

INSTITUT FÜR
INNOVATION UND
TECHNIK

Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft im Gesundheitssektor

Silvia Raggam, Ulrike Schünemann, Theresa Constanze Sichter

Impressum

Herausgeber

Institut für Innovation und Technik (iit)
in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Steinplatz 1
10623 Berlin
Tel.: +49 30 310078-5599
Fax: +49 30 310078-216
E-Mail: info@iit-berlin.de
www.iit-berlin.de

Autorinnen

Silvia Raggam
Ulrike Schünemann
Theresa Constanze Sichler

Kontakt

Ulrike Schünemann
Tel.: +49 30 310078-287
ulrike.schuenemann@vdivde-it.de

Layout

Poli Quintana

Bildnachweis

[ipopba – stock.adobe.com](https://www.adobe.com/stock/)

Berlin, Juli 2023

ISBN 978-3-89-750256-7

Inhalt

Abstract	4
1 Einleitung	5
2 Juristischer Hintergrund	7
2.1 Nachhaltigkeit und Klimaschutz	7
2.2 Abfall und Ressourcen	7
2.3 Medizinprodukte, In-Vitro-Diagnostika und Arzneimittel	7
2.4 Gebäudetechnik – Krankenhaus, OP, Labor	8
3 Stand der Technik	9
3.1 Rohstoffverbrauch	9
3.2 Reduktion der Umweltbelastung von pharmazeutischen Produkten	9
3.3 Lebenszyklus von Medizinprodukten	11
3.4 Abfallströme im Klinikalltag	11
3.5 Maßnahmen zur Energieeinsparung	12
4 Förderprogramme und Projekte	14
4.1 Initiativen und Netzwerke	14
4.2 Gütesiegel	14
4.3 Praxisbeispiele	15
5 Hemmschwellen auf dem Weg zum klimaneutralen Gesundheitssektor	16
6 Zusammenfassung und Ausblick	17
6.1 Klimaschutzmaßnahmen im Gesundheitssektor	17
6.2 Ressourcenschutz im Gesundheitssektor	17
6.3 Weitere Maßnahmen im Kontext des Gesundheitssektors	18
7 Quellennachweise	19

Abstract

Der Schutz von Klima und Ressourcen muss in allen Sektoren Deutschlands stark steigen, um den täglichen Verbrauch mit den natürlich vorkommenden Ressourcen ins Gleichgewicht zu bringen. Dies betrifft auch den Gesundheitssektor. Vor dem Hintergrund, dass ein stabiles Klima für die Gesundheit essentiell ist, sollte der Klimaschutz für alle Beteiligten im Gesundheitssektor ein maßgebliches Ziel sein.

In dieser Studie werden im ersten Teil die gesetzlichen Rahmenbedingungen und der Stand der Technik erläutert, um aufzuzeigen, welche Chancen und Probleme sich im Gesundheitssektor in Bezug auf Klima- und Ressourcenschutz ergeben. Anschließend folgt im zweiten Teil ein Überblick zu bereits vorhandenen Förderprogrammen und Projekten, die Rückschlüsse auf aktuelle Herausforderungen für einen klimaneutralen und ressourcenschonenden Gesundheitssektor zulassen.

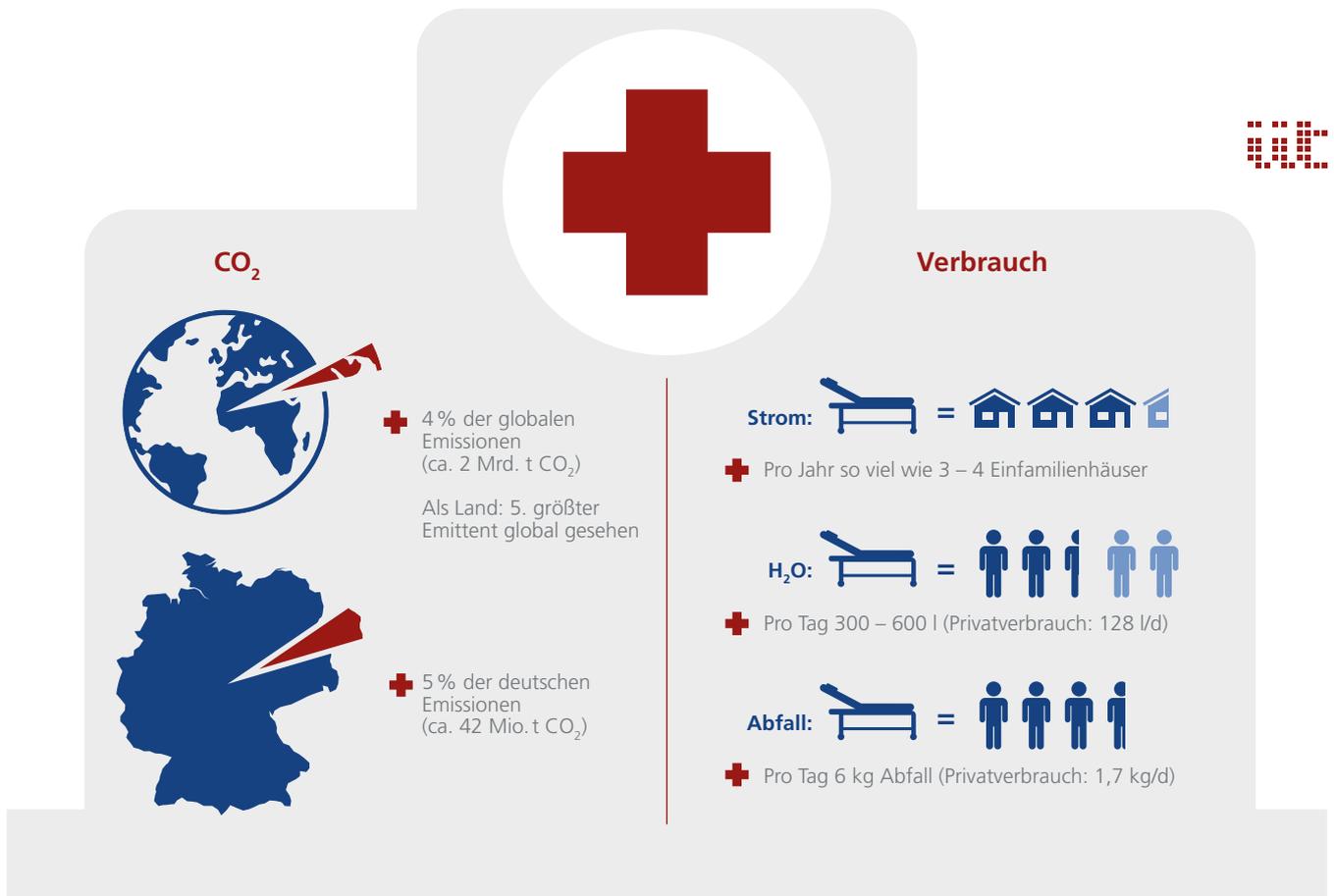
Der Fokus in diesem Beitrag liegt auf nationaler Ebene und die Einordnung in den globalen bzw. EU-Kontext ist auf einzelne Stellen beschränkt. Als Schwerpunkte innerhalb des Gesundheitssektors werden insbesondere die Kliniken und die Produktion entsprechender Konsumprodukte (Arzneimittel, Medizinprodukte etc.) hinsichtlich ihrer ökologischen Nachhaltigkeit und Klimawirkungen betrachtet.

1 Einleitung

In der medizinischen Versorgung haben therapeutische Wirksamkeit und Gesundheitsschutz der Patient:innen höchste Priorität. Ökologische Nachhaltigkeit und Klimaschutz sind bisher oft nur einzelne Aspekte, die positiv bewertet werden und gegebenenfalls zu einer besseren Gesamteinschätzung beitragen, aber nicht vorausgesetzt werden. Dabei haben Krankenhäuser einen großen Anteil an den Emissionen im Gesundheitssektor: Jedes Krankenhausbett verbraucht im Vergleich zu Privathaushalten ein Vielfaches an Energie und Ressourcen (s. Abbildung 1).

Ökologische Nachhaltigkeit und Klimaschutz werden im Gesundheitssektor zwar immer häufiger berücksichtigt, insgesamt besteht allerdings noch ein hoher Handlungs- und Entwicklungsbedarf. In den vergangenen Jahren wurden diverse Projekte und Vorhaben sowie Unternehmen gegründet, deren Ziel mehr Nachhaltigkeit und Klimaschutz ist.

Abbildung 1: links CO₂ Ausstoß des Gesundheitssektors weltweit und deutschlandweit (Karlner et al. 2019, S. 19 ff.); rechts: Verbrauch von Wasser (Braun et al. 2015, S. 10) und Elektrizität (viamedica 2016, S. 5) sowie Abfallaufkommen (Lenzen-Schulte 2019, S. 1) pro Krankenhausbett verglichen mit Verbrauch und Haushaltsabfällen in Privathaushalten (DESTATIS 2022a, 2022b)



Die COVID-19-Pandemie hat jedoch die Schwierigkeit verdeutlicht, Anforderungen an den Gesundheitsschutz mit Aspekten der Nachhaltigkeit zu vereinen. In den Jahren 2020 und 2021 sind enorme Abfallmengen entstanden: vor allem durch einen nie zuvor dagewesenen Bedarf und gleichzeitig essentiell notwendigen Einsatz von Gesichtsmasken, Schutzkleidung und Schnelltests. Laut Schätzungen ist weltweit zusätzlicher Abfall in Höhe von 3,4 Milliarden Einweg- oder Gesichtsmasken täglich angefallen (Benson et al. 2021:4). Der Zeitdruck während der Pandemie schränkte außerdem die Möglichkeiten ein, sich den Themen Nachhaltigkeit und Kreislauffähigkeit vollumfänglich zu widmen. Erst im Nachgang ist das Thema verstärkt in den Fokus gerückt, um beispielsweise im Fall nicht auszuschließender weiterer Pandemien besser vorbereitet zu sein.

Welche Maßnahmen die größten Potenziale haben und wie Klimaschutz im Gesundheitssektor zukünftig noch mehr gelebt werden kann, wird in der Zusammenfassung und dem Ausblick der Studie dargestellt.

2 Juristischer Hintergrund

Im Gesundheitssektor existiert eine Vielzahl an gesetzlichen Vorgaben, die die Handlungsmöglichkeiten bezüglich der Nachhaltigkeit teilweise erschweren – damit unterscheidet sich die Branche in vielerlei Hinsicht von anderen (s. Abbildung 2). Hintergrund ist, dass eine Gefährdung von Mensch, Umwelt und öffentlicher Sicherheit ausgeschlossen werden muss. Die folgende Übersicht stellt zusammenfassend die wichtigsten Regelungen vor.

2.1 Nachhaltigkeit und Klimaschutz

Im geänderten Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG 2019) wurde festgelegt, dass die Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 1990 schrittweise gemindert werden – nach § 3 KSG um mindestens 65 Prozent bis zum Jahr 2030 und um mindestens 88 Prozent bis zum Jahr 2040. Bis zum Jahr 2045 soll die Netto-Treibhausgasneutralität und nach dem Jahr 2050 sollen negative Treibhausgasemissionen erreicht werden.

