

Sachbericht zum Projekt

**Evidenzbasis Treibhausgasemissionen des deutschen Gesundheitswesens  
GermanHealthCFP**

Förderkennzeichen:	2522FSB302
Projektleitung:	Dr. Peter-Paul Pichler
Projektmitarbeitende:	Ingram S. Jaccard (Modellierung) Leonie Hanewinkel (Recherche) Prof. Dr. Helga Weisz (Wissenschaftliche Beratung)
Kontaktdaten:	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) e.V. Telegrafenberg A 31 14473 Potsdam Tel. +49 (0)331 288 2543 peter-paul.pichler@pik-potsdam.de
Laufzeit:	1.1.2022 - 31.12.2022
Fördersumme:	€ 99.252,18



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Gesundheit



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Inhaltsverzeichnis

<a href="#">1 Zusammenfassung</a>	<a href="#">3</a>
<a href="#">2 Einleitung</a>	<a href="#">4</a>
<a href="#">3 Erhebungs- und Auswertungsmethodik</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">3.1 Begriffliche Klärungen</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">Definition: THG-Fußabdruck (Carbon Footprint)</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">Definition: Direkte und indirekte Emissionen</a>	<a href="#">7</a>
<a href="#">Definition: Gesundheitswesen</a>	<a href="#">7</a>
<a href="#">3.2 Berechnung THG-Fußabdruck</a>	<a href="#">7</a>
<a href="#">Input-Output-Berechnungen</a>	<a href="#">8</a>
<a href="#">Substitution der Endnachfrage durch Gesundheitsausgaben</a>	<a href="#">9</a>
<a href="#">Fußabdruck aufgeschlüsselt nach Scopes 1, 2 und 3</a>	<a href="#">10</a>
<a href="#">Inländischer THG-Fußabdruck (Destatis)</a>	<a href="#">10</a>
<a href="#">Ausländischer THG-Fußabdruck (EXIOBASE)</a>	<a href="#">12</a>
<a href="#">Inländischer THG-Fußabdruck nach Sektoren des Klimaschutzgesetz</a>	<a href="#">13</a>
<a href="#">4 Durchführung, Arbeits- und Zeitplan</a>	<a href="#">15</a>
<a href="#">5 Ergebnisse</a>	<a href="#">15</a>
<a href="#">5.1 THG-Fußabdruck deutsches Gesundheitswesen</a>	<a href="#">15</a>
<a href="#">Vergleich mit vorherigen Studien</a>	<a href="#">16</a>
<a href="#">5.2 Gesundheitsemissionen nach Entstehungsort</a>	<a href="#">17</a>
<a href="#">5.3 Entwicklung der Gesundheitsemissionen im Vergleich</a>	<a href="#">18</a>
<a href="#">5.4 Gesundheitsemissionen nach Scopes</a>	<a href="#">19</a>
<a href="#">5.5 Gesundheitsemissionen nach Produktionssektoren des Klimaschutzgesetzes</a>	<a href="#">20</a>
<a href="#">5.6 Gesundheitsemissionen nach Art der Einrichtung</a>	<a href="#">22</a>
<a href="#">6 Gender Mainstreaming Aspekte</a>	<a href="#">25</a>
<a href="#">7 Diskussion der Ergebnisse, Gesamtbeurteilung</a>	<a href="#">25</a>
<a href="#">7.1 Unsicherheiten und Einschränkungen</a>	<a href="#">26</a>
<a href="#">Modellauswahl</a>	<a href="#">26</a>
<a href="#">EXIOBASE-Emissionsdaten</a>	<a href="#">26</a>
<a href="#">Gesundheitsausgabenkategorie "Ausland"</a>	<a href="#">26</a>
<a href="#">Unsicherheit in der KSG-Sektorverteilung</a>	<a href="#">27</a>
<a href="#">7.2 Empfehlungen für eine verbesserte Evidenzbasis</a>	<a href="#">28</a>
<a href="#">Sektorweite THG-Bilanzierung</a>	<a href="#">28</a>
<a href="#">THG-Bilanzierung der Einrichtungen</a>	<a href="#">28</a>

<a href="#">7.3 Umbau zu einem nachhaltigen Gesundheitswesen.....</a>	<a href="#">30</a>
<a href="#">8 Verbreitung und Öffentlichkeitsarbeit der Projektergebnisse.....</a>	<a href="#">33</a>
<a href="#">9 Verwertung der Projektergebnisse (Nachhaltigkeit / Transferpotential).....</a>	<a href="#">34</a>
<a href="#">10 Publikationsverzeichnis .....</a>	<a href="#">34</a>
<a href="#">11 Literaturverzeichnis.....</a>	<a href="#">34</a>

## 1 Zusammenfassung

Das Gesundheitswesen ist ein bedeutender Sektor der deutschen Volkswirtschaft und verursacht durch seine Aktivitäten erhebliche Treibhausgasemissionen. Um die Klimaschutzverpflichtungen Deutschlands aus dem Pariser Abkommen und dem deutschen Klimaschutzgesetz zu erfüllen, muss der Gesundheitssektor seine Treibhausgasemissionen reduzieren und Netto-Null-Emissionen erreichen. Für Deutschland fehlte bisher eine nationale Berechnung des THG-Fußabdrucks des Gesundheitssektors, was die Formulierung einer sektorweiten Dekarbonisierungsstrategie erschwert. Ziel dieser Studie war es, eine detaillierte Abschätzung der THG-Emissionen des deutschen Gesundheitswesens vorzunehmen und damit eine Evidenzbasis für politisches Handeln zu schaffen. Methodische Grundlage der THG-Bilanzierung war die umweltökonomisch erweiterte multiregionale Input-Output-Analyse. Als Datenbasis diente das Modell EXIOBASE, das um Daten der amtlichen Statistik aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und der Emissionsberichterstattung erweitert wurde.

