

10.23

Müll und Abfall

55. Jahrgang
Oktober 2023
Seite 557-624

www.MUELLundABFALL.de

Fachzeitschrift
für Kreislauf-
und Ressourcen-
wirtschaft

ESV DIGITAL

Die Contentplattform



ESV-Digital Recht der Abfall- und Kreislaufwirtschaft Plus



Jetzt gratis testen:
www.ESV-Digital.de/Abfallrecht



Einfach mehrfach nutzen



Handbuch Kreislaufwirtschaft Recht, Ingenieur- und Naturwissenschaften, Nachhaltigkeit, Klimaschutz, Digitalisierung

Herausgegeben von Prof. Dr. jur. Walter Frenz,
Maître en Droit Public, Professor für Berg-, Umwelt-
und Europarecht an der Rheinisch-Westfälischen
Technischen Hochschule Aachen

2024, ca. 1.200 Seiten, mit zahlreichen farbigen Abbildun-
gen, Übersichten und Praxisbeispielen, fester Einband,
ca. € 149,-. ISBN 978-3-503-20067-2

eBook: ca. € 135,90. ISBN 978-3-503-20068-9



Online informieren
und versandkostenfrei bestellen:
www.ESV.info/20067

Vor dem Hintergrund einer weiter anwachsenden Bedeutung der **circular economy** für den **Klimaschutz** und auf Grundlage des **KrWG 2020**, **Green Deal** und der **EU-Kreislaufstrategie**: Das **neue Handbuch** verschafft Ihnen einen umfassenden, interdisziplinären Überblick zum hochaktuellen Thema **Kreislaufwirtschaft**.

Mit vielen Übersichten und Beispielen

Die akuten Problemfelder, mit denen sich Praktiker derzeit konfrontiert sehen, werden notwendigerweise komplex, dabei aber stets gut verständlich und lösungsorientiert erläutert – anschaulich unterlegt mit zahlreichen **farbigen Abbildungen, Übersichten und Praxisbeispielen!**

- ▶ **über 40 instruktive Beiträge** aus den Bereichen Recht, Ingenieur- und Naturwissenschaften sowie Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Digitalisierung
- ▶ **umfangreiches Autorenteam** aus renommierten Expertinnen und Experten
- ▶ **viele weitere Querschnittsthemen** wie Ressourcenproblematik sowie Wettbewerbs- und Vergaberecht
- ▶ **wichtige Instrumentarien** wie Gebührengestaltung, steuerliche Aspekte, ökonomische Anreize, Information und Ökodesign

Eine **praktische Arbeitshilfe** für Unternehmen der Abfallwirtschaft, Entsorgungsbetriebe, Behörden, Ministerien und Verbände sowie für Produktentwickler und Produzenten.



Interview-Podcast
mit dem Heraus-
geber Prof. Dr. Frenz



ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG

Auf Wissen vertrauen

Bestellungen bitte an den Buchhandel oder:
Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG
Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin
Tel. (030) 25 00 85-265
Fax (030) 25 00 85-275
ESV@ESVmedien.de · www.ESV.info

Kreislaufwirtschaftliche Ansätze für das Gesundheitswesen

Circular economy approaches for the health care sector

Marie Feld, Dr. Max Riedel, Jannick Schmidt, Maximilian Auer, Stephan Fimpeler, Prof. Dr. phil. Anne-Kathrin Cassier-Woidasky und Prof. Dr.-Ing. Jörg Woidasky

Zusammenfassung

Der übliche Entsorgungsweg für hygienisch problematische Abfälle aus dem Gesundheitswesen ist die Beseitigung durch Verbrennung bzw. eines kleinen Teils durch energetische Verwertung. Optionen der werkstofflichen Verwertung bleiben heute ungenutzt. Hochwertige organische Werkstoffe werden so in klimawirksame Verbrennungsgase umgewandelt und Metalle als Teil der festen Verbrennungsrückstände stark in ihrer Qualität herabgesetzt. Der Gesundheitswirtschaft sind gut 5 % der gesamten Klimawirkung in Deutschland zuzurechnen, weltweit liegt ihr Anteil bei etwa 4,6 %. An der Klimawirkung des deutschen Gesundheitswesens haben Medizinprodukte einschließlich ihrer Lieferketten mit 71 % den größten Anteil. In Deutschland existieren bislang lediglich einige Pilotprojekte für die Mehrfachverwendung und hochwertige Verwertung von Einmalgebrauchsprodukten. Das Bewusstsein für Klimawirkungen und der Bedarf an nachhaltigen Lösungen im Gesundheitssektor sind in den vergangenen Jahren stark angestiegen. Am konkreten Beispiel der standardisierten Katarakt-OP wird gezeigt, wie hoch die Abfallmenge an Einweggebrauchsprodukten für diesen Eingriff und die damit verbundenen Klimawirkungen sind und wie zukünftig auch infektiöse Abfälle werkstofflich charakterisiert werden könnten.

Abstract

The usual disposal method for hygienically problematic health care waste is incineration or, to a certain extent, energy recovery. Options for material recycling remain unused today. High-quality organic materials are thus converted into climate gases, and metals, as part of the solid incineration residues, are severely degraded in quality. The health care industry accounts for about 5 % of the total climate impact in Germany, and its worldwide share is about 4.6 %. Medical devices, including their supply chains, with 71 % account for the largest share of climate impact of the German healthcare sector. In Germany, there are so far only a few pilot projects for multiple use and high-quality recycling of single-use products. The awareness of climate effects and the need for sustainable solutions in the health sector have risen remarkably in recent years. The concrete example of standardised cataract surgery is used to show how high the waste generation of single-use products for this procedure and the associated climate impacts are, and how infectious waste could be characterised for materials identification in the future.

1. Einleitung

Die Abfallvermeidung im Gesundheitswesen einschließlich der zugehörigen Veränderung des Beschaffungswesens insbesondere hinsichtlich medizinischer Einmalgebrauchsprodukte ist ein wichtiger Baustein zur Erreichung der Klimaziele (Grimmond et al. 2021). Dieser Weg wird in Deutschland jedoch nicht beschränkt: Der derzeit übliche Entsorgungsweg für hygienisch problematische Abfälle (Abbildung 1) ist die Beseitigung durch Verbrennung bzw. eines kleinen Teils durch energetische Verwertung. Optionen der werkstofflichen Verwertung bleiben heute ungenutzt. Hochwertige organische Werkstoffe werden so in klimawirksame Verbrennungsgase umgewandelt und Metalle als Teil der festen Verbrennungsrückstände stark in ihrer Qualität herabgesetzt.

In den letzten Jahre ist jedoch mit Blick auf das Bewusstsein für ökologische Aspekte bei den Akteuren im deutschen Gesundheitswesen deutliche Bewegung festzustellen (Schuster et al. 2020; Hartmann 2023). Auch international wurde das Themenfeld v. a. durch die COVID 19-Pandemie verstärkt untersucht (Adelodun et al. 2021; Barua und Hossain 2021; Nguyen et al. 2023). Eine zentrale Rolle dabei spielt die Klimarelevanz des Gesundheitswesens (Thiel et al. 2017; Zepf 2023; Wagner et al. 2023; Sullivan et al. 2023). Der Gesundheitswirtschaft sind gut 5 % der gesamten Klimawirkung in Deutschland zuzurechnen (Karlner 2019), weltweit liegt ihr Anteil bei etwa 4,6 % (Grimmond et al. 2021). Absolut liegen die pro-Einwohner-Emissionen dieses Sektors in Deutschland mit über 800 kg CO_{2,eq} um etwa ein Drittel über denen der anderen EU-Länder, die etwa 600 kg CO_{2,eq} pro Einwohner und Jahr emittieren (NN 2019). An der Gesamtemission des Gesundheitswesens in Deutschland haben Medizinprodukte einschließlich ihrer Lieferketten mit 71 % den größten Anteil (NN 2023a). Für die Bestimmung der Klimawirkung von Krankenhäusern wurde basierend auf mehreren öffentlich geförderten Vorhaben kürzlich ein kostenfreies Online-Tool¹ bereitgestellt.