Das deutsche Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG 2021) regelt seit Januar 2023 die Einhaltung von Menschenrechten, Umweltschutz und Arbeitssicherheit entlang der Lieferkette. Im Februar 2022 legte die EU-Kommission einen Vorschlag für ein deutlich strengeres europäisches Lieferkettengesetz vor, welches eine Nachschärfung des LkSG erfordern wird. In der Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD) sollen in der EU tätige Unternehmen verpflichtet werden, sowohl Menschenrechte als auch Umweltschutz und die Klimaziele zu berücksichtigen.

Im Januar 2023 trat auf EU-Ebene die Corporate Sustainability Reporting Directive (Richtlinie 2022/2464/EU) in Kraft. Sie muss in Deutschland und allen anderen EU-Mitgliedsstaaten innerhalb von 18 Monaten in nationales Recht überführt werden und soll bestehende Lücken bei den Berichtsvorschriften schließen und die Nachhaltigkeitsberichterstattung insgesamt ausweiten.

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz plant das Vergaberecht mit einem „Vergabetransformationspaket“ zu ändern (BMWK 2022). Dazu fand im Februar 2023 ein öffentliches Konsultationsverfahren statt. Es ist geplant, die öffentliche Beschaffung und Vergabe noch wirtschaftlicher, sozialer, ökologischer und innovativer auszurichten und gleichzeitig, die Verbindlichkeit zu stärken. Außerdem sind u.a. Mindestquoten für klimafreundliche Produkte vorgesehen. Wenn das Vergaberecht in diesem Sinne geändert wird, unterstützt es öffentliche Kliniken, die daran gebunden sind, Kriterien der Nachhaltigkeit bei ihren Vergabeentscheidungen zu berücksichtigen.

2.2 Abfall und Ressourcen

Für die Vermeidung, Bewirtschaftung und Entsorgung von Abfällen in Einrichtungen im Gesundheitsdienst gelten die Regelungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG 2012). Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) regelt die Handhabung von Abfällen im Gesundheitssektor und hat zum Ziel, eine möglichst ländereinheitliche Umsetzung des Abfallrechts sicherzustellen. Die LAGA hat im Juni 2021 eine überarbeitete „Vollzugshilfe zur Entsorgung von Abfällen aus Einrichtungen des Gesundheitsdienstes“ veröffentlicht (vgl. LAGA 2021): Gemäß dieser werden die Abfälle je nach Herkunft, Art, Beschaffenheit und Zusammensetzung der Abfallverzeichnisverordnung (AVV 2001) zugeordnet und nach ihrer Gefährlichkeit eingestuft. Beispielsweise müssen die infektiös eingestuft Abfälle nach § 9a KrWG getrennt erfasst und mit einem thermischen Verfahren nach Vorgaben des Robert Koch-Institutes behandelt werden.

2.3 Medizinprodukte, In-Vitro-Diagnostika und Arzneimittel

Die Verordnung über Medizinprodukte (MDR – Medical Device Regulation) (EU) Nr. 2017/745 und die Verordnung für In-Vitro-Diagnostika bzw. IVDR (EU) Nr. 2017/746 regeln die Entwicklung, Herstellung und Vermarktung von Medizinprodukten bzw. In-Vitro-Diagnostika. Das 2020 erlassene nationale Medizinprodukterecht-Durchführungsgesetz (MPDG 2020) ergänzt die EU-Verordnungen um nationale Vorgaben. Anforderungen an Herstellung und Zulassung von Arzneimitteln sind in Deutschland über das Arzneimittelgesetz (AMG 1976) geregelt. Auf EU-Ebene sind die wichtigsten Regelungen diesbezüglich der Gemeinschaftskodex für Humanarzneimittel (Richtlinie 2001/83/EG) und die Verordnung (EG) Nr. 726/2004 zur zentralisierten Zulassung und Überwachung von Arzneimitteln.

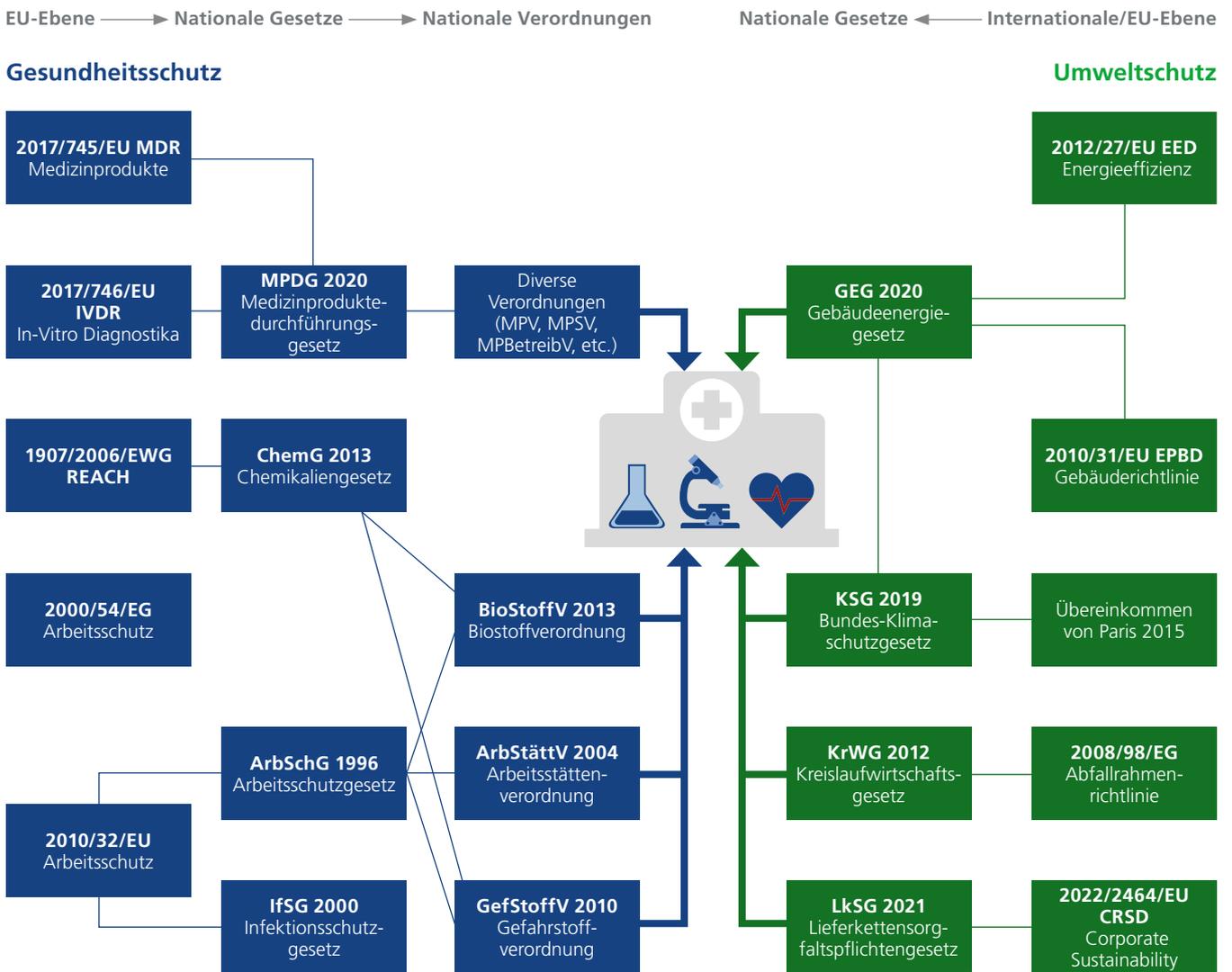
Die bestehenden Regelungen haben einen maßgeblichen Einfluss auf u. a. die Kreislauffähigkeit sowie auf den Einsatz und Verbrauch von Ressourcen.

2.4 Gebäudetechnik – Krankenhaus, OP, Labor

Wie andere Arbeitsstätten fallen auch Labore, Krankenhäuser und Kliniken unter das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG 1996) und die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV 2004) mit den zugehörigen technischen Regelungen insbesondere zu Lüftung und Gebäudeleittechnik. Unter den Regelungsbereich des Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) fallen alle beheizten und klimatisierten Gebäude, eine Novellierung ist mit dem Jahr 2023 in Kraft getreten. Insbesondere für Neubauten wird hier nach § 15 GEG

eine hohe Energieeffizienz gefordert mit maximal 55 Prozent Primärenergieverbrauch eines gesetzlich festgelegten Referenzwerts. Bei Modernisierungen greifen Austausch- und Nachrüstpflichten für Heiz- und Kühltechnik abhängig vom Alter und Vorgaben zur Wärmedämmung. Über die Umsetzung sollen die Ziele des KSG 2019 realisiert werden, im Gebäudebereich bis zum Jahr 2030 68 Prozent der CO₂-Emissionen im Vergleich zum Referenzjahr 1990 einzusparen (nach Anlage 2 zu § 4 KSG) und bis 2045 eine Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen.

Abbildung 2: Der Gesundheitssektor im gesetzlichen Spannungsfeld von Gesundheits- und Umweltschutz



3 Stand der Technik

3.1 Rohstoffverbrauch

Im Jahr 2016 lag der gesamte indirekte Rohstoffverbrauch des Gesundheitssektors in Deutschland bei 107 Millionen Tonnen. Nach einer vom Umweltbundesamt beauftragten Studie zur Ressourcenschonung im Gesundheitssektor (Ostertag et al. 2021:56) sind die Bereiche mit dem höchsten Rohstoffaufwand die chemischen Erzeugnisse mit 29,4 Prozent, Nahrungsmittel und Getränke mit 26,6 Prozent, Energie mit 11,4 Prozent und Medizinprodukte mit 6,0 Prozent (vgl. Abbildung 3). Um die Anteile zu berechnen, wurde die Input-Output Datenbank EXIOBASE verwendet, welche multiregional arbeitet und somit die Lieferbeziehungen zwischen den Wirtschaftsbereichen abbilden kann. Es handelt sich jedoch um keine nach Umweltrelevanz gewichtete Bilanz. Im Folgenden werden insbesondere die für den Gesundheitssektor spezifischen Bereiche der Medizinprodukte, Arzneimittel, Abfallanfall und Energieverbrauch näher beleuchtet.