Die Projektergebnisse liefern eine detaillierte und aktuelle Abschätzung des THG-Fußabdrucks des deutschen Gesundheitswesens für den Zeitraum 2008 bis 2019. Nach unseren Berechnungen beläuft sich der THG-Fußabdruck des deutschen Gesundheitswesens im Jahr 2019 auf 68 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente, was etwa 6% des gesamten deutschen THG-Fußabdrucks oder etwa 0,8 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Kopf entspricht. Entgegen dem Trend der Gesamtemissionen Deutschlands ist der THG-Fußabdruck des Gesundheitswesens im Betrachtungszeitraum 2008 bis 2019 nicht gesunken, sondern tendenziell leicht gestiegen. Sinkende THG-Emissionen, die insbesondere aus der Verbesserung der THG-Intensität des deutschen Energiesystems in den letzten zehn Jahren resultieren, werden im Gesundheitswesen durch steigende THG-Emissionen aus dem Konsum von Gütern und Dienstleistungen aus dem Ausland überkompensiert, die etwa die Hälfte des THG-Fußabdrucks des deutschen Gesundheitswesens ausmachen. Der Anteil der direkten THG-Emissionen (Scope 1) und der THG-Emissionen aus dem Bezug von Energiedienstleistungen (Scope 2) beträgt im Jahr 2019 jeweils ca. 10%. Die verbleibenden ca. 80% (Scope 3) der Emissionen sind auf den Konsum von Gütern und Dienstleistungen in der Vorleistungskette des Gesundheitswesens zurückzuführen. Bricht man den nationalen Anteil der Treibhausgasbilanz des Gesundheitswesens auf die Sektoren des deutschen Klimaschutzgesetzes herunter, so entfallen 42% der Emissionen auf die Energiewirtschaft, 21% auf die Industrie, 17% auf Gebäude und 14% auf den Verkehr. Die stationären und teilstationären Einrichtungen haben mit 36% den größten Anteil am THG-Fußabdruck des Gesundheitswesens.

Neben der hier vorgestellten sektoralen Treibhausgasbilanzierung unterstreicht die Studie die Notwendigkeit einer umfassenden Treibhausgasbilanzierung auf Einrichtungsebene, um gezielte Maßnahmen zur Emissionsminderung zu unterstützen. Es werden Empfehlungen zur Etablierung und Konsistenz des THG-Monitorings als Teil der

Umweltberichterstattung gegeben. Die Optimierung der Effizienz bestehender Strukturen ist jedoch nur ein Schritt auf dem Weg zu einer nachhaltigen Gesundheitsversorgung. Die Studie diskutiert auch die systemischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen einer solchen Transformation.

## 2 Einleitung

Das Gesundheitswesen ist ein gesellschaftlich und wirtschaftlich bedeutender Sektor der deutschen Volkswirtschaft. Die Gesundheitsausgaben steigen seit Jahren kontinuierlich an und machten im Jahr 2021 13 % des Bruttoinlandsprodukts aus. Wie alle wirtschaftlichen Aktivitäten verursacht auch das Gesundheitswesen Treibhausgasemissionen in erheblichem Umfang. Diese entstehen zum einen in den Gesundheitseinrichtungen selbst, etwa durch die Beheizung von Gebäuden oder den Betrieb von Fahrzeugflotten. Noch größer sind jedoch die Emissionen von Treibhausgasen (THG), die indirekt durch den Einkauf von Energie, Gütern und Dienstleistungen durch das Gesundheitswesen entstehen. Die Summe dieser direkten und indirekten Emissionen wird als Treibhausgas-Fußabdruck (THG-Fußabdruck) bezeichnet und frühere Studien schätzen den Anteil des THG-Fußabdrucks des deutschen Gesundheitswesens am gesamten THG-Fußabdruck Deutschlands auf etwa 5% (Pichler u. a. 2019; HCWH-ARUP 2019a; Romanello u. a. 2021; Lenzen u. a. 2020).

Damit Deutschland seine Klimaschutzverpflichtungen aus dem Pariser Abkommen und dem deutschen Klimaschutzgesetz erfüllen kann, muss auch der Gesundheitssektor seine Treibhausgasemissionen zügig reduzieren und letztlich Netto-Null-Emissionen erreichen. Bisher spielt der Klimaschutz im deutschen Gesundheitswesen allerdings eine eher untergeordnete Rolle (Loh u. a. 2023; Quitmann u. a. 2022). Auf nationaler Ebene gibt es weder ein systematisches Energie- und Emissionsmonitoring (Quitmann, Sauerborn, und Herrmann 2021) für den Sektor noch eine sektorweite Dekarbonisierungsstrategie. Im Rahmen der von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) initiierten [Initiative Alliance for Transformative Action on Climate and Health \(ATACH\)](#) hat sich Deutschland zwar zu mehr Nachhaltigkeit im Gesundheitssektor bekannt, eine Verpflichtung oder ein konkretes Datum für das Erreichen von Netto-Null-Emissionen wurde bisher jedoch nicht festgelegt. Für den inländischen Anteil der Emissionen des Gesundheitswesens gelten jedoch wie für alle Bereiche die Reduktionsziele des Klimaschutzgesetzes.

