ecofides GmbH
- Coreva GmbH
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
- Montanuniversität Leoben

## Unterstützt durch

- Medtronic PLC
- Cardinal Health Inc.

# Quellen

- Afonso, Ana; Bundgaard, Anja; Sousa Rocha, Cristina; Camocho, David; Mulet, Elena; Atin, Eugenia et al. (2020): Product-Service Development for Circular Economy and Sustainability Course. katch\_e. Unter Mitarbeit von Cristina Sousa Rocha, David Camocho, João Sampaio und Jorge Alexandre, zuletzt geprüft am 15.09.2020.
- Ansari, Mohsen; Ehrampoush, Mohammad Hassan; Farzadkia, Mahdi; Ahmadi, Ehsan (2019): Dynamic assessment of economic and environmental performance index and generation, composition, environmental and human health risks of hospital solid waste in developing countries; A state of the art of review. In: *Environment international* 132, S. 105073. DOI: 10.1016/j.envint.2019.105073.
- BMK (2022): Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie. Österreich auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zirkulären Gesellschaft. Hg. v. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. Wien. Online verfügbar unter [https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:9377ecf9-7de5-49cb-a5cf-7dc3d9849e90/Kreislaufwirtschaftsstrategie\\_2022.pdf](https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:9377ecf9-7de5-49cb-a5cf-7dc3d9849e90/Kreislaufwirtschaftsstrategie_2022.pdf), zuletzt geprüft am 13.10.2023.
- Bocken, Nancy M. P.; Pauw, Ingrid de; Bakker, Conny; van der Grinten, Bram (2016): Product design and business model strategies for a circular economy. In: *Journal of Industrial and Production Engineering* 33 (5), S. 308–320. DOI: 10.1080/21681015.2016.1172124.
- British Geological Survey BGS (2016): Mineral profile: Lithium. Hg. v. British Geological Survey (BGS). Keyworth, zuletzt geprüft am 22.09.2022.
- Deng, Yelin; Li, Jianyang; Li, Tonghui; Gao, Xianfeng; Yuan, Chris (2017): Life cycle assessment of lithium sulfur battery for electric vehicles. In: *Journal of Power Sources* 343, S. 284–295. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2017.01.036.
- Denny, Nolan A.; Guyer, Jean M.; Schroeder, Darrell, R.; Shirk Marienau, Mary (2019): Operating Room Waste Reduction. Hg. v. AANA Journal. Online verfügbar unter <https://nurseanesthesiology.aana.com/wp-content/uploads/2020/03/Denny-R.pdf>, zuletzt geprüft am 05.10.2022.
- Drew, Jonathan; Christie, Sean D.; Tyedmers, Peter; Smith-Forrester, Jenna; Rainham, Daniel (2021): Operating in a Climate Crisis: A State-of-the-Science Review of Life Cycle Assessment within Surgical and Anesthetic Care. In: *Environmental health perspectives* 129 (7), S. 76001. DOI: 10.1289/EHP8666.
- Eckelman, Matthew; Mosher, Margo; Gonzalez, Andres; Sherman, Jodi (2012): Comparative life cycle assessment of disposable and reusable laryngeal mask airways. In: *Anesthesia and analgesia* 114 (5), S. 1067–1072. DOI: 10.1213/ANE.0b013e31824f6959.
- Grand View Research (2023): Lithium-ion Battery Market Size & Share Report, 2030. Online verfügbar unter <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/lithium-ion-battery-market>, zuletzt aktualisiert am 16.03.2024, zuletzt geprüft am 16.03.2024.
- Haas, Willi; Krausmann, Fridolin; Wiedenhofer, Dominik; Lauk, Christian; Mayer, Andreas (2020): Spaceship earth's odyssey to a circular economy - a century long perspective. In: *Resources, Conservation and Recycling* 163, S. 105076. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.105076.
- Huijbregts, Mark A. J.; Steinmann, Zoran J. N.; Elshout, Pieter M. F.; Stam, Gea; Veronesi, Francesca; Vieira, Marisa et al. (2017): ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. In: *Int J Life Cycle Assess* 22 (2), S. 138–147. DOI: 10.1007/s11367-016-1246-y.
- Ibbotson, Suphunnika; Dettmer, Tina; Kara, Sami; Herrmann, Christoph (2013): Eco-efficiency of disposable and reusable surgical instruments—a scissors case. In: *Int J Life Cycle Assess* 18 (5), S. 1137–1148. DOI: 10.1007/s11367-013-0547-7.