3.2 Reduktion der Umweltbelastung von pharmazeutischen Produkten

Im Jahr 2021 wurden etwa 1,5 Milliarden Packungen Arzneimittel in Deutschland verkauft – im Jahresvergleich (2017–2021) ist der Absatz konstant geblieben mit moderaten Schwankungen (vgl. BAH 2021:9). Zusätzlich zur oftmals Energie-, Wasser- und Chemikalien-intensiven Produktion gibt es Arzneimittel, welche besonders umweltrelevant sind. Im Jahr 2011 wurden im Auftrag des Umweltbundesamts 24 prioritäre Stoffe aus dem Bereich der Arzneimittel identifiziert aufgrund ihres ökotoxikologischen Wirkpotenzials, des Vorkommens in Grund- und Oberflächengewässern und der Verbrauchsmengen sowie deren Verbrauchsentwicklung (in den Jahren 2002 bis 2009). Dazu zählen beispielsweise Schmerzmittel wie Paracetamol, Naproxen und Diclofenac, Breitband-Antibiotika wie Amoxicillin, Ciprofloxacin und Doxycyclin sowie der Betablocker Metoprolol (Bergmann et al. 2011:44ff.). Weitere prioritär eingestufte Beispiele sind die Wirkstoffe der Anti-Baby-Pille 17 α -Ethinylestradiol und 17- β -Estradiol, die schon in geringsten Mengen (ng/l) die Reproduktion von Fischen beeinträchtigen (Rehberger et al. 2020). Eine umweltrelevante Gefahr besteht zudem bei Narkosegasen, die nicht metabolisiert werden und unverändert über den Atem in die Umwelt gelangen. Dabei handelt es sich um hochpotente Treibhausgase, die die anfallenden Treibhausgasemissionen im Gesundheitssektor maßgeblich beeinflussen: Sie bilden einen Anteil von bis zu 35 Prozent der Treibhausgasemissionen eines Krankenhauses (Koch et al. 2020:454f.). Von den Narkosegasen weist insbesondere Desfluran ein sehr hohes Treibhauspotenzial auf und wirkt auf einen Bezugszeitraum von 100 Jahren mit dem Faktor 2540 schädlicher als CO₂ (Sulbaek Andersen et al. 2012). Der Einsatz von Desfluran sollte aus klimapolitischer Perspektive

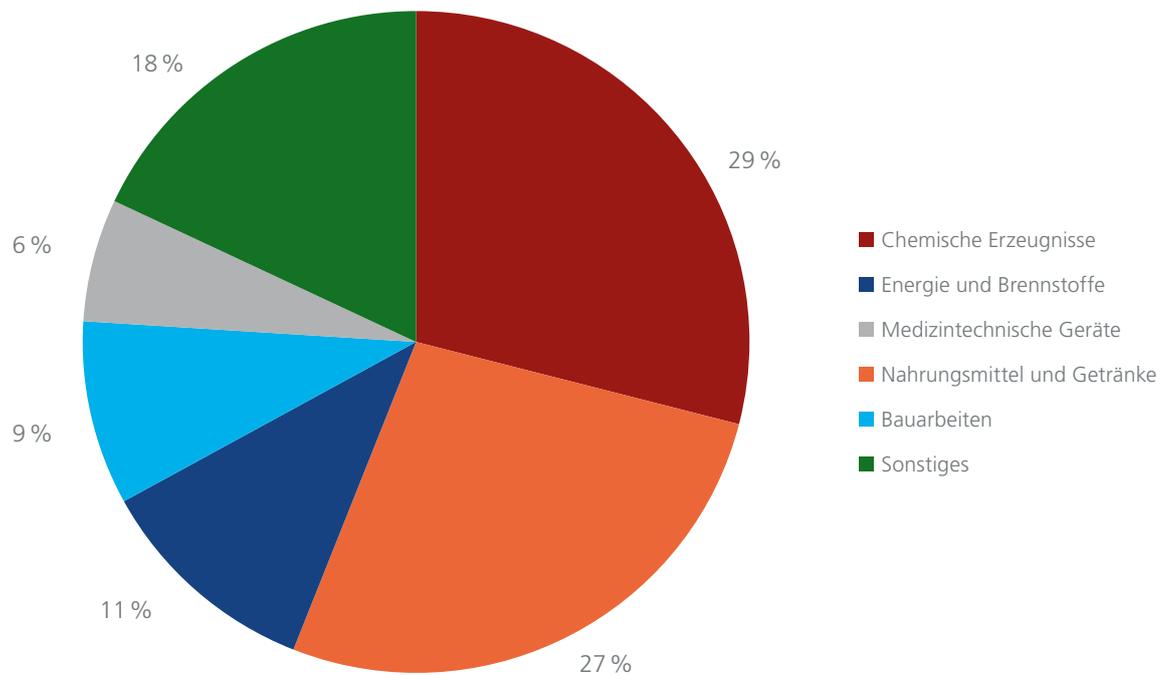
Definitionen

- **Medizinprodukte** umfassen diverse Produkte aus dem medizinischen Bereich, die zu therapeutischen oder diagnostischen Zielen eingesetzt werden, nicht jedoch auf metabolische oder immunologische Weise (Arzneimittel).
- **In-Vitro-Diagnostika** gehören zu den Medizinprodukten. Sie sind zur Laboruntersuchung von aus dem menschlichem Körper entnommenen Proben vorgesehen.
- **Nachhaltigkeit** bezieht sich auf eine langfristig angelegte und nicht zerstörerische Ressourcennutzung, wobei je nach Kontext der Fokus auf wirtschaftlichen, sozialökologischen oder umweltorientierten Aspekten liegen kann. In diesem Beitrag wird der Nachhaltigkeitsbegriff im Umweltkontext benutzt.
- **Rebound-Effekte** bezeichnen das Phänomen, wenn eine Effizienzsteigerung keine Emissions- oder Kostensenkung hervorruft. Diese Effekte können durch eine intensivere Nutzung und zusätzliche Anschaffungen dieser oder anderer energieintensiver Produkte bzw. Dienstleistungen hervorgerufen werden.
- **CO₂-Emissionen** in diesem Beitrag sind stets als CO₂-Äquivalente zu verstehen, mit denen das relative Treibhauspotential gegenüber der Referenz CO₂ ausgedrückt wird.

mittels strenger Indikationen beschränkt werden. CO₂-Emissionen durch den Einsatz totaler intravenöser Anästhesie können bis zu vier Größenordnungen unter derjenigen der Anästhesie mit Narkosegas liegen (Conway et al. 2020). In einer Mitteilung mit dem Titel „Strategischer Ansatz der Europäischen Union für Arzneimittel in der Umwelt“ identifizierte die europäische Kommission im Jahr 2019 sechs Handlungsfelder in Bezug auf Maßnahmen gegen Umwelteinwirkungen von Pharmazeutika. Diese beinhalten:

- 1 die Sensibilisierung und Förderung von bedachtem Umgang mit Arzneimitteln,
- 2 die Förderung von Entwicklungen weniger umweltbelastender Pharmazeutika und von „grünem Design“,
- 3 die Verbesserung der Umweltverträglichkeitsprüfung und deren Überprüfung,
- 4 die Abfallreduzierung und ein verbessertes Abfallmanagement im Bereich der Arzneimittel,

Abbildung 3: Rohstoffkonsum im deutschen Gesundheitssektor 2016 (insgesamt 107 Mio. Tonnen), eigene Darstellung nach Ostertag et al. (2021:62)



5 die Erweiterung der Umweltüberwachung sowie
6 das Schließen von Wissenslücken in diesem Bereich.
(vgl. Europäische Kommission 2019)

Auch die Innovative Medicines Initiative (IMI), eine Kooperation zwischen der Europäischen Kommission und dem Dachverband der europäischen Pharmaindustrie, unterstützt u. a. Projekte, um Ressourcen zu schonen und Umwelteinwirkungen zu untersuchen. Im Projekt CHEM21 wurden beispielsweise alternative und nachhaltige Herstellungsverfahren für Wirkstoffe (vor allem unentbehrliche Arzneimittel) entwickelt, welche sehr ressourcenintensive Prozesse aufweisen. Der Herstellungsprozess von Fucytosinen (zur Behandlung von fungaler Meningitis und HIV) konnte von vier Herstellungsschritten auf einen reduziert werden, wodurch Energie, Rohstoffe und Abfall und damit auch Kosten und Umwelteinwirkung herabgesenkt werden konnten (vgl. IMI 2019). Im Projekt iPiE (Intelligent Assessment of Pharmaceuticals in the Environment) wurde ein online Tool entwickelt, welches u. a. die Umweltoxizität von Wirkstoffen aufführt und somit als vielseitig anwendbare Informationsgrundlage dient (vgl. IMI 2022).

Ein wichtiger Ansatzpunkt für mehr Nachhaltigkeit von Arzneimitteln liegt bei den Zulassungsverfahren. Seit 1996 ist in Deutschland die Umweltbewertung Bestandteil zur Sensibilisierung, dient jedoch nicht als Entscheidungskriterium. Ein weiterer Punkt liegt bei Rabattverträgen zwischen Krankenkassen und Arzneimittelherstellern, die den Patient:innen Zugang zu Arzneimitteln zu Preisen gemäß dem vorgegebenen Festbetrag ohne Mehrkosten ermöglichen. Die Vergabe der Rabattverträge beruht bislang hauptsächlich auf herkömmlichen ökonomischen Aspekten.

Seitens der Produktion gibt es einige Ansätze von Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft in der deutschen chemischen Industrie für Arzneimittelherstellung. Die Anwendung von Ökobilanzen sowie andere Bereiche des Umweltmanagements sind in der internationalen Umweltmanagementnorm ISO 14001 geregelt, nach der sich Unternehmen für jeweils vier Jahre zertifizieren lassen können und die auch in deutschen Pharmaunternehmen Anwendung findet (z. B. drei der Standorte von Böhlinger Ingelheim, Merck group, B. Braun AG).

3.3 Lebenszyklus von Medizinprodukten

Medizinprodukte umfassen die gesamte im Gesundheitssystem eingesetzte Technik, wie beispielsweise Röntgengeräte, chirurgische Instrumente, Infusionspumpen, medizinische Schutzausrüstung sowie Geräte bzw. Bedarf im klinischen Labor (VDI-Richtlinie 5800:33ff.).

Abgesehen vom Verbrauchsmaterial, welches nach der Verwendung entsorgt werden muss, werden auch kleinere Medizinprodukte, beispielsweise medizinische Instrumente wie Pinzetten, Scheren, Nadelhalter etc., oft als Einwegprodukte ausgeführt und nach ihrer Verwendung entsorgt. Einweginstrumente aus Metall (Edelstahl) verfügen dabei über Sicherheitsmarkierungen, um sie schnell und zuverlässig von Mehrweginstrumenten (rostfreie Stahllegierung) unterscheiden zu können. An Mehrwegprodukte werden insgesamt erhöhte Qualitätsanforderungen gestellt. Sie sind in der Regel feiner gestaltet und müssen sowohl wiederaufbereitbar als auch nach mehrmaliger Benutzung steril und voll funktionsfähig sein. Daher weisen Einwegprodukte normalerweise geringere Herstellungskosten auf und es kann ein erhöhter Umsatz erzielt werden. Obwohl Mehrweginstrumente nicht gänzlich durch Einweginstrumente ersetzt werden können, bietet deren Einsatz auch aus Anwendersicht diverse Vorteile. Beispielsweise ist eine lange Sterilität gewährleistet, deren Verantwortung beim Hersteller liegt, und der Zeit-, Personal- sowie Kostenaufwand zur Instrumentenaufbereitung entfällt. Aus diesen Gründen nimmt die Verbreitung von Einweginstrumente stetig zu. Der bundesweite jährliche Verbrauch wird auf etwa 15 Millionen Stück geschätzt (vgl. dpa 2020; RND et al. 2020). Aus ökologischen Gesichtspunkten, insbesondere zur Schonung von Ressourcen, überwiegen jedoch eindeutig die Vorteile der Mehrweginstrumente. Es sollten daher mehr Anreize geschaffen werden, um die Verwendung von Mehrweginstrumenten zu unterstützen (Ostertag et al. 2021:118). Bei großen medizintechnischen Geräten hat sich in einigen Firmen (Siemens Healthineers, General Electric, Philips) ein Geschäftsmodell der Instandsetzung, Überholung und Wiederverwendung entwickelt. Hierbei werden bei z. B. MRT-, CT- und Röntgengeräten defekte Komponenten ausgetauscht, oder sie erhalten Updates, sodass sie mit neuer Software kompatibel sind. (Ostertag et al. 2021:119f.)