Das Thema Klimaschutz im Gesundheitswesen hat in den letzten Jahren aber stark an Bedeutung gewonnen. Sowohl auf politischer Ebene als auch bei den Beschäftigten des Gesundheitswesens und verschiedenen zivilgesellschaftlichen Initiativen ist eine verstärkte Auseinandersetzung mit dem Thema und eine wachsende Bereitschaft zur Umsetzung notwendiger Klimaschutzmaßnahmen zu beobachten. International spielt der National Health Service (NHS) in England eine Vorreiterrolle bei der Bilanzierung von Treibhausgasemissionen im Gesundheitswesen und bei der Formulierung ehrgeiziger Dekarbonisierungsziele. Seit 2008 veröffentlicht der NHS regelmäßig sektorale THG-Emissionsbilanzen (SEI und NHS 2008; Sustainable Development Unit, UK National Health Service 2009; Sustainable Development Unit 2013, 2016), deren stetig verbesserte Methodik sich weitgehend zu einem De-facto-Standard entwickelt hat. Der NHS hat auch ein umfassendes Programm zur Erreichung von Netto-Null-Emissionen im Gesundheitswesen vorgelegt (NHS England und NHS Improvement 2020), das 2022 gesetzlich verankert wurde. Darüber hinaus gibt es wissenschaftliche Studien zu den nationalen Emissionen im Gesundheitswesen der USA (Chung und Meltzer 2009; Eckelman und Sherman 2016), Österreichs (Weisz u. a. 2020), Australiens (Malik u. a. 2018), Kanadas

(Eckelman, Sherman, und MacNeill 2018), Chinas (Wu 2019), Japans (Nansai u. a. 2020) und der Niederlande (Steenmeijer u. a. 2022). Auf politischer Ebene haben sich bisher 22 Nationen zu einem Netto-Null-Ziel bekannt, darunter neben England die europäischen Länder Spanien, Belgien und Norwegen.

Zur Abschätzung der Emissionen des Gesundheitswesens auf nationaler Ebene wurden oft erweiterte umweltökonomische Input-Output-Modelle (EEIO) verwendet. Diese Modelle verfolgen die Geldströme durch die Wirtschaft und verknüpfen sie mit nationalen Emissionsinventaren für jeden Wirtschaftssektor. Auf diese Weise können Ausgabedaten, z.B. Gesundheitsausgaben, mit einer Emissionsintensität in Beziehung gesetzt werden, die alle Emissionen widerspiegelt, die in der gesamten Wirtschaft als Folge dieser Endnachfrage entstehen. Die EEIO-Modellierung ist in anderen Sektoren bereits weit verbreitet und bildet die Grundlage für internationale Umweltbilanzen (Miller und Blair 2009). Ein direkter Vergleich von Studien auf nationaler Ebene ist jedoch oft schwierig, da sie sich zum Teil in den verwendeten Modellen, der Definition des Gesundheitswesens oder den berücksichtigten Treibhausgasemissionen unterscheiden. Um faire Vergleiche zwischen den Ländern zu ermöglichen, wurden größere multiregionale Input-Output-Modelle (MRIO) mit konsistenten Systemdefinitionen verwendet, die mehrere Länder und Regionen sowie den Handel zwischen ihnen abdecken. Auf diese Weise können Güter wie Arzneimittel, die in einem Land produziert, aber in einem anderen verwendet werden, angemessen berücksichtigt werden. Internationale Studien haben wiederholt gezeigt, dass der Gesundheitssektor weltweit für 4,4 % bis 5,2 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich ist. Dies unterstreicht die entscheidende Rolle des Gesundheitswesens bei der Reduzierung von Emissionen und der Erreichung von Netto-Null-Zielen (Pichler u. a. 2019; HCWH-ARUP 2019a; Romanello u. a. 2021; Lenzen u. a. 2020; Sherman u. a. 2023).

Für Deutschland fehlt bislang eine nationale Bewertung des THG-Fußabdrucks des Gesundheitswesens, was eine Hürde für die Formulierung einer sektoralen Dekarbonisierungsstrategie darstellt. Die bisher veröffentlichten wissenschaftlichen Studien zu den THG-Emissionen des Gesundheitswesens, die auch das deutsche Gesundheitssystem berücksichtigen, dienen vorrangig dem internationalen Vergleich von Gesundheitssystemen (Pichler u. a. 2019; HCWH-ARUP 2019a; Romanello u. a. 2021; Lenzen u. a. 2020). Die Beschreibung der Gesundheitssysteme bleibt dabei auf einem sehr hoch aggregierten Niveau und die Abschätzung erfolgt meist nur für ein Jahr. Dies erschwert Rückschlüsse auf besonders THG-intensive Bereiche innerhalb des deutschen Gesundheitswesens und damit die Ableitung von Minderungsoptionen.