Marie Feld, Jannick Schmidt, Maximilian Auer, Prof. Dr.-Ing. Jörg Woidasky

Hochschule Pforzheim, Fakultät für Technik, Professur für Nachhaltige Produktentwicklung, Pforzheim

Dr. Max Riedel

Leiter ZEISS Innovation Hub @ KIT, Carl Zeiss AG, Eggenstein-Leopoldshafen

Stephan Fimpeler

Vertriebsleiter, REMONDIS Medison GmbH, Lünen

Prof. Dr. Anne-Kathrin Cassier-Woidasky

Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, Fakultät für Sozialwissenschaften, Professur für Pflegewissenschaft, Saarbrücken

¹ <https://klimeg.de/rechner-co2-bilanzierung/>

KREISLAUFWIRTSCHAFT | GESUNDHEITSWESEN

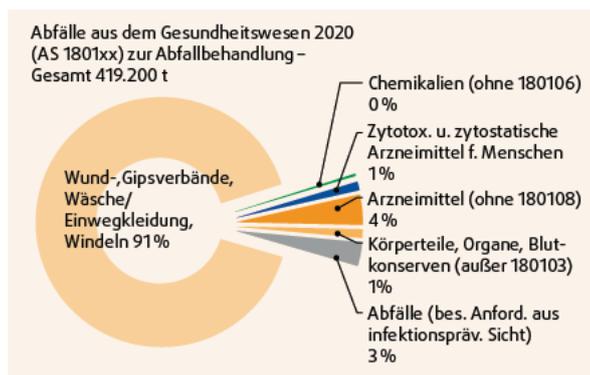


Abbildung 1
Abfälle aus dem Gesundheitswesen in Deutschland 2020 (Gesamtmasse: 419.200 t)¹

1 Datenabruf aus der Destatis-Genesis-Datenbank am 27.9.2022: Abfallentsorgung: Deutschland, Jahre, Abfallarten/ Abfallschlüsselnummern

2. Abfallmengen und -qualitäten

Typische Abfallmengen für Krankenhäuser liegen weltweit zwischen 3,87 kg/Bett und Tag (Kuwait, 2007) und 11,3 kg/Bett und Tag (USA, 2015) (Unger et al. 2016), in Deutschland liegt dieser Wert bei etwa 6 kg/Bett und Tag (Deutscher Ärzteverlag 2019) bzw. insgesamt bei knapp 20 kg pro Patient (NN 2012). Es fallen etwa 12 kg Abfall pro Operation an (Friedericy et al. 2022), von denen praktisch alles beseitigt wird (MacNeill et al. 2017). Der Gesamtanfall von Abfällen aus dem Humangesundheitsbereich (AS1801xx) zur Beseitigung lag in Deutschland 2020 bei knapp 420.000 t (vgl. Abbildung 1). Neben den Verbandmaterialien (AS 180104) mit 91 % (382.400 t) sind vor allem infektiöse Abfälle (AS 180103) mit 3 % (11.600 t) und daneben Arzneimittel (AS 180109) mit 4 % (16.200 t) relevante Teilströme aus dem Gesundheitswesen. Relevante Werkstoffe in den Abfällen sind Stahl und andere Metall-Legierungen, Kunststoffe einschließlich Kleber und Dichtmassen sowie Keramik und Verbundwerkstoffe, die für den Einsatz als Medizinprodukt insbesondere sterilisierbar sein müssen (NN 2008).

Etwa 90% der Medizinprodukte-Abfälle werden Einmalgebrauchsprodukten zugerechnet (Sousa et al. 2021). Vom Grundsatz her ist diese Entwicklung durchaus sinnvoll, da mit zunehmend invasiveren Prozeduren praktisch jeder Bereich des menschlichen Körpers erreicht werden kann, was hohe Anforderungen an die Sicherheit, Integrität und potenzielle Wiederaufbereitung der dazu verwendeten Medizinprodukte stellt. Typische Produkte sind z.B. chirurgische Instrumente (Scheren, Klemmen, Pinzetten, Nadelhalter), Endoskope, Katheter sowie Werkzeuge oder Klammergeräte und Kunststoffprodukte wie Spritzen, Infusionssysteme und Katheterzubehör (Grieger 2022). Nach wissenschaftlichen Kriterien erhobene Abfallanalysen zu den eingesetzten Werkstoffen für das Gesundheitswesen in Deutschland liegen nicht vor oder sind veraltet (z.B. Hoffmann und Stolze 2008). Orientierende Daten zum materialspezifischen Einwegprodukte-Anfall in zwei Kliniken weisen 0,6% metallische, 0,3% „elektrische“, 71,5% Kunststoff- und 27,5% sonstige Werkstoffe nach (Grieger 2022). Dem Recycling die-

ser Abfälle stehen neben den restriktiven Vorschriften zur Krankenhausabfallentsorgung (vgl. Merkblatt der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall LAGA M18 (NN 2021)) fehlende Kenntnisse über die Abfallzusammensetzung, das Recyclingpotential (Azouz et al. 2019) sowie der für eine Rückgewinnung von Stoffen oder Produkte erforderliche Umgang mit infektiösem Material entgegen (Friedericy et al. 2022). Einmalgebrauchsprodukte machen bis zu 90 % dieser potentiell infektiösen Abfallmenge aus (Siu et al. 2017).

3. Umweltaspekte

Änderungen der Entsorgungsverfahren medizinischer Abfälle können potentiell positive Klimawirkung im Vergleich zur derzeitigen energetischen Verwertung bzw. Beseitigung durch Verbrennung entfalten: Zum einen gelangen bis zu etwa 400.000 t/a (vgl. Abbildung 1) weniger Abfallmengen als Brennstoff bzw. Anlageninput in die Verbrennung. Damit werden direkte klimarelevante Emissionen (0,37 kg CO_{2,eq}/kg Abfall² bzw. max. 148.000 t CO_{2,eq}/a) vermieden. Deutlich wirksamer kann jedoch der mit einer Kreislaufführung verbundene Ressourcenschutz durch Substitution von Primärmaterialien durch aus Einmalgebrauchsprodukt-Abfällen gewonnene Sekundärmaterialien sein: Bei Polymeren kann werkstoffspezifisch bei einer stofflichen Verwertung mit Gutschriften von mindestens etwa 2 kg CO_{2,eq}/kg Kunststoff (z.B. 2,06 CO_{2,eq}/kg Polypropylen, 2,1 CO_{2,eq}/kg PE-HD; bei Ersatzbrennstoff liegt die Gutschrift lediglich bei 0,41 CO_{2,eq}/kg) gerechnet werden (Kusch et al. 2021), so dass bei einem Kunststoffanteil von 70% in den 400.000 t/a Abfällen aus dem Gesundheitswesen überschlägig ein Klimagasverminderungspotential von etwa 560.000 t CO_{2,eq}/a in Deutschland ausgewiesen werden kann. Hierbei ist allerdings der rechtlich erforderliche Hygienisierungsschritt noch nicht berücksichtigt.

Mehrfach genutzte medizinische Produkte verursachen zwar im Vergleich zu Einwegprodukten einen geringeren Abfallanfall, aber auch sie benötigen zur Wiederaufbereitung substantielle Mengen Wasser und Energie. Im Falle von Sets zur zentralen Venenkatheter-Anlage sei das die zehnfache Wassermenge im Vergleich zu einer Einweglösung (McGain 2012; Davis et al. 2018), andere Arbeiten kommen jedoch zu gegensätzlichen Ergebnissen (Overcash 2012; McGain 2010; Eckelman 2012). In einer Metastudie (Keil et al. 2022) basierend auf 1240 Ökobilanz-Publikationen zeigten die Autoren, dass grundsätzlich der Einsatz von wiederverwendbaren Medizinprodukten ökologisch vorteilhaft gegenüber Einmalgebrauchsprodukten ist: „The reduction of most impacts is a result of less demand for material and energy inputs and related environmental emissions within production and disposal per use of the products.“ (Keil et al. 2022). Im Umkehrschluss lässt sich basierend darauf jedoch auch feststellen, dass Einmalgebrauchsprodukte ökologisch deutlich besser bewertet und vor allem erheblich klimafreundlicher eingesetzt werden könnten, wenn eine stoffliche Verwertungs-

2 Umweltbundesamt-Datenbank „ProBas“, Datensatz „MVA-Hausmüll“, abgerufen am 29.9.2022

lösung implementiert werden würde, da derzeit im vorteilhaftesten Fall eine energetische Verwertung für diese Produkte berücksichtigt wird.