Bei großen bzw. komplexen Medizinprodukten wird im Produktdesign vor allem darauf geachtet, den Verbrauch von Energie und Ressourcen während der Nutzungsphase zu reduzieren. Bei weniger komplexen Geräten konzentriert sich der Nachhaltigkeitsgedanke auf den Herstellungsprozess. Das Unternehmen B.Braun führt beispielsweise bei Produkten, die in hoher Quantität gebraucht werden, Lebenszyklusanalysen durch, um die Nachhaltigkeit zu verbessern. Basierend darauf wurde eine Bikarbonat Kartusche (Sol-Cart B) für die Hämodialyse entwickelt, bei der durch den Verzicht auf Kunststoffbeutel Plastikeinspa-

rungen von 87 Prozent realisiert werden konnten. (vgl. B.Braun SE 2021:28).

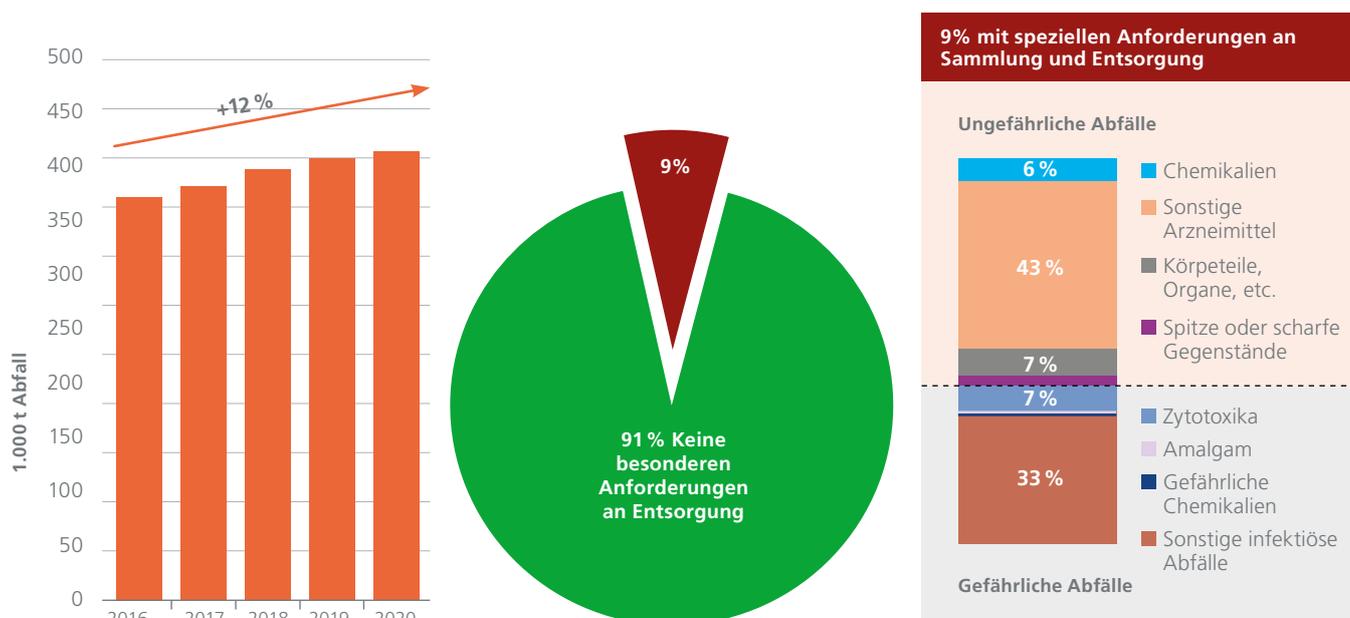
Weiterhin würde auch ein Einsatz von Kunststoffrezyklaten viele ökologische Vorteile mit sich bringen. Gemäß einer Handreichung des Umweltbundesamts (Müller et al. 2021:12ff.) gibt es bei dem Großteil der Anwendungsfälle keine Qualitätseinbußen durch den Einsatz von PCR-Kunststoff (Post Consumer Rezyklate). Allerdings gelten in der Medizintechnik strenge Vorschriften in Bezug auf die Materialreinheit, sodass der Einsatz von Rezyklaten bei Medizinprodukten bisher nicht möglich und noch kein für die Medizintechnik validierter PCR-Kunststoff verfügbar ist. Ebenso können auch Späne aus hochwertigen Metallen als Sekundärrohstoffe aufgrund regulatorischer Vorgaben nicht direkt in Medizinprodukten verwendet werden. Es gibt jedoch Ausnahmen: Produkte, die nicht direkt mit Patient:innen in Kontakt kommen, können mitunter aus Sekundärrohstoffen gefertigt werden, beispielsweise metallene Sterilcontainer (vgl. Oppermann 2022a).

3.4 Abfallströme im Klinikalltag

Im Jahr 2020 fielen in Deutschland rund 422.000 Tonnen humanmedizinische und tierärztliche Abfälle aus der direkten Behandlung an (vgl. DESTATIS 2023). Auffällig ist, dass der klinikspezifische Abfallanfall im Gesundheitssektor seit Jahren kontinuierlich ansteigt, mit einem Plus von 12 Prozent allein in den Jahren von 2016 bis 2020 (vgl. Abbildung 4). In Krankenhäusern können unterschiedlichste Abfallarten entstehen. Dazu zählen hausmüllähnliche Abfälle und klinikspezifische Abfälle mit 16 verschiedenen Abfallarten nach Abfallschlüssel (vgl. LAGA 2021:5ff.). Von diesen spezifischen Abfällen gelten für rund 91 Prozent keine speziellen Anforderungen bei der Entsorgung, da es sich um unbedenkliches, nicht infektiöses Material handelt (vgl. Abbildung 4). Diese Fraktion steht prinzipiell für eine Abfalltrennung analog zum privaten Bereich zur Verfügung. Genaue Zahlen zur Trennrate dieser Fraktion stehen nicht zur Verfügung, allerdings handelt es sich größtenteils um Restmüllähnliche Bestandteile wie Windeln, Bandagen etc. Insgesamt gibt es jedoch Hinweise, dass in Krankenhäusern wegen des Zeitdrucks und anderer Faktoren der unbedenkliche, klinikspezifische Abfall (Windeln etc.) und nicht spezifischer Abfall (Küchenabfälle, Papier etc.) unzureichend getrennt werden und häufig als Restmüll enden (vgl. Garrelts 2022:11ff.; Grah et al. 2022:84 ff.). Restmüll wird in Deutschland größtenteils über Abfallverbrennung oder in wenigen Fällen über Deponierung nach mechanisch-biologischer Vorbehandlung entsorgt (vgl. NABU 2023).

Von den 9 Prozent an klinikspezifischen Abfällen mit besonderen Anforderungen zählen rund 40 Prozent zu den gefährlichen Abfällen, vor allem aufgrund der Infektionsgefahr. Gefährliche Ab-

Abbildung 4: Menge der klinikspezifischen Abfälle (als Input der Entsorgungsanlagen) im Gesundheitswesen im Jahresverlauf und Zusammensetzung 2020 (eigene Darstellung nach DESTATIS 2023)



fälle sind registerpflichtig und stehen nach §49 KrWG unter Nachweispflicht. Sie verpflichten zur Führung von Entsorgungsnachweisen, Begleit- und Übernahmescheinen.

Bei geringem Abfallaufkommen können ungefährliche Abfälle mit dem Siedlungsabfall ohne besondere Zuordnung zu einem Abfallschlüssel entsorgt werden. Dies ist z. B. der Fall bei kleinen Arzt-, Zahnarzt- und Tierarztpraxen sowie Apotheken. Bei größerem Aufkommen, wie in Krankenhäusern, werden die Abfallarten je nach Schlüsselnummern einzeln betrachtet und unterliegen speziellen Anforderungen in Sammlung und Verwertung (vgl. Tabelle 1).

Abfälle, die bereits dort, wo sie anfallen, getrennt gesammelt werden, nicht kontaminiert sind und nicht aus der direkten Behandlung von Patient:innen stammen, können anderen Abfallschlüsseln zugeordnet werden und haben danach andere bzw. geringere Anforderungen bei der Entsorgung. Darunter fallen u. a. Verpackungen, Elektroaltgeräte, Batterien und Akkus sowie Speiseabfälle (vgl. LAGA 2021:15 ff.).

3.5 Maßnahmen zur Energieeinsparung

Um im Gesundheitsbereich Energie zu sparen, sind bereits viele Maßnahmen im Einsatz. Eine gute Übersicht über schnell umsetzbare und tendenziell geringinvestive Maßnahmen bietet die kostenlose Datenbank aus dem KLIK green-Projekt mit rund 140 im Rahmen des Projekts umgesetzten Maßnahmen an verschiedenen Krankenhäusern und Kliniken (vgl. Kapitel 4). Einen großen Anteil haben hier Austauschmaßnahmen: etwa veraltete Beleuchtung im Tausch gegen LED-Technik, Umrüstung der Heizungstechnik auf Hocheffizienzpumpen sowie der Austausch einzelner Motoren gegen Geräte mit höherer Effizienzklasse. Der Austausch von Fenstern kann zudem häufig die Energieeffizienz von Gebäuden signifikant erhöhen. Höher investive Maßnahmen, um den Bedarf an Fremdstrom zu begrenzen, sind die Installation von Photovoltaikanlagen und Blockheizkraftwerken. Der Bezug von grünem Strom kann den CO₂-Verbrauch stark reduzieren. Andere Maßnahmen zielen zunehmend auf eine intelligentere Energienutzung ab, so etwa Bewegungsmelder zur Steuerung der Beleuchtung, eine smarte und bedarfsgerechte Steuerung des Wäschereibereichs in Krankenhäusern sowie intelligente Gebäudeleittechnik. Darunter fällt auch die Abschalt-