Ziel dieser Studie ist es daher, eine detailliertere Darstellung der THG-Emissionen, ihrer Entstehungsorte und -arten zu erarbeiten und damit Handlungsoptionen aufzuzeigen. Insgesamt soll das Vorhaben die wissenschaftliche Evidenzbasis für die Entwicklung von Maßnahmen zur THG-Reduktion im deutschen Gesundheitswesen schaffen. Der Fokus liegt dabei auf einer aktuellen und zeitlichen Abschätzung der Treibhausgasemissionen unter Verwendung der detailliertesten nationalen statistischen Datenbasis. Ebenso werden die durch den Konsum von Gesundheitsleistungen in Deutschland verursachten Treibhausgasemissionen den sechs Produktionssektoren des deutschen Klimaschutzgesetzes zugeordnet (siehe Kapitel 5.5.). Der methodische Schwerpunkt des Projekts ist die ökologisch erweiterte Input-Output-Modellierung (EE-MRIO) unter Verwendung des EXIOBASE-Modells erweitert durch Input-Output- und Emissionsdaten von Destatis.

Das Projekt GermanHealthCFP (Evidenzbasis Treibhausgasemissionen des deutschen Gesundheitswesens) wurde vom Referat 622 - Umweltbezogener Gesundheitsschutz, Klima

und Gesundheit des Bundesministeriums für Gesundheit in Auftrag gegeben. Auftragnehmer ist das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Das Projekt wurde unter der Projektleitung von Dr. Peter-Paul Pichler in Zusammenarbeit mit Ingram Jaccard, Leonie Hanewinkel und Prof. Dr. Helga Weisz durchgeführt.

## 3 Erhebungs- und Auswertungsmethodik

### 3.1 Begriffliche Klärungen

#### Definition: THG-Fußabdruck (Carbon Footprint)

Treibhausgase entstehen vor allem bei der Verbrennung fossiler Energieträger (zur Erzeugung von Strom, Wärme oder Mobilität), bei industriellen Prozessen sowie in der Land- und Abfallwirtschaft. Neben Kohlendioxid ( $CO_2$ ), das in Deutschland mit einem Gesamtanteil von knapp 90 % (2021) das wichtigste Treibhausgas ist, zählen auch Methan, Lachgas und die fluorierten Gase zu den Treibhausgasen. Die verschiedenen Gase wirken sich unterschiedlich stark auf die Erderwärmung aus, können aber durch Umrechnung in  $CO_2$ -Äquivalente in einer gemeinsamen Einheit angegeben werden.

Das Statistische Bundesamt (Destatis) veröffentlicht jährlich im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen die Treibhausgasemissionen aller Wirtschaftsakteure in Deutschland nach Produktionsbereichen. Rund drei Viertel der Treibhausgasemissionen werden von den verschiedenen Wirtschaftssektoren verursacht, wobei die Energiewirtschaft der größte Verursacher ist, gefolgt vom Gebäudesektor und dem Verkehrssektor. Der Rest wird von den privaten Haushalten verursacht, insbesondere durch das Heizen von Gebäuden, die Warmwasserbereitung und den Betrieb von Kraftfahrzeugen.

Aufgrund ihrer vergleichsweise geringen direkten Treibhausgasemissionen spielen Dienstleistungssektoren wie das Gesundheitswesen in dieser Betrachtung eine eher untergeordnete Rolle. In den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen macht der Gesundheits- und Sozialbereich weniger als ein Prozent der deutschen THG-Emissionen aus. Dieser produktionsbezogene Bilanzierungsansatz berücksichtigt die THG-Emissionen in den Wirtschaftssektoren, in denen sie entstehen. Bei der konsumbasierten Bilanzierung werden die THG-Emissionen dem Endverbrauch zugerechnet, d.h. den Akteuren, deren wirtschaftliche Aktivitäten sie über die gesamte Vorleistungskette verursacht haben. Diese THG-Emissionen werden auch als THG-Fußabdruck bezeichnet. Der THG-Fußabdruck des deutschen Gesundheitswesens berücksichtigt sowohl alle direkten Emissionen des Sektors (z.B. die Gasheizung eines Krankenhauses) als auch alle indirekten THG-Emissionen entlang der Lieferketten von Konsumgütern und Dienstleistungen im In- und Ausland (z.B. strombezogene Emissionen bei der Herstellung von Arzneimitteln) (Pichler 2022).

Der THG-Fußabdruck, in der englischsprachigen Literatur auch Carbon Footprint genannt, ist vom terminologisch ähnlichen Konzept des ökologischen Fußabdrucks zu unterscheiden (Hammond 2007). Der ökologische Fußabdruck ist ein Flächenindikator, während der THG-Fußabdruck ein Gewichtsindikator ist, ausgedrückt in Tonnen oder Kilogramm Emissionen pro Konsumaktivität. Die Frage, welche Emissionen in den Carbon Footprint einbezogen werden sollten, wird nicht einheitlich beantwortet. Wiedmann und Minx (2008) schlagen vor, dass der Carbon Footprint nur  $CO_2$ -Emissionen enthalten sollte, um Unklarheiten darüber zu vermeiden, was genau berücksichtigt wird. Sie argumentieren, dass andere Treibhausgasemissionen als  $CO_2$  oft nicht auf Kohlenstoff basieren und dass es