In Österreich wurde das Abfallvermeidungspotenzial eines chirurgischen Mehrweg- mit dem eines Einweg-Klammergeräts für die drei chirurgischen Verfahren laparoskopische Sleeve-Gastrektomie, den laparoskopischen Magenbypass und die videoassistierte thorakoskopische Lobektomie (VATS) verglichen (Meissner et al. 2021). Die Verringerung der Gesamtabfallmenge betrug dabei 40 % (Sleeve-Gastrektomie), 70 % (Magenbypass) und 62 % (VATS-Lobektomie). Beim Gesamtmaterialbedarf konnte eine Reduktion von 92 % (Sleeve-Gastrektomie), 96 % (Magenbypass) und 95 % (VATS-Lobektomie) festgestellt werden. Auch wurde festgestellt, dass das Mehrweg-System aufgrund einer höheren Komplexität zu einer erhöhten Masse des Produktes führt, jedoch innerhalb aller untersuchten Operationsarten ab dem fünften Nutzungszyklus ein geringeres Abfallaufkommen und einen geringeren Ressourceneinsatz im Vergleich zum Einweg-System besitzt. Eine deutsch-österreichische Studie zur Aufbereitung von Einweg-Medizinprodukten konnte bereits 2007 zeigen, dass eine ordnungsgemäße Aufbereitung von Einweg-Medizinprodukten kein erhöhtes Risiko für den Patienten darstellt. Dabei entscheidet der Hersteller selbst im Rahmen des Zulassungsprozesse über die Klassifizierung seiner Produkte als Einweg- oder Mehrwegprodukt. Für Mehrwegprodukte muss dabei herstellereitig ein Vorgehen zur Aufbereitung erstellt werden, aber auch als Einwegprodukte klassifizierte Produkte können grundsätzlich und in Deutschland auch rechtlich mehrfach verwendet werden (Truppe 2007).

Einzelne weitere industrielle kreislaufforientierte Pilotvorhaben (z.B. NN 2020) zielen auf die unternehmensspezifische Getrennterfassung spezifischer, bevorzugt komplexer Produkte wie Endocutter oder Stapler. Dieser unternehmensspezifische Ansatz zur Rücknahme und Kreislaufführung wird jedoch derzeit seitens der Verbände und anderer Stakeholder als nicht zielführend angesehen, im Gegensatz zu einem unternehmensübergreifenden und einheitlichen Ansatz für alle anfallenden Produkte.

4. Rechtlicher Rahmen

Abfälle aus dem Gesundheitswesen werden dem Kapitel 18 der Abfallverzeichnisverordnung (AVV) bzw. dem Europäischen Abfallartenkatalog (EAK) zugeordnet. Die LAGA-Vollzugshilfe M18 (NN 2021) bildet die Grundlage für die Entsorgungspraxis und deren Überwachung. Im Bereich des Arbeits- und Gesundheitsschutzes ist die Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe TRBA 250 (NN 2018) für diesen Stoffstrom einschlägig. Im Ergebnis werden diese Abfallströme weitestgehend und ohne stoffliche Verwertung in Sonderabfall- oder Hausmüllverbrennungsanlagen beseitigt (Grieger 2022), so dass lediglich Sekundär-Verwertungsschritte z.B. des Metallanteils aus Verbrennungssachen verbleiben, die nur einen Bruchteil des werkstofflichen Verwertungspotentials dieses Abfalls erschließen. Die LAGA-Vollzugshilfe schließt aus Arbeitsschutz- und Hygieneaspekten derzeit die werk-

stoffliche Verwertung für spitze oder scharfe Gegenstände (AS 180101) explizit aus: „Eine stoffliche Verwertung, die ein Öffnen der Sammelbehältnisse voraussetzt, ist auch nach einer Desinfektion unzulässig.“ (NN 2021). Für „infektiöse Abfälle“ (AS 180103*) ist auch vom Grundsatz her ein Recycling möglich: „Ausschließlich desinfizierte Abfälle können – unter Beachtung des weiter bestehenden Verletzungsrisikos durch spitze und scharfe Gegenstände – zusammen mit Abfall des AS 180104 entsorgt werden.“ (NN 2021).

Im Ergebnis zeigt sich hier die grundsätzliche Möglichkeit der Kreislauffschließung für Werkstoffe und ggf. Produkte der AS 180103 und 04, sofern die Infektiosität der Abfälle sowie die Vermeidung von Stich- oder Schnittverletzungen und weitere Anforderungen des Arbeitsschutzes beherrscht werden können. Dies ermöglicht grundsätzlich eine hochwertige werkstoffliche Verwertung primär der Kunststoffe aus Abfällen des Gesundheitswesens mit dem Ziel, andere Kunststoffe aus Neuware zu substituieren und damit klimaschützend zu wirken (Volk et al. 2021).

5. Stand der Entsorgungs-Technologien

Erste Systeme zur Getrennterfassung medizinischer Einwegprodukte sind derzeit im Aufbau (u. a. durch Remondis (Remondis Medison 2022) oder Westharp (Medical recycling initiative 2021)). Diese sind primär kostengetrieben und fokussieren daher auf der Rückgewinnung des Metallanteils in den Abfällen und weisen derzeit noch keine relevanten Erfassungsmengen auf.

Das Unternehmen REMONDIS Medison betreibt am Standort Lünen ein Verfahren zum Umgang mit Krankenhausabfällen (Abfallschlüssel AS 180103), die ansonsten durch eine Sonderabfallverbrennung zu entsorgen sind. Das infektiöse/hochinfektiöse Material wird durch ein vom Robert-Koch-Institut anerkanntes Vakuum-Dampf-Vakuum-Verfahren so desinfiziert, dass es nicht mehr als „gefährlicher Abfall“ gilt, und daher direkt vor Ort in der Verwertungsanlage des Lippewerks zur Strom- und Dampferzeugung eingesetzt werden kann. Am Standort werden jährlich über 500.000 befüllte und verschlossene Einweg-Sammelbehälter energetisch verwertet: Die Desinfektion des Abfalls einschließlich der Sammelbehälter erfolgt nach einer Zerkleinerung in einem Heißdampfprozess bei ca. 140°C. Der behandelte Abfall (AS 180104) findet anschließend als Ersatzbrennstoff Einsatz. Eine stoffliche Verwertung findet nicht statt.

Bereits seit den 2000er Jahren wurden in Deutschland Untersuchungen vor allem zur Vermeidung von Textilabfällen wie z.B. Operationssaal (OP)-Textilien untersucht (Cherif et al. 2009; TU Dresden 2017; Hohenstein Institut für Textilinnovation 2016). Im Rahmen mehrerer öffentlich geförderter Vernetzungsvorhaben („KLIK green“, „KLIK green +“ (NN 2023c)) wurden in den letzten Jahren systematisch Ansätze zum Klimaschutz im Gesundheitswesen v. a. in Krankenhäusern untersucht. Hierfür wurde bundesweit Personal aus insgesamt 250 Krankenhäusern und Rehakliniken zu Klimamanager*innen weitergebildet, mit dem Ziel 100.000 t CO_{2,eq} zu vermeiden (Klik green). Neben zahlreichen CO₂-einsparenden Maßnahmen wur-

KREISLAUFWIRTSCHAFT | GESUNDHEITSWESEN

Abbildung 2
Inhaltsübersicht über
Katarakt-OP-Kits
„O“ (links) und „W“
(rechts)



Inhaltsübersicht „Kit O“:

1. Foliendress Gown Protect standard
2. Schale Plastik 250 ml
3. Transparente Schale Plastik 250 ml
4. Rechteckschale Plastik 24 cm x 24 cm
5. Sterilux ES Kompressen 10 cm x 10 cm 12 fach 17 fädig
6. Sterilux ES Kompressen 5 cm x 5 cm 12 fach 17 fädig
7. OP-Handtuch 43 cm x 60 cm
8. Verpackung - Augenkompressen
9. Augenkompressen 54 mm x 70 mm oval
10. Augentuch Prot 150 cm x 175 cm 7 cm x 5 cm
11. Verpackung Klemme
12. Klemme Kocher traumatisch gerade 14 cm matt
13. „Dummy“ Papier
14. Verpackung Instrumente
15. Keiltupfer mit Stiel 70 mm x 1 mm keilförmig Plastik
16. Hellblaue „Keiltupfer mit Stiel 70 mm 1 mm keilförmig Plastik
17. Augenklappe 9 Löcher 4 mm transparent
18. Nadel/Kanülen
19. Skalpelle
20. Spritzen
21. Zellstofftuch 33 cm x 30 cm



Inhaltsübersicht „Kit W“:

1. ¾-Körper-Abdecktuch mit Öffnung
2. Innenwickel
3. Abdeckung für Armlehne
4. Verpackung OP KIT
5. OP-Kittel
6. Einschlagpapier OP-Kittel
7. Handtücher
8. MVR Messer 20G 45
9. Sicherheits-Phakolanze 2,2 mm 45°
10. Spritze 10 ml
11. Spritze 5 ml
12. Spritze 3 ml
13. Schale 60 ml
14. Nukleus Hydrodissektor 27 g
15. Kanüle 27 g
16. Kanüle 20 g
17. Wattebausch
18. Mulltupfer
19. Inzisionsfolie
20. Zigarettentupfer
21. Augenschale
22. Aufbewahrungsschale
23. Tischabdeckung

den im Universitätsklinikum Bonn die nicht infektiösen Einweg-OP-Instrumente sterilisiert, so dass diese anschließend einem werkstofflichen Recycling zugeführt werden konnten. Hierdurch konnten 80 % der Materialien wiederverwertet werden (Universitätsklinik Bonn 2022). Weitere konkrete Maßnahmen zur Abfallverwertung, die in der KLIK-Datenbank (NN 2023b) dokumentiert sind, adressieren zum einen Nachfüllsysteme für sterile Pipettenspitzen der Firma Starlap und zum anderen in der LungenClinic Grosshansdorf die Pilot-Verwertung von etwa 600 OP-Klammernahtgeräten durch Johnson & Johnson Medical GmbH. Insgesamt wurden vier Behälter mit OP-Klammernahtgeräten abgeholt. Darin waren 159,4 kg Metall und 83,4 kg Kunststoff enthalten, die recycelt wurden. Dadurch konnten ca. 1.220 kg CO_{2,eq} eingespart werden. (Viamedica 2022).