Tabelle 1: Wichtige Abfallschlüssel im Gesundheitssektor

Schlüssel-Nr.	Erklärung	Beispiele	Sammlung	Verwertung
180101	Spitze und scharfe Gegenstände	gebrauchte Kanülen, Skalpelle	bruch- und stichsichere Einwegbehältnisse	Verbrennung in Siedlungsabfallverbrennungen (thermische Verwertung)
180102	Körperteile und Organe, einschließlich Blutbeutel und Blutkonserven	nicht zum Einsatz gekommene Blutkonserven	in geschlossenen Behältnissen zur zentralen, innerbetrieblichen Sammelstelle	Verwertung in zugelassener Verbrennungsanlage; evtl. Verwertung Blutbestandteile
180103*	Abfälle mit besonderen Anforderungen aus infektionspräventiver Sicht	Infektiöse Körperteile, spitze Gegenstände oder andere infektiöse Abfälle	am Ort des Anfallens in reißfesten, feuchtigkeitsbeständigen und dichten Behältnissen	ohne vorheriges Verdichten in einer zugelassenen Anlage (gemäß DIN 58949-3)
180104	Abfälle ohne besondere Anforderungen aus infektionspräventiver Sicht	gebrauchte Verbände, Wäsche, Einwegkleidung, Windeln	in dichten Behältnissen	in zugelassener Anlage thermisch verwertet
180106*	Chemikalien aus gefährlichen Stoffen	Säuren, Laugen, halogenierte Lösungsmittel etc.	getrennt	laut Herstellerinformation
180109	Nicht gefährliche Arzneimittel	Altarzneimittel, Röntgenkontrastmittel, Infusionslösungen	Mit gemischten Abfällen entsorgt (missbräuchlicher Zugriff durch Dritte muss unterbunden werden)	thermische Verwertung
180110*	Amalgamabfälle aus der Zahnmedizin	Amalgamrückstände, extrahierte Zähne mit Amalgamfüllungen	Gesondert gesammelt	zugelassene Abfallentsorgungsanlage zur Metallrückgewinnung

*gefährliche Abfälle

tion der energieintensiven Raumlufttechnik im OP-Bereich außerhalb der Nutzungszeit und die automatisierte Steuerung der Gebäudeleittechnik in Zimmern von Patient:innen über Smart Rooms (vgl. BUND 2023b).

Einen Spezialfall stellen medizinische Labore dar, in denen Ultratiefkühlgeräte humane Bioproben besonders energieintensiv auf in der Regel -80 °C kühlen. Ältere Geräte fallen hier durch enorme Energieverbräuche von bis zu 30 kWh pro Tag auf (vgl. Pitzschke 2022). Durchschnittlich liegt der jährliche Energieverbrauch eines solchen Ultratiefkühlgeräts rund 50 Prozent höher als bei einem Drei-Personen-Haushalt (vgl. Altmann et al. 2022).

In der seit 2017 durchgeführten Freezer Challenge soll dieser Energieverbrauch in Laboren reduziert werden. Im Jahr 2022 beteiligten sich mehr als 1.200 Labore aus 27 Ländern und es konnten rund 6.732 Tonnen CO₂ eingespart werden. Von diesen Laboren entstammen rund 24 Prozent dem pharmazeutischen und biotechnischen Kontext, weitere 10 Prozent der Labore sind im klinischen Bereich angesiedelt. (vgl. MGL 2023)

Mehr noch als in Kliniken ist es in klinischen und vor allem pharmazeutischen Laboren möglich, den Energieverbrauch über eine intelligente Steuerung der Lufttechnik zu reduzieren. Das Einsparpotenzial liegt dabei zwischen 18 Prozent (Kitzberger et al. 2022) und bis zu 50 Prozent (Brase et al. 2012:197).

4 Förderprogramme und Projekte

Im Gesundheitssektor existieren bislang vor allem Initiativen, Netzwerke und Zertifizierungsmöglichkeiten für eine nachhaltige Ausrichtung, aber kaum spezielle Förderprogramme mit finanziellen Zuwendungen. Nach einem Gutachten des Institute for Health Care Business stehen allein den nordrhein-westfälischen Kliniken Investitionen in Höhe von 7,1 Milliarden Euro auf dem Weg zur Klimaneutralität bevor, zu deren Bewältigung ein Krankenhaus-Klimafonds gefordert wird (Augurzky et al. 2022:5). Ein Gutachten für die Betrachtung der bundesweiten Förderlücke fordert einen Fonds von rund 42 Mrd. Euro (DKI 2022:145).

Der BUND Berlin hat gemeinsam mit verschiedenen Partnern bereits mehrere Aktivitäten zur Nachhaltigkeit in Krankenhäusern und Rehakliniken durchgeführt: Das Projekt **KLIK** wurde im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) gefördert. Es lief zunächst von 2014 bis 2016 als **KLIK – Klimamanager für Kliniken** und wurde als Projekt **KLIK green** in den Jahren 2019 bis 2022 fortgeführt. Zentral bei den KLIK-Projekten ist die Schulung von Personal aus den Einrichtungen zu Klimaschutzmanager:innen, die danach Maßnahmen im Haus ergreifen, um Energie zu sparen. Mehr als 250 Krankenhäuser und Rehakliniken deutschlandweit haben in diesem Zeitraum rund 1.600 Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt (vgl. BUND 2021) und so mehr als 200.000 Tonnen CO₂ eingespart (vgl. Deutscher Ärzteverlag 2022). In dem Förderprogramm **Innovative Schutzausrüstung** des BMWK werden in den Jahren 2021 bis 2025 im Förderschwerpunkt 1 Projekte gefördert, die sich mit den Themen Nachhaltigkeit und Kreislauffähigkeit von persönlicher Schutzausrüstung, auch aus dem medizinischen Bereich, beschäftigen (vgl. BMWK 2021). Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle bezuschusst Maßnahmen für mehr Energieeffizienz über branchenoffene Förderprogramme, allerdings sind die Zuschüsse je nach Antragsform insgesamt gedeckelt oder abhängig von der Fördereffizienz (vgl. BAFA 2023).

4.1 Initiativen und Netzwerke

Seit 1996 international tätig ist die Nichtregierungsorganisation **Health Care Without Harm** (HCWH), die sich global für mehr Nachhaltigkeit im Gesundheitssektor einsetzt. Zu den Kernthemen von HCWH gehören die immer häufiger auftretenden Antibiotikaresistenzen und besonders umwelt- und gesundheits-schädliche Chemikalien im Gesundheitswesen (vgl. HCWH 2019:13 ff.). Als „Europe’s Health Care Climate Champions“ wurden von der HCWH auch schon deutsche Kliniken und Gesundheitszentren ausgerufen; die Ernennung erfolgt jährlich. In dem Netzwerk **Global Green and Healthy Hospitals** (GGHH) haben sich seit dem Jahr 2011 rund 32.000 Krankenhäuser aus

mehr als 50 Ländern zusammengeschlossen (vgl. HCWH 2019:5 f.). Eine global vernetzte Initiative mit Forschungsschwerpunkt ist seit dem Gründungsjahr 2015 die **Planetary Health Alliance** (PHA) mit 300 Partnerorganisationen, welche insbesondere aus dem Bildungs- und universitären Bereich aus rund 60 Ländern kommen (vgl. PHA 2023).

Ein regional auf Deutschland, Österreich und die Schweiz fokussiertes Netzwerk mit rund 300 Mitgliedern ist **Zukunft Krankenhaus-Einkauf** (ZUKE), welches im Jahr 2021 die Aktion **ZUKE green** zur Förderung der nachhaltigen Beschaffung im Gesundheitssektor startete (vgl. ZUKE 2022). Ziel von ZUKE green ist, die Mitglieder und Partner dabei zu unterstützen, ihren Einkauf bis zum Jahr 2040 so zu transformieren, dass er klimaneutral ist. Laut dem Gründer der Initiative kann im Klinikalltag der Einkauf für bis zu 70 Prozent der anfallenden Emissionen sorgen (vgl. Krojer 2021). Als nationales Netzwerk ist die **Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit** (KLUG) zu nennen, in welcher sich seit dem Jahr 2017 Mitglieder aus Verbänden und Kliniken engagieren. Die KLUG ist eng mit dem Konzept der planetaren Gesundheit verbunden und setzt sich für eine stärkere Einbindung von Nachhaltigkeitsaspekten in der medizinischen Ausbildung ein. Über die eigens gegründete Planetary Health Academy bietet sie dazu Online-Vorlesungsreihen an, und auch die Initiative **Health for Future**, die die Fridays-for-Future-Bewegung unterstützt, geht auf die KLUG zurück (vgl. KLUG 2022).

4.2 Gütesiegel

Auf größere Investitionen zu Gunsten der Energieeffizienz setzt das vom BUND Berlin seit dem Jahr 2001 an 47 Kliniken verliehene Gütesiegel **Energie sparendes Krankenhaus** (vgl. BUND 2023a). Dafür müssen die Kliniken mindestens zwei von vier Kriterien erfüllen, die den Energieverbrauch längerfristig optimieren (z. B. Unterschreitung von spezifischen Verbrauchssperzentilen, langjährige Reduktion des Verbrauchs, Energiecontrolling etc.) (vgl. Dickhoff 2019). Neben bundesweiten Zertifizierungen gibt es föderale, staatliche Programme für Gütesiegel: In Rheinland-Pfalz etwa können Krankenhäuser seit 2017 als **green hospital Rheinland-Pfalz** ausgezeichnet werden. Dafür erfolgt eine Prüfung von 13 Handlungsfeldern wie etwa Abfallentsorgung, Verkehrsanbindung und Green Management (vgl. EffNet 2017). Die **GreenHospitalPLUS**-Initiative ist auf bayerische Krankenhäuser ausgelegt und wurde im Jahr 2011 zunächst als Green Hospital Initiative vom Bayerischen Staatsministerium für Gesundheit und Pflege ins Leben gerufen (vgl. stgmp 2021). Über die drei grundlegenden Säulen Energie – Umwelt – Mensch sollen ökologische und soziale Nachhaltigkeit gleichermaßen berücksichtigt werden. Neben einem Quick-Check zur Vor-Einstufung

von interessierten Kliniken bietet die Initiative einen Maßnahmenkatalog und die Best-Practice-Datenbank mit 24 ausgezeichneten Krankenhäusern (vgl. stgmp 2021).

Als Gütesiegel im Bereich Krankenhauswäsche ist seit 2019 das staatliche Textilsiegel **Grüner Knopf** des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) zu nennen, welches die Einhaltung von 26 sozialen und ökologischen Nachhaltigkeitskriterien sicherstellt (vgl. BMZ 2021). Für medizinische Produkte existieren jedoch bislang keine vergleichbaren Gütesiegel (vgl. Oppermann 2022b).