schwierig sein könnte, Daten über andere Treibhausgasemissionen zu erhalten. In der neueren Literatur wird der Carbon Footprint zunehmend als Fußabdruck der THG-Emissionen im weiteren Sinne interpretiert und auch so berechnet (Tukker u. a. 2014). Die unterschiedlichen Begrifflichkeiten in der Literatur sind darauf zurückzuführen, dass ähnliche Methoden parallel für analoge Fragestellungen in verschiedenen Disziplinen entwickelt wurden, wie z.B. in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung, der Ökobilanzierung, der Energieanalyse, der Input-Output-Analyse oder der Lebenszyklusanalyse, wie z.B. in (Grubler u. a. 2012) oder (Ramaswami u. a. 2011) beschrieben (vgl. auch (Munksgaard und Pedersen 2001)). In diesem Projekt werden neben  $CO_2$  auch die anderen Kyoto-Treibhausgase ( $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ ,  $SF_6$ , F-Gase) berücksichtigt, um den THG-Fußabdruck des Gesundheitswesens abzuschätzen.

#### **Definition: Direkte und indirekte Emissionen**

Jede sozioökonomische Einheit, sei es eine Stadt, ein Land, ein Haushalt oder ein Wirtschaftssektor, verursacht durch ihre Aktivitäten direkt Emissionen. Dies gilt auch für Dienstleistungs- und Endverbrauchssektoren, die in der Regel keine materiellen Güter produzieren, aber z.B. durch Transportaktivitäten oder die Beheizung von Gebäuden direkt Treibhausgasemissionen verursachen. Darüber hinaus kauft jede sozioökonomische Einheit Waren und Dienstleistungen aus anderen Regionen, Ländern und Sektoren ein und verursacht damit Emissionen in den Regionen und Sektoren, in denen die gekauften Waren produziert werden. Diese indirekten Emissionen sind dem Konsumenten (in unserem Fall dem Gesundheitssystem) zuzurechnen, werden aber nicht direkt von ihm verursacht. Die so bilanzierten Emissionen werden auch als konsumbedingte Emissionen bezeichnet. Mit der zunehmenden globalen Verflechtung der Weltwirtschaft durch schnell wachsende Handelsnetzwerke sind indirekte Emissionen zu einer wichtigen, manchmal sogar dominierenden Komponente der lokalen Treibhausgasbilanz geworden (Minx u. a. 2013).

#### **Definition: Gesundheitswesen**

Das System of Health Accounts (SHA) (OECD, EUROSTAT, und WHO 2011) gilt als gemeinsamer und umfassender Berichtsstandard für die Gesundheitsausgaben von Destatis, Eurostat, der OECD sowie der WHO und dient auch in diesem Projekt als Grundlage für die Definition des Gesundheitssystems. Die Gesundheitsausgaben umfassen alle Güter und Dienstleistungen, die der Prävention, Behandlung, Rehabilitation und Pflege dienen, sowie die Verwaltungs- und Investitionskosten der Einrichtungen des Gesundheitswesens. Diese Definition wurde auch in den meisten bisherigen internationalen Vergleichsstudien verwendet (Pichler u. a. 2019; HCWH-ARUP 2019b).

### **3.2 Berechnung THG-Fußabdruck**

Der THG-Fußabdruck des Gesundheitssektors wird mit Hilfe der sogenannten umweltökonomisch erweiterten Input-Output-Analyse berechnet. Hierzu stellt die amtliche Input-Output-Statistik von Destatis Tabellen mit den monetären Verflechtungen aller deutschen Wirtschaftssektoren untereinander sowie dem Endverbrauch in den einzelnen Sektoren zur Verfügung. Der Endverbrauch basiert auf den Gesundheitsausgaben der amtlichen Statistik, klassifiziert nach SHA. Auf diese Weise können die THG-Emissionen aus den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen analytisch konsistent von den Produktions- auf die Endverbrauchssektoren verteilt werden. Die THG-Emissionen aus internationalen Lieferketten werden analog mit dem umweltökonomisch erweiterten multiregionalen Input-Output-Modell (EE-MRIO) EXIOBASE, Version 3.8.2 berechnet.

## Input-Output-Berechnungen

Eine Input-Output-Tabelle (IO-Tabelle) enthält Informationen über die Ströme von Waren und Dienstleistungen zwischen verschiedenen Produktionssektoren über einen Zeitraum von einem Jahr. Eine IO-Tabelle besteht aus drei monetären Matrizen: einer Matrix der Transaktionen zwischen den Wirtschaftsbereichen (hier als **T** bezeichnet), einer Matrix der Primärinputs (**V**) und einer Matrix der Endnachfrage (**Y**).

Die **T**-Matrix enthält die Vorleistungen (in Geldeinheiten), die von einem Produktionssektor für die Produktion von Waren und Dienstleistungen in einem anderen Sektor verwendet werden. Die **V**-Matrix zeigt die für den Produktionsprozess erforderlichen Vorleistungen wie Löhne, Steuern und Subventionen. Die **Y**-Matrix gibt den Wert der Waren und Dienstleistungen an, die für den Endverbrauch und nicht als Vorleistungen für die weitere Produktion verwendet werden. Diese Endnachfrage wird im Allgemeinen in mehrere Kategorien unterteilt, darunter Konsum der privaten Haushalte, Konsum des Staates, Konsum der Organisationen ohne Erwerbszweck, Bruttoanlageinvestitionen sowie Vorräte und Wertsachen.