In einer Feldstudie in Schweden wurde die werkstoffliche Verwertung von PE (Materialherkunft: Schürzen), PP (Einwegbecher und -spritzen) sowie PVC (Handschuhe) aus Krankenhäusern untersucht, die durch kommerzielle Sterilisationsverfahren (Hydrothermalbehandlung, Ozonierung) hygienisiert und anschließend u. a. spektroskopisch (FTIR) und thermisch (DSC) untersucht wurden. Hierbei wurden außer einem Verlust von Weichmacher in PVC keine messbaren Veränderungen der Werkstoffe festgestellt. Die Materialien PP und PVC wurden anschließend erfolgreich mit industriellen Prozessen werkstofflich zu Bodenfliesen

(PP zu 100 %, PVC mit einem Rezyklatanteil von 20 %) verarbeitet (Yarahmadi et al. 2019).

Ein Pilotprojekt in drei niederländischen Krankenhäusern zu kontaminierten medizinischen Einweg-Instrumenten aus Edelstahl und Kunststoff hat gezeigt, dass bis zu 85 % der chirurgischen Instrumente einem hochwertigen Recycling zugeführt werden können. Um dies zu erreichen, werden die drei Abfallströme Edelstahl, Polypropylen-Verpackungen und andere Verpackungskunststoffe aus den Operationssälen getrennt gesammelt, in kontaminierte und nicht kontaminierte Abfälle unterschieden und wiederaufbereitet. Es gibt bereits Bestrebungen, das Projekt auch in Belgien einzuführen (Renewi 2022).

6. Modellhafte Charakterisierung von Einwegprodukten

Besonders gute Voraussetzungen für eine Kreislaufschließung durch Prozessanalyse und -steuerung bieten medizinische Eingriffe im OP und andere medizinische oder pflegerische Aktivitäten, die auf Standardprozessen (Operationen oder Untersuchungen) beruhen (Wirth et al. 2023). Solche Prozesse, die gleichartig und teilweise millionenfach durchgeführt werden, führen prinzipiell zu (gleichartigen) Produkt- oder Materialverbräuchen (Rodriguez Morris und Hicks 2022). Eine besonders häufige und stark standardisierte Operation ist die Behandlung des „Grauen

Kreislaufwirtschaftliche Ansätze für das Gesundheitswesen

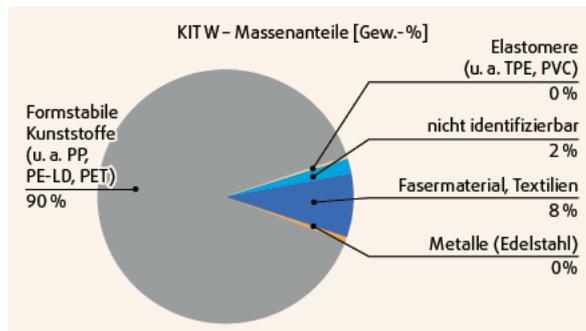
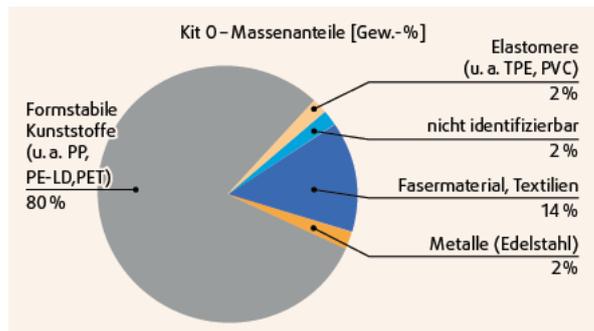


Abbildung 3
Zusammensetzung der OP-Kits O (links, Gesamtmasse 1.424 g) und W (rechts, Gesamtmasse 713 g)

Stars“ (Katarakt-OP), die in Deutschland üblicherweise bis zu 800.000-fach jährlich (Wirbelauer und Geerling 2022) durchgeführt wird. Diese ambulante Operation dient dazu, die getrübbte Linse des menschlichen Auges zu emulsifizieren und abzusaugen, um anschließend eine künstliche Intraokularlinse einzusetzen. Die Verbrauchsprodukte dieses Eingriffs umfassen zum einen vorgefertigte „OP-Kits“, die Instrumente wie Nadeln, aber auch Verbrauchsmaterialien wie Schalen, Abdecktücher oder OP-Kleidung enthalten (Abbildung 2), und zum anderen meist eine Einweg-Kassette, die als Zusatzmodul einer stationären Absaugeinrichtung einschließlich Schläuchen vorrangig zur Entfernung der zerkleinerten Linse dient.

Im Rahmen eines Studierendenprojekts an der Hochschule Pforzheim wurden Untersuchungen zur Katarakt-OP in Deutschland (Feld et al. 2022) durchgeführt. Die Untersuchungen umfassten ein Katarakt-OP-Kit („Kit O“) und eine Einweg-Kassette eines deutschen Medizinprodukte-Herstellers. Ergänzende Studien u. a. mit einem weiteren OP-Kit („Kit W“) für Katarakt-OPs erfolgten im Rahmen einer Bachelor-Arbeit (Feld 2023).

Die Masse der Kassette einschließlich Primärverpackung liegt bei 427,7 g, die des Kit O ohne Transportverpackung lag bei 1.424,1 g, und die des Kit W bei 712,7 g. Die Verwiegung erfolgte mit einer grammgenauen Laborwaage (Kern 573-46NM) sowie bei Objekten unter 1 g mit einer Analysenwaage (Kern ABT 220-5DM). Von der Gesamtmasse des Kit O konnten 28,7 g (2%) und beim Kit W 11,6 g (1,6%) nicht identifiziert werden. Die Materialanalyse erfolgte durch produktseitige Materialkennzeichnungen und ergänzende Analysen durch ein mobiles Röntgenfluoreszenzgerät (Thermo Scientific Niton XL2 GOLDD, Modus „Legierungen“) sowie ein ATR-FTIR (Bruker Alpha Platinum ATR mit OPUS-Software sowie Datenbanken ATR-LIB-Polymers 1 bis 4 sowie BPAD). Bei der Kassette lag der Anteil nicht bestimmbarer Werkstoffe bei 21 Gew.-%. Die restlichen 79 Gew.-% der Kassetten-Werkstoffe

verteilen sich auf Kunststoffe (76 Gew.-%), Metalle (1,5 Gew.-%) und Papier (1,5 Gew.-%). Abbildung 3 zeigt die entsprechenden Ergebnisse für die Kits O und W.

Die Ergebnisse zeigten bezüglich der Gesamtmasse der Kits einen Unterschied von insgesamt 711,4 g. Das Kit O ist knapp doppelt so schwer wie Kit W, obwohl beide dem gleichen Zweck dienen. In beiden Kits machen die Kunststoffe den Hauptanteil aus, im Kit O 1.141,3 g (80,14%) im Kit W 640,5 g (89,9%). Auf Fasermaterialien/Textilien entfallen im Kit O 192,8 g (13,5%), im Kit W sind es 58,1 g (8,2%). Die Elastomere tragen im Kit W lediglich mit 2,3 g (0,3%) und im Kit O mit 31,3 g (2,2%) zur Gesamtmasse bei. Die Metalle haben den geringsten Anteil mit 0,3 g (0,04%) im Kit W bzw. 28,7 g (2,10%) im Kit O.