4.3 Praxisbeispiele

Es gibt zahlreiche Projekte und erste Geschäftsmodelle, wie etwa das auch im Gesundheitsbereich tätige Start-Up Unternehmen Resourcify, die sich mit der Umsetzung nachhaltiger Lösungen in der Praxis beschäftigen. Nachfolgend werden einige Praxisbeispiele vorgestellt:

Am **Universitätsklinikum Heidelberg (UKHD)** startete im Juli 2022 das Projekt KliOL (Klimaschutz in Kliniken durch Optimierung der Lieferketten). Die Projektpartner haben sich zum Ziel gesetzt, am Beispiel des UKHD einen Treibhausgas-Rechner für Krankenhäuser mit Fokus auf Emissionen aus Lieferketten, im sogenannten Scope 3-Bereich (umfasst alle indirekten Emissionen, die entlang Ihrer Wertschöpfungskette entstehen), zu erstellen. Dies beinhaltet die Ermittlung des vollständigen Treibhausgasausstoßes inklusive der Lieferketten (Medikamente, medizinische Ausrüstung, Verbrauchsmaterialien, Speisenversorgung), der direkten Versorgung von Patient:innen (Energie in Gebäuden, Abfälle, Anästhesiegase, Dosieraerosole, Rettungsdienst und Geschäftsreisen) sowie der Mobilität von Personal, Patient:innen und Besucher:innen. Parallel dazu werden ausgewählte Klimaschutz- und Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen (z. B. Abfalltrennung in einem OP-Bereich) am UKHD implementiert und u. a. in Bezug auf ihre Auswirkungen auf die Treibhausgasbilanz und die Praxistauglichkeit evaluiert. (vgl. Hermann 2022)

Am **Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf** wurde im Oktober 2020 die Stabsstelle Nachhaltigkeit/Klimamanagement geschaffen, um konkrete Nachhaltigkeitsziele (z. B. CO₂-Neutralität bis spätestens 2045, klimaneutrale und nachhaltige Lieferkette samt umweltverträglicher Transporte) zu formulieren und Projekte anzustoßen. Zu den bereits durchgeführten Maßnahmen zählen die elektronische Patientenakte, die Zertifizierung als erstes vollständig digitales Krankenhaus Europas im Jahr 2021 und der Betrieb eines Blockheizkraftwerks. (vgl. Dzukowski 2021)

Die **Covestro AG** hat ein Konzept für einen Prototyp eines nachhaltigen Systems zur Verabreichung von Medikamenten entwickelt. Der Autoinjektor besteht ausschließlich aus dem mehr-

wegfähigen Kunststoff Polycarbonat. Die Polycarbonatlösungen wurden jeweils speziell für medizinische Anwendungen entwickelt. Am Ende der Lebensdauer kann dieser schnell und einfach zerlegt und zur leichteren Entsorgung bzw. Wiederverwertung in kontaminierte und nicht kontaminierte Komponenten sortiert werden. Bisher mussten die Systeme nach dem Ende ihrer Lebensdauer in ihre Einzelteile zerlegt und aufwändig sortiert werden, da in den verschiedenen Komponenten eine Vielzahl von Stoffen zum Einsatz kam. (vgl. Schwab 2022b)

Das Start-up **Biovox** bietet nachhaltige und CO₂-arme Kunststoffe für die Medizin- und Labortechnik an, d. h. Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, die alle Anforderungen an Reinheit und Qualitätsanforderungen erfüllen. Die hohe Qualität erlaubt einen breiten Einsatz der Kunststoffe, von der Verpackung über Einwegprodukte wie Spritzen und Blutbeutel bis zum endoskopischen Gerät oder Beatmungsgerät. (vgl. Schwab 2022a)

2014 wurde der Grundstein für das **Green Hospital Lichtenfels** gelegt. Das Klinikum wurde durch ein planerisches, bauliches und betriebliches Konzept umfassend nachhaltig ausgerichtet und war als erstes bayerisches Krankenhaus am Passivhausstandard orientiert (möglichst geringer Energieverbrauch, optimierte Gebäudehülle, nachhaltige Energieversorgung). Externe Energie wird ausschließlich über Biogas und Ökostrom bezogen. (vgl. Säuberlich 2015)

5 Hemmschwellen auf dem Weg zum klimaneutralen Gesundheitssektor

Bei allen Bemühungen zur nachhaltigen Gesundheitsversorgung sind insbesondere dem Recycling, der Wiederverwendung und der Abfalltrennung strenge gesetzliche Grenzen gesetzt (vgl. Kapitel 2). Aus diesem Grund sind Maßnahmen zur Energieeinsparung vielerorts bereits weiterverbreitet als weitgehende Konzepte zum Ressourcenschutz. Problematisch für die Transformation zur nachhaltigen und klimaneutralen Gesundheitsversorgung erweist sich der langjährige Investitionsstau im Gesundheitswesen. Im Gutachten zu Finanzierungsmöglichkeiten von Umsetzungsmaßnahmen zum klimaneutralen Krankenhaus kommen Augurzky et al. (2022:15) zu dem Ergebnis, dass mehr als 50 Prozent der in NRW anstehenden Investitionen nachzulegende Grundinvestitionen darstellen, gleichzeitig besteht eine Förderlücke von rund 1,2 Milliarden Euro zur Erhaltung der aktuellen Unternehmenssubstanz nach Krankenhausfinanzierungsgesetz (KHG 1991). Durch die COVID-19-Pandemie und die seit Jahrzehnten höchste Inflationsrate hat sich die Finanzierungssituation vieler Krankenhäuser zudem dramatisch verschärft. Nach repräsentativen Umfragen des Deutschen Krankenhaus Instituts unter mehr als 600 deutschen Allgemeinkrankenhäusern zum Jahreswechsel 2022/2023 bewerteten lediglich drei Prozent ihre wirtschaftliche Lage als gut, rund 71 Prozent der Häuser bewerteten die Lage als schlecht oder sehr schlecht (vgl. Blum et al. 2023:6). Vor diesem Hintergrund befürchtet die Deutsche Krankenhausgesellschaft eine bevorstehende Insolvenzwelle bei Kliniken. Investitionen in zusätzliche, dem Klima- und Ressourcenschutz dienliche Maßnahmen sind in der angespannten Situation damit schwer zu realisieren. Gleichzeitig stellt die Umsetzung von Maßnahmen zur Energieeinsparung einen langfristig wirksamen Ansatz zur Verbesserung der finanziell sehr angespannten Situation dar. Kostensteigerungen durch die Energiekrise Ende 2022

haben zusätzlich dazu geführt, dass sich die finanzielle Situation in den Kliniken verschlechtert hat (vgl. Deutscher Ärzteverlag 2022). Es ist sehr unwahrscheinlich, dass die zusätzlichen Investitionen in den Klimaschutz über das KHG finanzierbar sind. Aufgrund der hohen Priorität und des gesamtgesellschaftlichen Interesses an Klimaschutzmaßnahmen haben Bund und Länder zusammen eine Investitionsverantwortung. Im Klimagutachten des Deutschen Krankenhausinstituts (DKI) wird daher analog zum „Krankenhaus-Zukunftsfonds“ (Förderung der Digitalisierung von Krankenhäusern) die Bildung eines „Krankenhaus-Klimaschutzfonds“ in Höhe von ungefähr 42 Milliarden Euro vorgeschlagen (DKI 2022:145). Über eine Mischfinanzierung von Bund und Ländern können ausgewählte Investitionen und Maßnahmen wie Abfallmanagement, Energie und Strom, Kälte und Wärme etc. gefördert werden. Unabhängig davon muss über die in Arbeit befindliche Krankenhausreform sichergestellt werden, dass zukünftig eine ausreichende Finanzierung von Investitionskosten und die weitere energetische Sanierung in den Krankenhäusern ermöglicht wird.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Gesundheitssektor wurden durch langjährige Sparpolitik wichtige Grundinvestitionen verzögert. Der Blick auf die deutsche Förderlandschaft und die Bedarfe im Gesundheitssektor zeigt auf, dass insbesondere hinsichtlich Ressourceneinsparung und Gebäudesanierung erhebliche Mehrbedarfe bestehen und weitere Programme benötigt werden. Um Klimaschutzmaßnahmen umsetzen zu können, sind vorerst Schulungen sowie Werbe- und Informationskampagnen für das Personal unabdingbar. Für die Umsetzung sektoraler Einsparziele und die Bestandserfassung ist ein Klimaschutzcontrolling sehr sinnvoll. Die Ernennung eines Klimaschutzmanagements ist wichtig, um Zusammenarbeit mit Geschäftsführung und Personal sowie einen reibungslosen Prozessablauf zu gewährleisten (Wagner et al. 2022:11f).

6.1 Klimaschutzmaßnahmen im Gesundheitssektor

Aktuell liegt der Fokus im Gesundheitsbereich insbesondere auf Energiesparmaßnahmen und Maßnahmen, den CO₂-Fußabdruck in einzelnen Kliniken zu verringern. Für eine Reform des Sektors zur Klimaneutralität sind weitere und umfassende Maßnahmen notwendig. Das Rahmenwerk zu klimaneutralen Gesundheitseinrichtungen vom BUND Berlin und der KLUG unterteilt hier in kurzfristig umsetzbare und langfristig wirksame Einsparungen (Binder et al. 2021). Als Mittel der Wahl für schnelle Einsparungen werden die Umstellung der Raumlufttechnik, Klimatisierung, Beleuchtung, Abfalltrennung und die Verwendung fleischarmer Speisen sowie intravenöser statt volatiler Anästhetika genannt (Binder et al. 2021:13f.). Langfristig werden die größten Potenziale in den Bereichen Gebäude und Energie (Neubau, Regelungstechnik), Logistik und Mobilität (Mobilitätskonzept für Beschäftigte und Patien:innen, Jobtickets, Jobräder), Beschaffung und Entsorgung (Zusammenarbeit von Einkauf, Abfall und medizinischem Bereich) sowie Digitalisierung und IT gesehen, wobei insbesondere für den letzten Punkt die Vermeidung von Rebound-Effekten zu beachten ist (Binder et al. 2021:15f.).

Im Gutachten „Zielbild: Klimaneutrales Krankenhaus“ des Wuppertal Instituts wird der größte Investitionsaufwand mit zugleich dem größten Einspareffekt der energetischen Sanierung von Gebäudehüllen zugeschrieben (Wagner et al. 2022:27). Augurzyk et al. (2022:15f.) schätzen diese Sanierungskosten auf insgesamt 6,3 Milliarden Euro für die Krankenhäuser im Bundesland NRW, was rund 90 Prozent der insgesamt nötigen Investitionen ausmacht, verbunden mit einer Energieeinsparung von schätzungsweise bis zu 50 Prozent. Die Herausforderung hierbei liegt in der „dualen Finanzierung“ von Krankenhäusern, wonach die Betriebskosten von den Krankenkassen, die Investitionskosten jedoch von den Bundesländern übernommen werden. Laut Wagner et al. (2022:22) gibt es ohne Förderungen kaum Möglich-

keiten, große Investitionen zur energetischen Sanierung durchzuführen. Hier besteht demnach eine große Förderlücke, die vor allem Maßnahmen wie Wärmedämmung, die Umstellung auf erneuerbare Energien und den Anschluss an und den Aufbau von örtlichen Wärmenetzen beinhaltet.