Eine multiregionale Input-Output-Tabelle (MRIO) kombiniert die IO-Tabellen mehrerer Regionen (z.B. Länder), wobei der Output eines Sektors in einer Region als Input für einen Sektor in einer anderen Region ausgewiesen werden kann. Um die MRIO-Tabelle umweltökonomisch zu erweitern, wird schließlich eine weitere Tabelle verwendet, die als Satellitenkonto (**Q**) bezeichnet wird. Dieses Satellitenkonto enthält Informationen über verschiedene Arten von direkten physischen Daten oder "Erweiterungen" (extensions), die mit jedem der Produktionssektoren in der Tabelle verbunden sind, wie z.B. Treibhausgasemissionen.

Die Standardberechnung des EE-IO-THG-Fußabdrucks besteht aus der Verwendung der **T**- und **Y**-Datentabellen zur Berechnung des Gesamtoutputs, der direkten THG-Intensitäten pro Produktionssektor und der Berechnung der Leontief-Inversen (**L**) zur Ermittlung der gesamten (direkten + indirekten) THG-Intensitäten pro Produktionssektor.

Die Zeilensummen von **T** und **Y** ergeben zusammen einen Vektor **x** des Gesamtoutputs für jeden Sektor in diesem Jahr: den gesamten Output, der als Input für andere Sektoren verwendet wurde (**T**), plus den Output, der als Endprodukt nachgefragt wurde (**Y**). Die Matrix **T** kann dann durch diesen Gesamtoutput geteilt werden, um eine Matrix zu erhalten, die hier als Technologiematrix (**A**) bezeichnet wird. Diese Matrix gibt an, wie viel Input von einem Sektor in einen anderen benötigt wird, um eine Einheit (einen Euro) des Outputs des empfangenden Sektors herzustellen. **A** hat die gleichen Dimensionen wie **T**.

Schließlich wird eine direkte THG-Erweiterung (**q**) (in physikalischen Einheiten, z. B. kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente) aus dem Satellitenkonto (**Q**) durch den Gesamtoutput (**x**) geteilt, um einen Vektor der direkten THG-Intensitäten pro Sektor in diesem Jahr (die Menge an physikalischen Umwelteinheiten in einer Einheit des Outputs) (**k**) zu berechnen (siehe Gleichung 1).

$$\text{Gleichung (1): } k = qx^{-1}$$

Subtrahiert man die **A**-Matrix von einer Identitätsmatrix der gleichen Dimension (**I**) und invertiert sie  $(I - A)^{-1}$ , so erhält man eine Matrix, in der alle Vorleistungen einer Produktionseinheit für jeden Sektor aufgeführt sind. Dies wird als Leontief-Inverse (**L**) bezeichnet. Durch Vormultiplikation der Leontief-Inversen (**L**) mit dem Vektor der direkten Treibhausgasintensitäten (**k**) erhält man einen Vektor der gesamten (direkten +



indirekten) Treibhausgasemissionen in einer Einheit des Outputs für jeden Sektor, einen Vektor der gesamten Treibhausgasintensitäten ( $\mathbf{e}$ ) (siehe Gleichung 2).

Gleichung (2):  $e = k^{\circ}L$

Die zeilenweise Multiplikation von  $\mathbf{k}$  und  $\mathbf{L}$  ergibt eine Gesamtmatrix der Treibhausgasintensitäten ( $\mathbf{e}''$ ) derselben Dimension wie  $\mathbf{L}$ , deren Spaltensummen dem Gesamtvektor der Treibhausgasintensitäten ( $\mathbf{e}$ ) entsprechen (siehe Gleichung 3).

Gleichung (3):  $\mathbf{e}'' = \mathbf{k} * \mathbf{L}$

Schließlich wird durch zeilenweise Multiplikation des Vektors der gesamten Treibhausgasintensität ( $\mathbf{e}$ ) und der Endnachfrage ( $\mathbf{Y}$ ) der Treibhausgasfußabdruck der Endnachfrage ( $\mathbf{E}$ ) berechnet (siehe Gleichung 4).

Gleichung (4):  $E = e * Y$

### **Substitution der Endnachfrage durch Gesundheitsausgaben**

Zur Berechnung des THG-Fußabdrucks der Endnachfrage werden die gesamten THG-Intensitäten verwendet. Die Endnachfrage nach Gesundheitsgütern und -dienstleistungen verteilt sich jedoch auf mehrere Input-Output-Produktionssektoren, abhängig von den unterschiedlichen Sektoraggregationen in den verschiedenen IO-Modellen. Ein Teil der gesundheitsbezogenen Endnachfrage kann auch in einem Produktionssektor mit einer nicht gesundheitsbezogenen Endnachfrage zusammengefasst werden, z. B. pharmazeutische Produkte zusammen mit anderen chemischen Produkten. Im EE-MRIO-Modell EXIOBASE wird z.B. der Gesundheitssektor mit dem Sozialwesen zusammengefasst, während in den nationalen IO-Tabellen von Destatis für Deutschland diese Sektoren getrennt werden.