Basierend auf den Materialanalyse-Ergebnissen wurde die Klimawirkung der Werkstoffe der Kits W und O (Abbildung 5) abgeschätzt. Aufgrund der eingeschränkten Datenlage wurden ausschließlich die Emissionen, die bei der Rohstoffgewinnung und Herstellung der jeweiligen Materialien anfallen, ermittelt, indem die Massen der Einzelwerkstoffe mit der Treibhausgasintensität der Werkstoffe aus der Ecoinvent-Datenbank multipliziert wurden. Die so bestimmte Treibhausgasintensität lag bei 1,75 kg CO_{2,eq} für das Kit W. Im Kit W sind praktisch nur die Kunststoffe (ca. 90%) und die Textilien (ca. 10%) für die Klimawirkung relevant. Für das Kit O liegt die Treibhausgasintensität bei 3,5 kg CO_{2,eq}. Ebenfalls ist auch dort die Klimawirkung hauptsächlich auf die Kunststoffe (ca. 79%) und die Textilien (15%) zurückzuführen.

Obwohl beide Kits bei der standardisierten Katarakt-OP eingesetzt werden, unterscheiden sie sich erheblich sowohl in ihrer Gesamtmasse als auch ihrer Zusammensetzung, unter anderem durch die Anzahl der OP-Kittel (Masse je nach Größe zwischen etwa 96 g (Gr. M) und 111 g (Gr. XL)). Während im Kit O sechs OP-Kittel enthalten sind, enthält Kit W lediglich zwei. Dies gibt einen deutlichen Hinweis auf Einsparungspotentiale

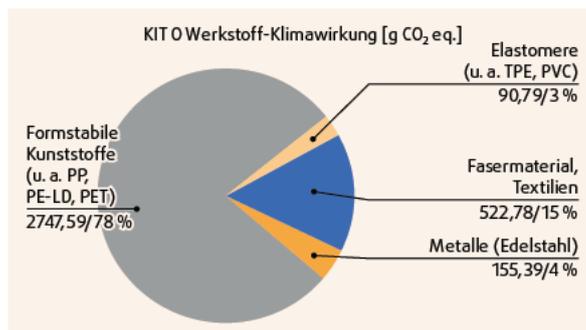
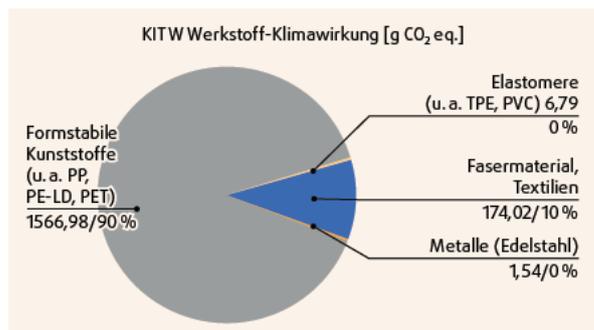


Abbildung 4
Klimawirkungs-Ab-schätzung der Werk-stoffe in KITW (Gesamt-Klimawirkung 1,75 kg CO_{2,eq} links) und in KIT O (Gesamt-Klimawirkung 3,5 kg CO_{2,eq} rechts)



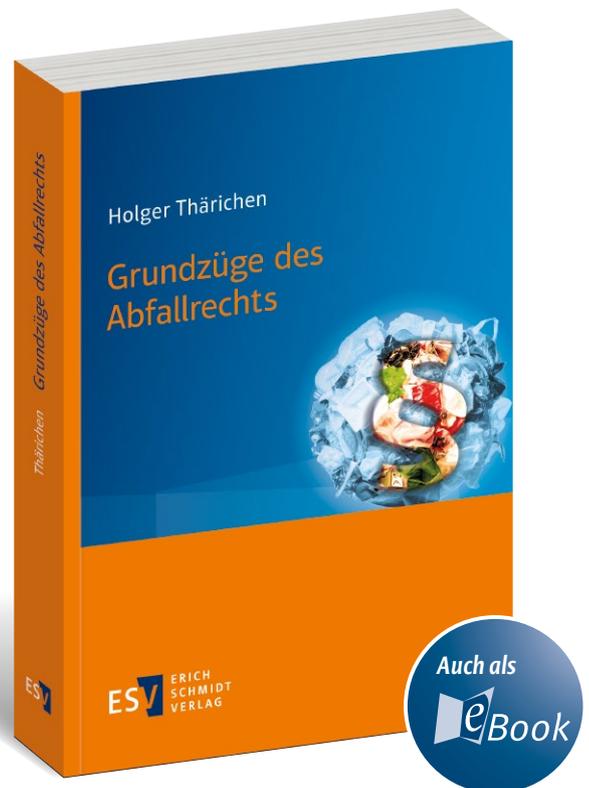
Grundversorgung

Diese **Einführung in das Abfallrecht** bietet insbesondere Neu- und Seiteneinsteigern in der öffentlichen Verwaltung und in der Entsorgungswirtschaft einen leichten Zugang in die nicht immer einfache Materie. Zu diesem Zweck werden die **Grundstrukturen** des Abfallrechts und dessen wesentliche Begriffe und Pflichten übersichtlich und leicht nachvollziehbar dargestellt. Dabei wird besonderer Wert auf einen **engen Praxisbezug** unter Berücksichtigung der aktuellen Rechtsprechung gelegt.

In einem handlichen Band werden wertvolle Hilfsmittel für die tägliche Arbeit geboten:

- ▶ **Übersichten und Schemata** strukturieren und veranschaulichen den Stoff.
- ▶ **Beispiele und Merksätze** erleichtern das Verständnis und helfen, Fehler zu vermeiden.
- ▶ **Auszüge aus Normtexten** sind direkt in die Erläuterungen eingebunden.

Rechtsanwalt **Dr. Holger Thärichen** ist seit 2012 Geschäftsführer der Sparte Abfallwirtschaft und Stadtsauberkeit im Verband kommunaler Unternehmen (VKU). Mit dem Abfallrecht hat er sich in zahlreichen Fachpublikationen und Vorträgen bereits intensiv beschäftigt.



Grundzüge des Abfallrechts

Von Rechtsanwalt **Dr. jur. Holger Thärichen**,
Verband kommunaler Unternehmen (VKU), Berlin
2022, 324 Seiten, mit zahlreichen Übersichten,
Schemata, Beispielen und Merksätzen,
€ 42,-. ISBN 978-3-503-20014-6
eBook: € 38,40. ISBN 978-3-503-20015-3

ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG

Auf Wissen vertrauen

Bestellungen bitte an den Buchhandel oder:
Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG
Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin
Tel. (030) 25 00 85-265
Fax (030) 25 00 85-275
ESV@ESVmedien.de · www.ESV.info



Online informieren
und versandkostenfrei bestellen:
www.ESV.info/20014

Abbildung 5
CT-Scan-Ergebnis
eines Abfallbehälters
mit Modell-Füllung
medizinischer Pro-
dukte (Quelle: Zeiss)



durch eine aktuelle und nutzerspezifische Zusammensetzung der Kits. Konkret dürften bei der Katarakt-OP zwei OP-Kittel (je einer für den Operateur und die operationstechnische Assistenz) ausreichen.

Unter der Annahme, dass die gesamte Masse des OP-Kits (Kit W: 713 g) und auch einer Einweg-Kassette (428 g) nach der OP zu Abfall werden, ergibt sich rechnerisch eine Abfallmenge von 1.141 g pro Katarakt-OP. Dies ist das viereinhalbfache Abfallaufkommen im Vergleich zu Untersuchungen in einem Krankenhaus in Pondicherry (Südindien), die eine Abfallmenge von 250 g pro Katarakt-Operation feststellten. Von dieser Gesamtmasse waren etwa 20 % auf Kunststoffgewebe zur Patienten-Abdeckung und weitere 25 % auf Verpackungen und Papier-Gebrauchsanweisungen zurückzuführen (Thiel et al. 2017). Ansätze zur Abfallvermeidung zeigt dieser Vergleich z.B. durch die (nicht vom Hersteller empfohlene) Mehrfachnutzung der Einweg-Kassette. Mit Blick auf die Zahl der Katarakt-OPs in Deutschland (311.000 OPs allein im Corona-Jahr 2020, entspricht insgesamt ca. 355 t Abfallanfall bei ca. 1,14 kg Abfall/OP) kann dies eine erhebliche Hebelwirkung nicht nur mit Blick auf die Abfallmenge, sondern auch auf Entsorgungskosten und Klimaeffekte entfalten. Daneben können noch weitere Handlungsempfehlungen zur Vermeidung von Abfällen und damit verbundenen negativen Klimawirkungen herausgearbeitet werden:

- ◆ Wo möglich sollten Mehrwegartikel eingesetzt werden, beispielsweise Mehrweg-OP-Kleidung oder Mehrweg-Instrumente.
- ◆ In den OP-Kits ist angeraten, nur die Produkte beizufügen, die auch tatsächlich verwendet werden („Customizing“).
- ◆ Nicht kontaminierte Verpackungsabfälle sollten in einem separaten Behälter gesammelt werden.
- ◆ Um Abfälle korrekt zu trennen, sollte das Personal gezielt geschult werden. Eindeutige Kennzeichnungen von Verpackungen und Produkten erleichtern dabei die Entsorgung.