Bezüglich der Nutzung erneuerbarer Energien stellen vor allem Photovoltaik-Anlagen zur Stromerzeugung und solarthermische Anlagen zur Wärmeerzeugung ein großes ungenutztes Potential dar, welches jedoch Einzelfallbetrachtungen benötigt (Wagner et al. 2022:29). Des Weiteren können zur Wärmeversorgung Holzhackschnitzel, Erdwärme, Biogas- oder ein Holzgas-BHKW verwendet werden, je nach örtlicher Beschaffenheit. Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Nutzung von erneuerbaren Energien individuell je nach Krankenhaus betrachtet werden muss, jedoch viele Synergieeffekte mit sich bringen kann wie z. B. eine Sicherheitsstromversorgung durch den Batteriespeicher einer PV-Anlage.

Weitere empfohlene Maßnahmen sind auch hier die Kälteerzeugung, Umstellung von Beleuchtung, Lüftung und Heizung, Narkosegassubstitution sowie ein möglichst autofreies Mobilitätskonzept (Wagner et al. 2022:47).

6.2 Ressourcenschutz im Gesundheitssektor

Während in Krankenhäusern und Kliniken bereits Maßnahmen umgesetzt werden und vielfältige globale, nationale und lokale Initiativen und Netzwerke existieren, gibt es im pharmazeutischen und Laborbereich bislang weniger spezifische Initiativen und Zertifizierungen unter Nachhaltigkeitsaspekten. Neben der Klimaneutralität ist vor diesem Hintergrund auch der Ressourcenschutz ein wichtiges Thema im Gesundheitssektor. Hier haben vor allem auch pharmazeutische und medizintechnische Unternehmen Potentiale, ihre Prozesse effizient zu gestalten, was oft durch die Berücksichtigung von Lebenszyklusanalysen der Produkte beim Prozessdesign heute schon passiert (vgl. Kapitel 3.3).

Die COVID-19-Pandemie hat eine Flut von zusätzlichen Abfällen generiert, vor allem bezogen auf Selbsttests und FFP2-Masken (Benson et al. 2021). Pandemien gab es immer wieder in der Geschichte der Menschheit und viele Faktoren begünstigen die Entstehung neuer, aktueller Pandemien (Marani et al. 2021). Wenngleich bei der Bekämpfung andere Aspekte im Vordergrund stehen müssen, sollte als Konsequenz aus der COVID-19-Pandemie auch der Ressourcenschutz in diesem Kontext präventiv betrachtet werden. Offiziell vorbereitete Strategien für ausreichende Desinfektion und Sterilisation können z. B. künftig höhere Wiederverwendungsraten von Schutzausrüstung ermöglichen.

6.3 Weitere Maßnahmen im Kontext des Gesundheitssektors

Neben den oben genannten Punkten gibt es weitere Maßnahmen, die in dieser Studie nicht im Detail betrachtet wurden. Sie sind für den Klima- und Ressourcenschutz jedoch von grundsätzlicher Relevanz und müssen daher auch im Gesundheitssektor bedacht werden.

Die Lebensmittelversorgung im Gesundheitsbereich verantwortet nach Umweltbundesamt rund 27 Prozent des gesamten Ressourcenkonsums. Neben der Verringerung von Lebensmittelabfällen wird hier die Umstellung der Speisepläne als wichtigste Stellschraube benannt. Die Umstellung auf eine fleisch- und kohlenhydratarme Ernährung auf Basis möglichst unverarbeiteter Lebensmittel bietet zudem gesundheitliche Vorteile. (Ostertag et al. 2021:126ff.)

Wagner et al. beschreiben, dass es für Krankenhäuser problematisch ist, wenn diese, um ihre CO₂-Bilanzen zu verbessern, einen Ökostrom-Vertrag zur Energieversorgung abschließen. „Ökostrom“ ist kein geschützter Begriff und beschreibt das Interesse des Stromanbieters am Ausbau von erneuerbaren Energien. Der zusätzliche Umweltnutzen durch die Verwendung von Ökostrom für das Krankenhaus ist nicht quantifizierbar. Vielmehr sollte auf energetische Sanierung der Gebäude gesetzt und Energiesparpotenziale genutzt werden.

Als weitere Maßnahme zum Ressourcenschutz ist auch die Ableitung und Behandlung von Abwasser zu nennen. Krankenhausabwässer enthalten nicht nur eine Vielzahl an Medikamentenrückständen, die in der konventionellen kommunalen Abwasserbehandlung auch wegen ihrer geringen Konzentrationen nur unzureichend abgebaut werden (Aydin et al. 2019; Ulvi et al. 2022). Vor allem im Winter und bei niedrigen Temperaturen sinkt diese Abbauleistung für viele Medikamente auf deutlich weniger als 50 Prozent (Aydin et al. 2019). Auch als Reservoir für die wichtigsten klinischen Antibiotikaresistenzen sind Krankenhausabwässer von Bedeutung (Rozman et al. 2020). Zwar tragen Krankenhäuser zur Medikamentenfracht im deutschen Abwasser schätzungsweise nur etwa zehn bis 20 Prozent bei (Keil et al. 2008:361), die Konzentrationen im Klinikabwasser sind jedoch deutlich höher als im kommunalen Abwasser. Eine Entfernung vor der Zusammenführung von Klinikabwasser und kommunalen Abwasser ist damit wesentlich einfacher, da eine Spurenstoffentfernung mit sinkender Konzentration der Stoffe weniger effizient ist. Insbesondere für Klinikneubauten und Standorte mit besonders hohen Konzentrationen an problematischen Substanzen (z. B. Zytostatika, Antibiotika) ist deshalb eine separate Vorbehandlung des Abwassers zu empfehlen. So können die Spurenstoffe in höherer Konzentration effizienter abgetrennt werden. Ein DWA-Merkblatt zur Umsetzung dieser Maßnahme

in Neubauten existiert bereits seit dem Jahr 2001 (vgl. ATV-DVWK-M 2001).

Die Umstellung des Gesundheitssektors auf einen ökologisch nachhaltigen Betrieb ist nicht nur im Hinblick auf künftige Pandemien und den Klimawandel essentiell. Dieser Wandel in vielen Handlungsfeldern bietet zudem positive Begleiterscheinungen für das menschliche Wohlergehen hinsichtlich Ernährung, pharmazeutischer Hintergrundbelastungen in der Umwelt und anderer Aspekte. Das Konzept der planetaren Gesundheit ist eng mit der menschlichen Gesundheit verbunden.

7 Quellennachweise

Altmann, Heidi / Baber, Ronny / Geiger, Jörg / Hummel, Michael / Huth, Verena / Kiehntopf, Michael / Nieters, Alexandra / Nussbeck, Sara Y. / Schiller, Johanna / Specht, Cornelia (2022): Vorsicht beim Energiesparen mit Bioproben in Ultratiefkühlchränken. Im Namen der German Biobank Alliance (GBA). www.laborjournal.de/editorials/2634.php [11.04.2023].

ATV-DVWK-M (2001): Abwasser aus Krankenhäusern und anderen medizinischen Einrichtungen. ATV-DVWK-Regelwerk Merkblatt 775, Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA).

Augurzky, Boris und Lueke, Sven (2022): Das klimaneutrale Krankenhaus Finanzierungsmöglichkeiten von Umsetzungsmaßnahmen. Gutachten im Auftrag der Krankenhausgesellschaft Nordrhein-Westfalen e. V. (KGNW). Essen: Institute for Health Care Business GmbH.

Aydin, Senar / Aydin, Mehmet E. / Ulvi, Arzu / Kilic, Havva (2019): Antibiotics in hospital effluents: occurrence, contribution to urban wastewater, removal in a wastewater treatment plant, and environmental risk assessment. In: *Environmental science and pollution research international*, Heft 1/2019, 544–558.

Bayerisches Staatsministerium für Gesundheit und Pflege (stgmp) (2021): Green HospitalPLUS Bayern – Das nachhaltige Krankenhaus. www.stgmp.bayern.de/meine-themen/fuer-krankenhausbetreiber/green-hospital-plus/ [24.01.2023].

B.Braun (2021): Integrierter Geschäftsbericht 2021. Starker Partner in unsicheren Zeiten. Melsungen: B.Braun SE.

Benson, Nsikak U. / Basse, David E. / Palanisami, Thavamani (2021): COVID pollution: impact of COVID-19 pandemic on global plastic waste footprint. In: *Heliyon*, Heft 2/2021.

Bergmann, Axel / Fohrmann, Reinhard / Weber, Frank-Andreas (2011): Zusammenstellung von Monitoringdaten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Binder, Albrecht / Dickhoff, Annegret / Fuhrmann, Anna / Grah, Christian / Gyalrong-Steuer, Miriam / Krojer, Stefan / Schulz, Christian / Weimann, Edda (2021): Klimagerechte Gesundheitseinrichtungen. Rahmenwerk, Version 1.0. Berlin: Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit (KLUg).

Blum, Karl / Löffert, Sabine / Schumacher, Luisa (2023): DKI Krankenhaus-Index Umfragen: 10/2022 – 2/2023. Düsseldorf: Deutsches Krankenhaus Institut e.V. (DKI).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) (2021): Bekanntmachung der Richtlinie für die Bundesförderung von Forschungs- und Technologievorhaben zur Produktion innovativer persönlicher Schutzausrüstung.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2022): Öffentliche Konsultation zur Transformation des Vergaberechts („Vergabetransformationspaket“). www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/Gesetzesvorhaben/oeffentliche-konsultation-zur-transformation-des-vergaberechts.html [14.04.2023].

Brase, Wendell / Gudorf, Matt / Gomez, Marc A. / Kang, David / Bockmiller, Fred R. (2012): Safely Cut Your Laboratory Energy Usage in Half. A Labs21 2012 Annual Conference, San Jose: U.S. Department of Energy / University of California Irvine.

Braun, Anette / Rijkers-Defrasne, Sylvie / Seitz, Heike (2015): Ressourceneffiziente Wasserkonzepte für Krankenhäuser. Kurzanalyse Nr. 11. Berlin: VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE).

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND) (2021): Klimaschutz im Gesundheitswesen: Mit 250 Kliniken in eine nachhaltige Zukunft. www.bund.net/service/presse/pressemitteilungen/detail/news/klimaschutz-im-gesundheitswesen-mit-250-kliniken-in-eine-nachhaltige-zukunft/ [24.01.2023].

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND) (2023a): Hintergrund – BUND-Gütesiegel „Energie sparendes Krankenhaus“, www.energiesparendes-krankenhaus.de/hintergrund/ [25.01.2023].

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND) (2023b): KLIK GREEN: KLIK-Datenbank, www.klik-krankenhaus.de/klik-datenbank/informationen-zur-klik-datenbank [12.04.2023].

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) (2023): Energie. www.bafa.de/DE/Energie/energie_node.html [14.04.2023].

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) (2021): Der grüne Knopf – Fragen und Antworten. Berlin: BMZ.

Bundesverband der Arzneimittel-Hersteller e.V. (BAH) (2017): Der Arzneimittelmarkt in Deutschland. Zahlen und Fakten. Bonn: BAH.