Um dieses Problem der Systemgrenzen zu lösen, verwenden wir die externen Ausgaben für die Endnachfrage nach Gesundheit gemäß der Klassifikation des Systems of Health Accounts (SHA). Die SHA-Klassifikation wird verwendet, um die Gesundheitsausgaben innerhalb der Länder über die Zeit und zwischen den Ländern konsistent zu erfassen und zu klassifizieren.

Wir beginnen also mit den Ausgaben im SHA mit seiner definierten Systemgrenze und berechnen den THG-Fußabdruck, indem wir diese Ausgaben mit den gesamten THG-Intensitäten multiplizieren, die in den EE-IOs berechnet wurden. Da sich die SHA-Ausgabenkategorien von den IO-Produktionssektoren unterscheiden, erstellen wir eine Konkordanzmatrix zwischen den SHA-Kategorien und den IO-Sektoren. Dies ist eine Matrix mit den SHA-Kategorien als Spalten und den IO-Sektoren als Zeilen. Wenn eine SHA-Kategorie und ein IO-Sektor nicht verbunden sind, hat die Matrix den Wert Null, und wenn sie verbunden sind, hat sie den Wert Eins.

Die SHA-Ausgaben werden zu Anschaffungspreisen angegeben, d.h. zum Basispreis zuzüglich aller Handels- und Transportmargen sowie aller Steuern und Subventionen. Die gesamten THG-Intensitäten in den IO-Modellen werden jedoch in Herstellungspreisen ausgedrückt, d.h. die Menge an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Geldeinheit des Herstellungspreises dieser Ware oder Dienstleistung. Wir wandeln die Gesamt-THG-Intensitäten vom Herstellungspreis in den Anschaffungspreis um, indem wir die Gesamt-THG-Intensitäten aller Handels- und Transportmargen addieren, während die Steuer- und Subventionsmargen keine THG-Emissionen enthalten.

Das SHA schlüsselt die Gesamtausgaben des Gesundheitssystems nach drei verschiedenen Klassifikationen auf: nach Leistungserbringer, nach Funktion und nach Finanzierungssystem. Für unsere Schätzungen des THG-Fußabdrucks verwenden wir die Klassifikation nach Leistungserbringern (“Art der Einrichtung”).

Die 15 SHA-Einrichtungen sind: Krankenhäuser, Arztpraxen, Zahnarztpraxen, Praxen sonstiger medizinischer Berufe, Apotheken, Gesundheitshandwerk/-einzelhandel, Ambulante Pflege, Vorsorge-/Rehabilitationseinrichtungen, Stationäre/teilstationäre Pflege, Gesundheitsschutz, Rettungsdienste, Verwaltung, Sonstige Einrichtungen und private Haushalte, Investitionen, Ausland.

### **Fußabdruck aufgeschlüsselt nach Scopes 1, 2 und 3**

Bei der Aufschlüsselung des Fußabdrucks nach den Kategorien des **Greenhouse Gas Protocol (GHGP)** folgen wir der Methodik in (HCWH-ARUP 2019c) (Beschreibung der detaillierten Methodik in Anhang B des Berichts). Scope 1 Emissionen sind die direkten Emissionen des Gesundheitssektors (einschließlich Gebäude und Transport), der gesundheitsbezogenen Versicherungen und der häuslichen Krankenpflege. Sie werden berechnet, indem die Ausgaben für die Endnachfrage des SHA nur mit dem Vektor der direkten Treibhausgasintensitäten (**k**) der entsprechenden IO-Sektoren multipliziert werden und die IO-Sektoren herausgefiltert werden, die mit den oben genannten Einrichtungen in Verbindung stehen.

Die Scope 2 Emissionen sind die direkten Emissionen aus der Bereitstellung von Strom, Dampf, Wärme und Kälte, die vom Gesundheitssystem eingekauft werden. Sie werden berechnet, indem die gleichen Input-Output-Berechnungen wie für den gesamten Fußabdruck durchgeführt werden, aber die Technologiematrix (**A**) durch die Leontief-Inverse (**L**) ersetzt wird. Auf diese Weise werden die Emissionen der ersten Ebene der Versorgungskette des Gesundheitswesens berechnet: die direkten Emissionen aus dem Kauf von Gütern und Dienstleistungen durch das Gesundheitssystem. Anschließend filtern wir diese Emissionen der ersten Ebene für die IO-Sektoren Strom, Dampf, Heizung und Kühlung, um Scope 2 zu berechnen.

Schließlich werden die Scope 3 Emissionen berechnet, indem die Scope 1 und Scope 2 Emissionen vom gesamten Fußabdruck abgezogen werden. Scope 3 umfasst alle verbleibenden Emissionen der Lieferkette.

### **Inländischer THG-Fußabdruck (Destatis)**

Der THG-Fußabdruck des deutschen Gesundheitswesens umfasst alle Emissionen, die entlang der Lieferkette durch die Ausgaben für die Endnachfrage entstehen. Ein Teil der Emissionen entsteht in Deutschland entlang der inländischen Vorleistungskette, der Rest im Ausland entlang der ausländischen Vorleistungskette. Der Vorteil der Verwendung eines EE-MRIO wie EXIOBASE für die Berechnung des Fußabdrucks ist, dass der Fußabdruck nach Ländern und Sektoren aufgeschlüsselt werden kann und somit die Emissionen entlang der inländischen Lieferkette von denen entlang der ausländischen Lieferkette getrennt werden können. Eine Einschränkung der EE-MRIOs ist jedoch die höhere Datenunsicherheit, da die nationalen Input-Output-Daten aus vielen Ländern zusammengeführt werden müssen und es aufgrund mehrerer Harmonisierungsschritte zu Abweichungen von den national berichteten Daten kommen kann. Ebenso können die nationalen Emissionsdaten in einem EE-MRIO von den offiziellen nationalen Emissionsdaten abweichen.