- ◆ Bei der Neuentwicklung von Produkten sollte bereits in der Planungsphase auf die Kreislauf-tauglichkeit geachtet werden (Feld 2023).

7. Charakterisierung gebrauchter Einwegprodukte

Im Rahmen einer Machbarkeitsuntersuchung wurde ein mit unkontaminierten Produkten befüllter Modellbehälter einem Computertomographie (CT)-Scan unterworfen, um grundlegende Erkenntnisse dieses bildgebenden Verfahrens zur Bestimmung von Inhaltsstoffen aus kreislaufwirtschaftlicher Sicht zu generieren. Dieses Vorgehen eröffnet einen zwar aufwendigen, aber beim Umgang mit infektiösen Abfällen grundsätzlich gangbaren Weg für Abfallanalysen. Abbildung 5 zeigt den mit den Inhalten eines OP-Kits sowie weiteren Textilien und Zellstoff, Kunststoff- und Metallteilen gefüllten Musterbehälter. Deutlich sichtbar sind hier die Metallteile (Knie- und Hüftimplantate, Titan-Nägel, Arterienklemme, Fehlwurfelement) und medizinische Schläuche sowie knapp unterhalb der Mitte eine etwas weniger deutlich sichtbare rechteckige Kunststoff-Einweg-Kassette für Katarakt-OPs. Der Einsatz solcher bildgebender Verfahren in Verbindung mit Bildanalyse-Software kann zukünftig dazu dienen, das Werkstoffpotential auch infektiöser Abfälle aus dem Gesundheitswesen sicher zu quantifizieren und damit zielgerichtete kreislaufwirtschaftliche Maßnahmen entwickeln zu können.

8. Zusammenfassende Bewertung

Mehrweglösungen (wiederverwendbare Instrumente) im Bereich der Medizintechnik sind im Vergleich zu Einweglösungen in der Regel mit geringeren Umwelt- und Klimawirkungen verbunden (Keil et al. 2022). Aus wirtschaftlichen und Praxis- sowie rechtlichen Erwägungen kann allerdings nicht davon ausgegangen werden, dass Einwegprodukte im Gesundheitswesen auf Sicht vollständig durch mehrfach nutzbare Produkte (re)substituiert werden. Bei bestimmten Indikationen (z.B. Creutzfeld-Jakob-Krankheit) ist aus Infektionsschutzgründen die Verwendung von Einwegprodukten sogar vorgeschrieben bzw. einzig sinnvoll, z.B. bei Militäreinsätzen im Ausland, wo keine Wiederaufbereitungsmöglichkeiten existieren. Neben ökonomischen, hygienischen und haftungsrechtlichen Erwägungen führt jedoch häufig auch Bequemlichkeit zum Einsatz von Einmalmaterial, wobei Umweltaspekte bisher nur eine untergeordnete Rolle spielten (Axelrod 2014). Derzeit steigt aber gerade in technik- und ressourcenintensiven Bereichen wie der Anästhesie und Intensivmedizin das Bewusstsein für die Notwendigkeit des ressourcenschonenden Umgangs mit Material. So wurde von zwei anästhesistischen Fachgesellschaften ein Positionspapier mit konkreten und evidenzbasierten Handlungsempfehlungen zur Nachhaltigkeit publiziert (Schuster 2020). Danach sind bereits jetzt zahlreiche ökonomisch sinnvolle Mehrweglösungen möglich, die das Abfallaufkommen ohne Qualitätseinbuße deutlich reduzieren können (Schuster 2020).

Die Fokussierung der Entsorgungsunternehmen auf den Metallanteil (v. a. Edelstahl bzw. Titan) der Abfälle

Kreislaufwirtschaftliche Ansätze für das Gesundheitswesen

aus dem Gesundheitswesen ist wirtschaftlich sinnvoll, jedoch müssen zur Erschließung aller Klimaschutzmaßnahmen der Ansätze auch die vollständige Zusammensetzung und Mengen der Abfälle aus dem medizinischen und pflegerischen Bereich aufgeklärt werden. Dies ist aufgrund der Arbeitsschutz- und Hygieneanforderungen mit den üblichen abfallwirtschaftlichen Charakterisierungsansätzen nicht möglich, so dass lediglich Informationen zur Anfallmenge, jedoch keine detaillierten Kenntnisse zur Zusammensetzung dieser Abfälle vorliegen. Eine systematische Erfassung des kreislaufwirtschaftlichen Materialpotentials von Kunststoffen und auch Metallen steht derzeit ebenso wie die umweltorientierte Untersuchung der technisch möglichen Kreislaufführung dieser Werkstoffe in Deutschland aus. Auch die Einbeziehung von Herstellern der Medizinprodukte einschließlich der Anbieter von Verpackungen für diese Produkte bei der Entwicklung eines gesamthaften Entsorgungskonzepts von der Produktgestaltung über deren Nutzung bis hin zum Wiedereinsatz von Werkstoffen wurde bisher nicht realisiert. Sie würde jedoch einen zentralen Ansatz zur Schließung hochwertiger Werkstoffkreisläufe für medizinische Einwegprodukte eröffnen.

9. Danksagung

Die Autoren danken dem Klinikum Saarbrücken gGmbH sowie den Unternehmen Carl Zeiss Meditec AG, Cronimet.ferroleg und Cremetal sowie Aesculap B. Braun für die freundliche Überlassung von Modellmaterialien.