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) (2021): Vollzugshilfe zur Entsorgung von Abfällen aus Einrichtungen des Gesundheitsdienstes. Mitteilung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 18. LAGA.

COM (2019): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat und den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss. Strategischer Ansatz der Europäischen Union für Arzneimittel in der Umwelt. Brüssel: Europäische Kommission.

Conway, Neal / Baumann, Adrian / Gucwa, Natalia / Schneider, Gerhard / Schneider, Frederick (2020): Perioperative Medizin: Die klimafreundlichere Narkose. In: Deutsches Ärzteblatt, Heft 25/2020.

Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit (KLUG) (2022): Gemeinsam handeln für Klima und Gesundheit. Selbstdarstellung. Berlin: KLUG.

Deutscher Ärzteverlag (2022): Krankenhäuser sparen 200.000 Tonnen CO₂-Äquivalente ein, www.aerzteblatt.de/nachrichten/132975/Krankenhaeuser-sparen-200-000-Tonnen-CO2-Aequivalente-ein [25.01.2023].

Dickhoff, Annegret (2019): Kriterien für das BUND-Gütesiegel „Energie sparendes Krankenhaus“. Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND).

dpa (2020): Tausende Tonnen Wegwerf-Edelstahl in Krankenhäusern, www.klinik-einkauf.de/aktuelles/nachhaltigkeit/detail/tausende-tonnen-wegwerf-edelstahl-in-krankenhaeusern-a-41911 [17.04.2023].

Dzukowski, Frank (2021): DNK-Erklärung 2021 zur Nutzung als nichtfinanzielle Erklärung im Sinne des CSR-Richtlinie-Umsetzungsgesetzes. Hamburg: Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf.

EffNet (2017): Auszeichnung „green hospital Rheinland-Pfalz“. Bewerben Sie sich jetzt! Effizienznetz Rheinland-Pfalz, www.effnet.rlp.de/de/aktuelles/detail/news/News/detail/auszeichnung-green-hospital-rheinland-pfalz/ [02.02.2023].

Garrelts, Nantke (2022): Klimaneutral 2030: So schaffen wir das. In: Berliner Ärzt:innen – Mitgliederzeitschrift der Ärztekammer Berlin, Körperschaft des öffentlichen Rechts, Heft 1/2022, 11–14.

Grah, Christian / Schwen, Gerriet / Schulte, Florian / Schwartz, Carmen / Zeil, Simone / Jansen, Ele / Gebert, Yvette / Bär, Maurizio / Uhlmann, Malika / Turczynski, Beate (2022): Prima Klima im Haus ein Praxisleitfaden. Tipps, Ressourcen und Geschichten

zur Klimatransformation in Krankenhäusern. Berlin: Forschungsinstitut Havelhöhe.

Health Care Without Harm (HCWH) (2019): Health Care Without Harm Global Programs. Annual Report 2019. Reston: HCWH.

Hermann, Alina (2022): Universitätsklinikum Heidelberg will Ausstoß von Treibhausgasen reduzieren. www.klinikum.uni-heidelberg.de/newsroom/universitaetsklinikum-heidelberg-will-ausstoss-von-treibhausgasen-reduzieren/ [12.04.2023].

Innovative Medicines Initiative (IMI) (2019): CHEM21 – a step towards a greener and more efficient pharmaceutical industry, www.imi.europa.eu/projects-results/success-stories-projects/chem21-step-towards-greener-and-more-efficient [04.04.2023].

Innovative Medicines Initiative (2022): iPiE – Intelligent Assessment of Pharmaceuticals in the Environment. www-test.imi.europa.eu/projects-results/project-factsheets/ipie [04.04.2023].

ISO-Norm 14001, 2015: Umweltmanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung.

Karliner, Josh / Slotterback, Scott / Boyd, Richard / Ashby, Ben / Steele, Kristian (2019): Health Care's Climate Footprint. How the Health Sector contributes to the Global Climate Crisis and Opportunities for Action. Washington: Health Care Without Harm (HCWH); ARUP.

Keil, Florian / Bechmann, Gotthard / Kümmerer, Klaus / Schramm, Engelbert (2008): Systemic Risk Governance for Pharmaceutical Residues in Drinking Water. In: GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society, Heft 4/2008, 355–361.

Kitzberger, Thomas / Kotik, Jan / Pröll, Tobias (2022): Energy savings potential of occupancy-based HVAC control in laboratory buildings. In: Energy and Buildings 2022, 112031.

Koch, S. und Pecher, S. (2020): Neue Herausforderungen für die Anästhesie durch den Klimawandel. In: Der Anaesthetist, Heft 7/2020, 453–462.

Krojer, Stefan (2021): Neue Initiative zur Förderung einer nachhaltigen Beschaffung im Gesundheitswesen ist gestartet. ZUKE GREEN.

Lenzen-Schulte, Martina (2019): Medizinische Abfallentsorgung: Wenn Abfall nicht einfach Müll ist. In: Deutsches Ärzteblatt, Heft 3/2019.

- Marani, Marco / Katul, Gabriel G. / Pan, William K. / Parolari, Anthony J. (2021): Intensity and frequency of extreme novel epidemics. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Heft 35/2021.
- Müller, Ria / Wiesemann, Eva / Hermann, Andreas / Dieroff, Juliane / Betz, Johannes / Bulach, Winfried (2021): Beschaffung von Kunststoffprodukten aus Post-Consumer-Rezyklaten. Handreichung für den öffentlichen Einkauf. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- my green lab (MGL) (2023): International Laboratory Freezer Challenge Award Winners 2022, www.freezerchallenge.org/award-winners-2022.html [11.04.2023].
- Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU) (2023): Das schlummernde Potenzial in der schwarzen Tonne. Zu viele Wertstoffe landen im Restmüll. www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/abfall-und-recycling/kreislaufwirtschaft/29148.html [14.04.2023].
- Oppermann, Birgit (2022a): In kleinen Schritten zu nachhaltigen Produkten, www.medizin-und-technik.industrie.de/nachhaltigkeit-medizintechnik/in-kleinen-schritten-zu-nachhaltigen-produkten/ [11.04.2023].
- Oppermann, Birgit (2022b): Wie Einkäufer nachhaltige Medizinprodukte auswählen. Nachhaltigkeit im Gesundheitswesen, www.medizin-und-technik.industrie.de/nachhaltigkeit-medizintechnik/einkaeufer-im-krankenhaus-wollen-kuenftig-nachhaltige-medizinprodukte/ [26.01.2023].
- Ostertag, Katrin / Bratan, Tanja / Gandenberger, Carsten / Hüsing, Bärbel / Pfaff, Matthias (2021): Ressourcenschonung im Gesundheitssektor – Erschließung von Synergien zwischen den Politikfeldern Ressourcenschonung und Gesundheit. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Pitzschke, Andrea (2022): Kleinvieh macht auch Mist, www.laborjournal.de/editorials/2593.php [11.04.2023].
- Planetary Health Alliance (PHA) (2023): About the PHA, www.planetaryhealthalliance.org/about-the-pha [14.04.2023].
- Rehberger, Kristina / Wernicke von Siebenthal, Elena / Bailey, Christyn / Bregy, Patrick / Fasel, Melanie / Herzog, Elio L. / Neumann, Silvia / Schmidt-Posthaus, Heike / Segner, Helmut (2020): Long-term exposure to low 17 α -ethinylestradiol (EE2) concentrations disrupts both the reproductive and the immune system of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. In: Environment international 2020, 105836.
- RND und dpa (2020): Tonnenweise Einweg-Edelstahl aus Krankenhäusern landet im Müll, www.rnd.de/gesundheit/einweg-statt-mehrweg-edelstahl-mull-in-deutschen-kliniken-und-arztpraxen-2R44J3KWMIKSOTRX6MPBIHLB5M.html [17.04.2023]
- Rozman, Urška / Duh, Darja / Cimerman, Mojca / Turk, Sonja Š. (2020): Hospital wastewater effluent: hot spot for antibiotic resistant bacteria. In: Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development, Heft 2/2020, 171–178.
- Säuberlich, Jörg (2015): Huml lobt nachhaltigen Neubau am Klinikum Lichtenfels – Bayerns Gesundheitsministerin: Vorbildliche Verbindung von Spitzenmedizin und Umweltschutz. Pressemitteilung Nr. 285/GP. Bayerisches Staatsministerium für Gesundheit und Pflege (stmgp).
- Schwab, Susanne (2022a): Wir haben die Bio-Lösungen für viele Kunststoffprobleme., www.medizin-und-technik.industrie.de/technik/entwicklung/start-up-biovox-biokunststoffe-fuer-medizinprodukte/ [12.04.2023].
- Schwab, Susanne (2022b): An nachhaltigen Werkstoffen kommt auch die Medizintechnik nicht vorbei, www.medizin-und-technik.industrie.de/nachhaltigkeit-medizintechnik/an-nachhaltigen-werkstoffen-kommt-auch-die-medizintechnik-nicht-vorbei/ [12.04.2023].
- Statistisches Bundesamt (DESTATIS) (2022a): Jeder Mensch in Deutschland nutzt durchschnittlich 128 Liter Wasser pro Tag. Zahl der Woche Nr. 12 vom 22. März 2022.
- Statistisches Bundesamt (DESTATIS) (2022b): Neue Rekordmenge an Haushaltsabfällen im Jahr 2021. Pressemitteilung Nr. 546 vom 19. Dezember 2022.
- Statistisches Bundesamt (DESTATIS) (2023): Abfallentsorgung: Deutschland, Jahre, Abfallarten. Tabelle 32111-0002. Wiesbaden: DESTATIS.
- Sulbaek Andersen, Mads P. / Nielsen, Ole J. / Karpichev, Boris / Wallington, Timothy J. / Sander, Stanley P. (2012): Atmospheric chemistry of isoflurane, desflurane, and sevoflurane: kinetics and mechanisms of reactions with chlorine atoms and OH radicals and global warming potentials. In: The journal of physical chemistry. A, Heft 24/2012, 5806–5820.
- Ulvi, Arzu / Aydın, Senar / Aydın, Mehmet E. (2022): Fate of selected pharmaceuticals in hospital and municipal wastewater effluent: occurrence, removal, and environmental risk assessment. In: Environmental science and pollution research international, Heft 50/2022, 75609–75625.

VDI-Richtlinie 5800, 2020: Nachhaltigkeit in Bau und Betrieb von Krankenhäusern – Grundlagen.

Viamedica (2016): Energiesparfibel. Krankenhausmitarbeiter schützen das Klima. Freiburg: viamedica.

Wagner, Oliver / Jansen, Ulrich / Tholen, Lena / Bierwirth, Anja (2022): Zielbild: „Klimaneutrales Krankenhaus“. Fachliche Begleitung und Erstellung eines Gutachtens. Wuppertal: Wuppertal Institut.

Zukunft Krankenhaus-Einkauf (ZUKE) (2022): Hallo bei ZUKE Green! Dürfen wir uns dir vorstellen?, www.zukunft-krankenhaus-einkauf.de/zuke-green/ [02.02.2023].