# Quellen

- Indexmundi (2020): Ländervergleich > Krankenhausbetten pro Einwohner. Hg. v. Indexmundi. Online verfügbar unter <https://www.indexmundi.com/g/r.aspx?v=2227&l=de>, zuletzt geprüft am 29.06.2024.
- IPCC (2023): Synthesis report of the IPCC sixth assessment report (AR6). Summary for Policymakers. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IRP (2019a): Global Resources outlook 2019 - Implications for Business Leaders. A Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. Unter Mitarbeit von Bruno Oberle, Stefan Bringezu, Steve Hatfield-Dodds, Stefanie Hellweg, Heinz Schandl, Jessica Clement et al. International Resource Panel. Paris.
- IRP (2019b): Assessing Global Resource Use: A systems approach to resource efficiency and pollution reduction. A Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. Unter Mitarbeit von Bruno Oberle, Stefan Bringezu, Steve Hatfield-Dodds, Stefanie Hellweg, Heinz Schandl, Jessica Clement et al. Paris.
- ISO 14040, 2006: Environmental management - Life cycle assessment - principles and framework.
- Janik-Karpinska, Edyta; Brancaleoni, Rachele; Niemcewicz, Marcin; Wojtas, Wiktor; Foco, Maurizio; Podogrocki, Marcin; Bijak, Michal (2023): Healthcare Waste-A Serious Problem for Global Health. In: Healthcare (Basel, Switzerland) 11 (2). DOI: 10.3390/healthcare11020242.
- Karliner, Josh; Roschnik, Sonia; Boyd, Richard; Ashby, Ben; Steele, Kristian (2021): Global Road Map for Health Care Decarbonization. A navigational tool for achieving zero emissions with climate resilience and health equity. Hg. v. Health Care without Harm und ARUP. Online verfügbar unter [https://healthcareclimateaction.org/sites/default/files/2021-06/Health%20Care%20Without%20Harm\\_Health%20Care%20Decarbonization\\_Road%20Map.pdf](https://healthcareclimateaction.org/sites/default/files/2021-06/Health%20Care%20Without%20Harm_Health%20Care%20Decarbonization_Road%20Map.pdf), zuletzt geprüft am 04.04.2024.
- Konietzko, Jan; Bocken, Nancy; Hultink, Erik-Jan (2020): Circular ecosystem innovation: An initial set of principles. In: Journal of Cleaner Production 253, S. 119942. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119942.
- Lazzati, A. (2023): Epidemiology of the surgical management of obesity. In: Journal of visceral surgery 160 (2S), S3-S6. DOI: 10.1016/j.jviscsurg.2022.12.004.
- McGain, F.; McAlister, S.; McGavin, A.; Story, D. (2010): The financial and environmental costs of reusable and single-use plastic anaesthetic drug trays. In: Anaesthesia and intensive care 38 (3), S. 538–544. DOI: 10.1177/0310057X1003800320.
- McGain, Forbes; Naylor, Chris (2014): Environmental sustainability in hospitals - a systematic review and research agenda. In: Journal of health services research & policy 19 (4), S. 245–252. DOI: 10.1177/1355819614534836.
- Meara, John G.; Leather, Andrew J. M.; Hagander, Lars; Alkire, Blake C.; Alonso, Nivaldo; Ameh, Emmanuel A. et al. (2015): Global Surgery 2030: evidence and solutions for achieving health, welfare, and economic development. In: The Lancet 386 (9993), S. 569–624. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)60160-X.
- Mikusinska, Martyna (2012): Comparative Life Cycle Assessment of Surgical Scrub Suits : The Case of Reusable and Disposable Scrubs used in Swedish Healthcare. Degree Project; Second level. KTH, Royal Institute of Technology, Stockholm. Dep. of Planning and Environment. Online verfügbar unter <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A574013&dswid=9504>.
- Namburar, Sathvik; Renteln, Daniel von; Damianos, John; Bradish, Lisa; Barrett, Jeanne; Aguilera-Fish, Andres et al. (2022): Estimating the environmental impact of disposable endoscopic equipment and endoscopes. In: Gut 71 (7), S. 1326–1331. DOI: 10.1136/gutjnl-2021-324729.

# Quellen

Practice Greenhealth (2021): Greening the OR. Hg. v. Practice Greenhealth, zuletzt geprüft am 03.06.2022.

Practice Greenhealth (2024): Waste. Understand hospital waste streams, how to measure them, and how to reduce waste at your facility. Hg. v. Practice Greenhealth/Health Care Without Harm. Reston. Online verfügbar unter <https://practicegreenhealth.org/topics/waste/waste-0>, zuletzt geprüft am 28.03.2024.

Shoham, Maia A.; Baker, Natalie M.; Peterson, Meagan E.; Fox, Paige (2022): The environmental impact of surgery: A systematic review. In: *Surgery* 172 (3), S. 897–905. DOI: 10.1016/j.surg.2022.04.010.

Statista (2022): Distribution of lithium end-usage worldwide in 2021, by area of application. Online verfügbar unter <https://www.statista.com/statistics/268787/lithium-usage-in-the-world-market/>, zuletzt geprüft am 22.09.2022.

Statista (2023): Anzahl von Krankenhausbetten in OECD-Ländern in den Jahren 2019 bis 2021. Hg. v. Statista. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/77168/umfrage/anzahl-von-krankenhausbetten-in-oecd-laendern/>, zuletzt geprüft am 22.05.2024.

van Boerdonk, P.J.M.; Krikke, H. R.; Lambrechts, W. (2021): New business models in circular economy: A multiple case study into touch points creating customer values in health care. In: *Journal of Cleaner Production* 282, S. 125375. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125375.

Vozzola, Eric; Overcash, Michael; Griffing, Evan (2020): An Environmental Analysis of Reusable and Disposable Surgical Gowns. In: *AORN Journal* 111 (3), S. 315–325. DOI: 10.1002/aorn.12885.

WHO (2014): Safe management of wastes from health-care activities. Second edition. Unter Mitarbeit von Yves Chartier, Jorge Emmanuel, Ute Pieper, Annette Prüss-Üstün, Philip Rushbrook, Ruth Stringer et al. Geneva, Switzerland. Online verfügbar unter <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548564>, zuletzt geprüft am 23.10.2022.

WHO (2018): Health-care waste. Hg. v. WHO. Online verfügbar unter <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>, zuletzt geprüft am 14.04.2024.

Wilkinson, Alexander J. K.; Braggins, Rory; Steinbach, Ingeborg; Smith, James (2019): Costs of switching to low global warming potential inhalers. An economic and carbon footprint analysis of NHS prescription data in England. In: *BMJ open* 9 (10), e028763. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-028763.

Windfeld, Elliott Steen; Brooks, Marianne Su-Ling (2015): Medical waste management - A review. In: *Journal of Environmental Management* 163, S. 98–108. DOI: 10.1016/j.jenvman.2015.08.013.

# Vielen Dank

Markus Meissner  
Österreichisches Ökologie-Institut