Literatur

- Adelodun, Bashir; Ajibade, Fidelis Odedishemi; Ibrahim, Rahmat Gbemisola; Ighalo, Joshua O.; Bakare, Hashim Olalekan; Kumar, Pankaj et al. (2021):** Insights into hazardous solid waste generation during COVID-19 pandemic and sustainable management approaches for developing countries. In: *Journal of material cycles and waste management* 23 (6), S. 2077-2086. DOI: 10.1007/s10163-021-01281-w.
- Axelrod, D. (2014):** Greening in the operation room. Greening the operating room and preoperative arena: Environmental Sustainability of Anesthesia Practice. Unter Mitarbeit von Bell C, Feldman J, Hopf H, Huncke TK, Paulsen W, et al, October 2014, zuletzt geprüft am 15.05.2023.
- Azouz, Solomon; Boyll, Piper; Swanson, Marco; Castel, Nikki; Maffi, Terry; Rebecca, Alanna M. (2019):** Managing barriers to recycling in the operating room. In: *American journal of surgery* 217 (4), S. 634-638. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2018.06.020.
- Barua, Uttama; Hossain, Dipita (2021):** A review of the medical waste management system at Covid-19 situation in Bangladesh. In: *Journal of material cycles and waste management* 23 (6), S. 2087-2100. DOI: 10.1007/s10163-021-01291-8.
- Cherif, Chokri; Günther, Edeltraud; Jatzwauk, Lutz; Mecheels, Stefan (Hg.) (2009):** Evaluierung von OP-Textilien. Ergebnisse einer Untersuchung nach hygienischen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten; Zusammenfassende Darstellung der Forschungsergebnisse des BMBF-Verbundvorhabens (FKZ 0330441A bis 0330446A). Dresden: Techn. Univ. Fak. Maschinenwesen Inst. für Textil- und Bekleidungstechnik. Online verfügbar unter <https://tu-dresden.de/bu/wirtschaft/bwl/bu/ressourcen/dateien/forschung/projekte/laufende/dateien/Ergebnisbrochuere-OPTEX.pdf?lang=de>, zuletzt geprüft am 14.04.2023.
- Davis, Niall F.; McGrath, Shannon; Quinlan, Mark; Jack, Gregory; Lawrentschuk, Nathan; Bolton, Damien M. (2018):** Carbon Footprint in Flexible Ureteroscopy: A Comparative Study on the Environmental Impact of Reusable and Single-Use Ureteroscopes. In: *Journal of endourology* 32 (3), S. 214-217. DOI: 10.1089/end.2018.0001.
- Deutscher Ärzteverlag (2019):** Medizinische Abfallentsorgung: Wenn Abfall nicht einfach Müll ist. Unter Mitarbeit von Redaktion Deutsches Ärzteblatt. Online verfügbar unter <https://www.aerzteblatt.de/archiv/204540/Medizinische-Abfallentsorgung-Wenn-Abfall-nicht-einfach-Muell-ist>, zuletzt aktualisiert am 28.09.2022, zuletzt geprüft am 28.09.2022.
- Eckelman, M. (2012):** Comparative life cycle assessment of disposable and reusable laryngeal mask airways. In: *Anesth Analg* 114 (5), S. 1067-1072.
- Feld, M.; Schnabel, L.; Wendt, M. (2022):** Kunststoffrecycling bei medizinischen Einmalgebrauchsprodukten. Fallstudie in der LV „Nachhaltige Produktentwicklung 3“. Pforzheim, 18.11.2022, zuletzt geprüft am 22.12.2022.
- Feld, Marie (2023):** Circular Economy für Krankenhausabfälle. Hochschule Pforzheim, Pforzheim, zuletzt geprüft am 24.07.2023.
- Friedericy, Herman J.; van Egmond, Cas W.; Vogtländer, Joost G.; van der Eijk, Anne C.; Jansen, Frank Willem (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. In: *Sustainability* 14 (1), S. 430. DOI: 10.3390/su14010430.
- Grieger, S. (2022):** Recycling von Medizinprodukten – warum es sich noch mehr lohnt. Presseinformation. Hg. v. Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS. Online verfügbar unter <https://www.iwks.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/pressemitteilungen-2022/recycling-von-medizinprodukten.html>, zuletzt aktualisiert am 28.09.2022, zuletzt geprüft am 28.09.2022.
- Grimmond, Terry Richard; Bright, Anna; Cadman, June; Dixon, James; Lud-ditt, Sally; Robinson, Clive; Topping, Clare (2021):** Before/after intervention study to determine impact on life-cycle carbon footprint of converting from single-use to reusable sharps containers in 40 UK NHS trusts. In: *BMJ open* 11 (9), e046200. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-046200.
- Hartmann, Sabrina (2023):** Online-Pressekonferenz der Deutschen Gesellschaft für Internistische Intensivmedizin und Notfallmedizin. Mittwoch, 7. Juni 2023, 11.30 bis 12.30 Uhr. Materialien für die PK. Unter Mitarbeit von Heinke Schöffmann. Stuttgart, 07.06.2023, zuletzt geprüft am 09.07.2023.
- Hoffmann, Marc; Stolze, René (2008):** Abfallmanagement an einem Krankenhaus der Maximalversorgung. Untersuchungen zum Stoffstrommanagement an dem Universitätsklinikum der Stadt Jena sowie Vorschläge zur Kosten- und Logistiko-Optimierung. Berlin: Rhombos-Verl. (Schriftenreihe des Lehrstuhls Abfallwirtschaft und des Lehrstuhls Siedlungswasserwirtschaft/Bauhaus-Universität Weimar, 20 = 9. Jahrgang (2008)).
- Hohenstein Institut für Textilinnovation (2016):** Verbesserung der Marktchancen von Mehrweg-Schutz-Textilien im Sinne des KrWG durch Erhöhung der tragephysiologischen Eigenschaften und Entwicklung von schonenderen Wiederaufbereitungsverfahren am Beispiel von OP-Textilien: Schlussbericht zum IGF-Vorhaben. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Online verfügbar unter <https://www.tib.eu/de/suchen/id/TIBKAT:890518831/Verbesserung-der-Marktchancen-von-Mehrweg-Schutz-2chash=7b1a14cbb4a888fb0e2fa962da1fddb8>, zuletzt geprüft am 14.04.2023.
- Karlner, J. (2019):** HEALTH CARE'S CLIMATE FOOTPRINT. Green paper; Climate-smart health care series. Unter Mitarbeit von S. Slotterback und Boyd, R., Ashby, B, Steele, K., September 2019, zuletzt geprüft am 16.05.2023.
- Keil, Mattis; Viere, Tobias; Helms, Kevin; Rogowski, Wolf (2022):** The impact of switching from single-use to reusable healthcare products: a transparency checklist and systematic review of life-cycle assessments. In: *European journal of public health*. DOI: 10.1093/eurpub/ckac174.
- Klik green:** Projektbeschreibung. Online verfügbar unter <https://www.klik-krankenhaus.de/das-projekt/projektbeschreibung>, zuletzt geprüft am 14.04.2023.
- Kusch, Anina; Gasde, Johannes; Derogowski, Carolin; Woidasky, Jörg; Lang-Koetz, Claus; Viere, Tobias (2021):** Sorting and Recycling of Lightweight Packaging in Germany – Climate Impacts and Options for Increasing Circularity Using Tracer-Based-Sorting. In: *Mater Circ Econ* 3 (1). DOI: 10.1007/s42824-021-00022-6.
- MacNeill, Andrea J.; Lillywhite, Robert; Brown, Carl J. (2017):** The impact of surgery on global climate: a carbon footprinting study of operating theatres in three health systems. In: *The Lancet Planetary Health* 1 (9), e381-e388. DOI: 10.1016/S2542-5196(17)30162-6.
- McGain, F. (2010):** The financial and environmental costs of reusable and single-use plastic anaesthetic drug trays. In: *Anaesth Intensive Care* 38 (3), S. 538-544.
- McGain, F. (2012):** A life cycle assessment of reusable and single-use central venous catheter insertion kits. In: *Anesth Analg* 114 (5), S. 1073-1080. Online verfügbar unter doi: 10.1213/ANE.0b013e31824e9b69. Epub 2012 Apr 4. PMID: 22492185.
- Medical recycling initiative (2021):** Medical Recycling Initiative – Medical recycling initiative. Online verfügbar unter <http://med-re.de/>, zuletzt aktualisiert am 08.09.2021, zuletzt geprüft am 28.09.2022.
- Meissner, Markus; Lichtnegger, Sabrina; Gibson, Scott; Saunders, Rhodri (2021):** Evaluating the Waste Prevention Potential of a Multi- versus Single-Use Surgical Stapler. In: *Risk management and healthcare policy* 14, S. 3911-3921. DOI: 10.2147/RMHP.S325017.
- Nguyen, Trang D. T.; Nakakubo, Toyohiko; Kawai, Kosuke (2023):** Analysis of COVID-19 waste management in Vietnam and recommendations to adapt to the „new normal“ period. In: *Journal of material cycles and waste management* 25 (2), S. 835-850. DOI: 10.1007/s10163-022-01563-x.
- NN (2008):** Werkstoffe in der Medizintechnik. Weiterbildung Sterilgutversorgung ÖGSV Fachkundelehrgang II, zuletzt geprüft am 28.09.2022.
- NN (2012):** Klinik-Management: 20 Kilo Abfall pro Klinikpatient. In: Springer Medizin Verlag GmbH, Ärzte Zeitung, 23.05.2012. Online verfügbar unter <https://www.aerztezeitung.de/Wirtschaft/20-Kilo-Abfall-pro-Klinikpatient-346038.html>, zuletzt geprüft am 28.09.2022.



Den Kreis schließen

Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen – in **Müll und Abfall** dreht sich alles darum. Mit unseren aktuellen, sorgfältig zusammengestellten Fachinformationen weisen wir Ihnen den Weg durch das Dickicht der Kreislauf- und Ressourcenwirtschaft.

- ▶ **Fachbeiträge** zu technischen, ökologischen, wirtschaftlichen, rechtlichen Aspekten
- ▶ **Nachrichten und Kurzberichte**
- ▶ **Aktuelle Stellungnahmen** der Verbände und Organisationen
- ▶ **Produktvorstellungen** aus der Industrie
- ▶ **Veranstaltungskalender** für Tagungen und Messen, Aus- und Weiterbildungen

Müll und Abfall

Fachzeitschrift für Kreislauf- und Ressourcenwirtschaft



Jetzt gratis testen ▶

ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG

Auf Wissen vertrauen

Bestellungen bitte an den Buchhandel oder:
Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG
Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin
Tel. (030) 25 00 85-229
Fax (030) 25 00 85-275
ESV@ESVmedien.de · www.ESV.info

Herausgegeben vom Erich Schmidt Verlag, Berlin
Verantw. Redakteur: Prof. Dr.-Ing. Klaus Fricke, Braunschweig
56. Jahrgang 2024, 12 Ausgaben jährlich, ca. 60 Seiten pro Heft
eJournal (inkl. Infodienst zu neuen Beiträgen mit jeder Ausgabe) und Zeitschrift

KREISLAUFWIRTSCHAFT | GESUNDHEITSWESEN

NN (2018): Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe TRBA 250. Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege. In: GMBI. 2014, Nr. 10/11 vom 27.3.2014, 02.05.2018, zuletzt geprüft am 28.09.2022.

NN (2019): Policy Brief für Deutschland. The Lancet Countdown on Health and Climate Change. Berlin, November 2019, zuletzt geprüft am 28.09.2022.

NN (2020): ETHICON startet Recycling-Projekt für Medizinprodukte am Asklepios Klinikum Harburg. Innovation made in Hamburg. Online verfügbar unter <https://www.jnjmedtech.com/de-DE/news-events/innovation-made-hamburg-ethicon-startet-recycling-projekt-fur-medizinprodukte-am>, zuletzt aktualisiert am 23.11.2020, zuletzt geprüft am 15.05.2023.

NN (2021): Vollzugshilfe zur Entsorgung von Abfällen aus Einrichtungen des Gesundheitsdienstes. Mitteilung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 18, Juni 2021, zuletzt geprüft am 28.09.2022.

NN (2023a): CO₂-Fußabdruck Gesundheitssektor. Hg. v. Bundesärztekammer. Online verfügbar unter <https://www.bundesaerztekammer.de/themen/aerzte/klimawandel-und-gesundheit/co2-fussabdruck-gesundheitssektor>, zuletzt geprüft am 16.05.2023.

NN (2023b): KLIK green. KLIK-Datenbank. Suche nach Maßnahmen. Online verfügbar unter <https://www.klik-krankenhaus.de/klik-datenbank/suche-nach-massnahmen>, zuletzt geprüft am 28.09.2022.

NN (2023c): KLIK green. Startseite. Online verfügbar unter <https://www.klik-krankenhaus.de/startseite>, zuletzt geprüft am 28.09.2022.

Overcash, M. (2012): A comparison of reusable and disposable perioperative textiles: sustainability state-of-the-art 2012. In: Anesth Analg 114 (5), S. 1055-1066.

Remondis Medison (2022): Home // REMONDIS Medison. Online verfügbar unter <https://www.remondis-medison.de/en/home/>, zuletzt aktualisiert am 28.09.2022, zuletzt geprüft am 28.09.2022.

Renewi (2022): Circularity in the operating theatre. Online verfügbar unter <https://www.renewi.com/en/about-renewi/our-role/waste-journal-articles/circularity-in-the-operating-theatre>, zuletzt geprüft am 14.04.2023.

Rodriguez Morris, Monica I.; Hicks, Andrea (2022): Life cycle assessment of stainless-steel reusable speculums versus disposable acrylic speculums in a university clinic setting: a case study. In: Environ. Res. Commun. 4 (2), S. 25002. DOI: 10.1088/2515-7620/ac4a3d.

Schuster, M. (2020): Ökologische Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie und Intensivmedizin. Positionspapier mit konkreten Handlungsempfehlungen der DGAI und des BDA. Unter Mitarbeit von Richter, H., Pecher, S., Koch, S., Coburn, M. (61). In: Anästh Intensivmed, S. 329-339. Online verfügbar unter DOI: 10.19224/ai2020.329, zuletzt geprüft am 15.05.2023.

Schuster M, Richter H, Pecher S, Koch S, Coburn M (2020): Positionspapier mit konkreten Handlungsempfehlungen*: Ökologische Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie und Intensivmedizin. Beschluss des Engeren Präsidiums der DGAI vom 16.03.2020/des Präsidiums des BDA vom 24.04.2020. In: Anästh Intensivmed 61, S. 329-339. Online verfügbar unter DOI: 10.19224/ai2020.329, zuletzt geprüft am 09.07.2023.

Siu J, Hill AG, MacCormick AD (2017): Systematic review of reusable versus disposable laparoscopic instruments: costs and safety. In: ANZ journal of surgery 87, S. 28-33. DOI: 10.1046/j.0013-0427.2003.00027.x.

Sousa, Ana Catarina; Veiga, Anabela; Maurício, Ana Collete; Lopes, Maria Ascensão; Santos, José Domingos; Neto, Belmira (2021): Assessment of the environmental impacts of medical devices: a review. In: Environ Dev Sustain 23 (7), S. 9641-9666. DOI: 10.1007/s10668-020-01086-1.

Sullivan, Gwyneth A.; Reiter, Audra J.; Hu, Andrew; Smith, Charesa; Storton, Katelyn; Gulack, Brian C. et al. (2023): Operating Room Recycling: Opportunities to Reduce Carbon Emissions Without Increases in Cost. In: Journal of pediatric surgery. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2023.04.011.

Thiel, Cassandra L.; Schehlein, Emily; Ravilla, Thulasiraj; Ravindran, R. D.; Robin, Alan L.; Saeedi, Osamah J. et al. (2017): Cataract surgery and environmental sustainability: Waste and lifecycle assessment of phacoemulsification at a private healthcare facility. In: Journal of cataract and refractive surgery 43 (11), S. 1391-1398, zuletzt geprüft am 04.08.2023.

Truppe, Michaela (2007): SUPROMED Aufbereitung und Wiederverwendung von Einweg-Medizinprodukten unter Nachhaltigkeitsaspekten – Einführung in Österreich. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Wien). Online verfügbar unter https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/fdz_pdf/enderbericht_0709_supromed.pdf, zuletzt geprüft am 14.04.2023.

TU Dresden (2017): Evaluierung von OP-Textilien nach hygienischen, ökologischen und ökonomischen Kriterien – Teilprojekt „Ökologische und ökonomische Bewertung der Wiederaufbereitung und des Erhalts der Barrierewirkung in Abhängigkeit von den Nutzungszyklen“. Online verfügbar unter https://tu-dresden.de/bu/wirtschaft/bwl/bu/forschung/forschungsprojekte/projekte/op_textilien, zuletzt aktualisiert am 2017, zuletzt geprüft am 14.04.2023.

Unger, Scott R.; Campion, Nicole; Bilec, Melissa M.; Landis, Amy E. (2016): Evaluating quantifiable metrics for hospital green checklists. In: Journal of Cleaner Production 127, S. 134-142. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.03.167.

Universitätsklinik Bonn (2022): Maßnahme Recycling chirurgischer Einweggeräte. Online verfügbar unter https://www.klik-krankenhaus.de/klik-datenbank/suche-nach-massnahmen?tx_klikdb_search%5Baction%5D=show&tx_klikdb_search%5Bcontroller%5D=Measure&tx_klikdb_search%5Bmeasure%5D=519&cHash=62e2be5c718bdf3dbd4a8c8c601e0ef, zuletzt geprüft am 14.04.2023.

Viamedica (2022): KLIK – Klimamanager für Kliniken: Suche nach Maßnahmen. Maßnahme Recycling von OP-Klammernahtgeräten. Online verfügbar unter https://www.klik-krankenhaus.de/klik-datenbank/suche-nach-massnahmen?tx_klikdb_search%5Baction%5D=show&tx_klikdb_search%5Bcontroller%5D=Measure&tx_klikdb_search%5Bmeasure%5D=497&cHash=9d8acf38ae24e279fdb37d81c3b9c6f7, zuletzt aktualisiert am 28.09.2022, zuletzt geprüft am 28.09.2022.

Volk, Rebekka; Stallkamp, Christoph; Steins, Justus J.; Yogish, Savina Padumane; Müller, Richard C.; Stapf, Dieter; Schultmann, Frank (2021): Techno-economic assessment and comparison of different plastic recycling pathways: A German case study. In: Journal of Industrial Ecology 25 (5), S. 1318-1337. DOI: 10.1111/jiec.13145.

Wagner, Veronika; Keil, Mattis; Lang-Koetz, Claus; Viere, Tobias (2023): Screening life cycle assessment of medical workwear and potential mitigation scenarios. In: Sustainable Production and Consumption 40, S. 602-612. DOI: 10.1016/j.spc.2023.07.026.

Wirbelauer, C.; Geerling, G. (2022): Ressourceneinsatz in der Kataraktchirurgie – Mehr Müll geht (n)immer. In: Die Ophthalmologie 119 (6), S. 561-566. DOI: 10.1007/s00347-022-01629-z.

Wirth, L.; Spengler, R.; Rando, S.; Mühlbauer, J.; Haas-Adam, J. (2023): MEEEMO. Wohin mit dem Müll? Entwicklung eines Erfassungsinstrumentes von Materialströmen im OP am Beispiel von Katarakt-OPs. Projektarbeit. BAME 18.15. Saarbrücken, 2023, zuletzt geprüft am 01.04.2023.

Yarahmadi, Nazdaneh; Jakubowicz, Ignacy; Enebro, Jonas; Høije, Anders (2019): Sustainable management of plastic waste from hospitals. Online verfügbar unter <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1549580/FULLTEXT01.pdf>, zuletzt geprüft am 11.04.2023.

Zepf, Katja (2023): Fokus auf Nachhaltigkeit. B.Braun SE. Medizintechnik: Nachhaltigkeit made in THE LÄND. Biopro BW GmbH, 15.02.2023, zuletzt geprüft am 16.03.2023.

Anschrift des Autors

Stellv. für die Co-Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Jörg Woidasky

Hochschule Pforzheim

Tiefenbronner Str. 65, 75175 Pforzheim

Tel.: (0 72 31) 28 64 89

Fax: (0 72 31) 28 60 57

E-Mail: joerg.woidasky@hs-pforzheim.de

www.hs-pforzheim.de