Aus diesem Grund schätzen wir den THG-Fußabdruck des deutschen Gesundheitswesens mit dem EE-MRIO-Modell EXIOBASE, ersetzen aber den inländischen Anteil des THG-Fußabdrucks des deutschen Gesundheitswesens durch die offiziellen IO-Tabellen und Emissionsdaten Deutschlands, die vom Statistischen Bundesamt Destatis veröffentlicht werden. Die Schätzung des Fußabdrucks anhand der Destatis-Daten liefert nur den inländischen Anteil des gesamten Fußabdrucks. Um den ausländischen Anteil des Fußabdrucks zu bestimmen, verwenden wir zusätzlich das EE-MRIO-Modell EXIOBASE.

Die nationalen deutschen IO-Tabellen (Destatis-Code: 81511) wurden von [der Destatis-Online-Datenbank \(GENESIS\)](#) heruntergeladen. Die Daten zu den Treibhausgasemissionen ([Umweltökonomische Gesamtrechnungen: Anthropogene Luftemissionen - Berichtszeitraum 2000 - 2020](#)) sind ebenfalls auf der Destatis-Website erhältlich.

Die Emissionsdaten werden für jedes Jahr von 2000 bis 2020 nach der Sektorklassifikation CPA ([Classification of Products by Activity](#)) veröffentlicht. Die berücksichtigten Treibhausgase sind  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ , HFC, PFC,  $SF_6$ . Die IO-Tabellen folgen ebenfalls der CPA-Klassifikation, weisen jedoch aufgrund unterschiedlicher Datenrevisionen eine leicht abweichende sektorale Aufteilung über die verfügbaren Jahre auf. Vor 2008 (Revision 2005) sind die IO-Tabellen mit nur 12 Sektoren stark aggregiert. Das Gesundheitswesen ist mit Sozialwesen, Erziehung und Unterricht, Abfallwirtschaft etc. zusammengefasst und es gibt keinen eigenständigen pharmazeutischen Sektor. Ab 2008 (Revision 2011) erhöht sich die Anzahl der Sektoren auf 73, mit einem eigenständigen Sektor "Pharmazeutische Erzeugnisse", einem eigenständigen Sektor "Dienstleistungen des Gesundheitswesens" und einem eigenständigen Sektor "Dienstleistungen des Sozialwesens". Für die Jahre 2008 und 2009 verwenden wir die IO-Tabellen der Revision 2011. Die Revisionen 2014 und 2019 hatten jeweils 72 Sektoren, ebenfalls mit den eigenständigen Sektoren "Pharmazeutische Erzeugnisse", "Dienstleistungen des Gesundheitswesens" und "Dienstleistungen des Sozialwesens". Für die Jahre 2010 bis 2014 verwenden wir die Revision 2014 und für die Jahre 2015 bis 2019 die Revision 2019. Unsere Fußabdruck-Zeitreihe erstreckt sich daher von 2008 bis 2019, obwohl die SHA-Ausgabedaten von 1992 bis 2019 reichen, da die gesamten THG-Intensitäten, die aus den hoch aggregierten IO-Sektoren vor 2008 berechnet wurden, nicht mit denen für 2008 und danach vergleichbar wären.

Die Klassifizierung der THG-Emissionen hingegen weist für alle Jahre (2000 - 2020) einen eigenständigen pharmazeutischen Sektor auf, aber einen aggregierten Sektor "Gesundheits- und Sozialwesen" (CPA08-Q). Wir haben uns dafür entschieden, die Emissionen in diesem aggregierten Sektor in einen Sektor "Dienstleistungen des Gesundheitswesens" und einen Sektor "Dienstleistungen des Sozialwesens" aufzuteilen, so dass wir diese Sektoraufteilung in den IO-Tabellen verwenden und separate Gesamt-THG-Intensitäten für "Dienstleistungen des Gesundheitswesens" und "Dienstleistungen des Sozialwesens" berechnen können. Diese Sektoraufteilung ist zwar in den von Destatis veröffentlichten nationalen Emissionsdaten nicht verfügbar, wohl aber in den von Destatis an Eurostat übermittelten Emissionsdaten (die der NACE-Klassifikation und nicht der CPA-Klassifikation folgen). Sowohl nach der CPA als auch nach der NACE umfasst der Sektor "Dienstleistungen des Gesundheits- und Sozialwesens" (Abschnitt Q) jedoch "Dienstleistungen des Gesundheitswesens" und "Dienstleistungen des Sozialwesens". Um in den Destatis-Emissionsdaten die Emissionen des Sektors "Dienstleistungen des Gesundheitswesens" von den Emissionen des Sektors "Dienstleistungen des Sozialwesens" zu trennen, haben wir die Gesamtemissionen des Sektors "Gesundheits- und Sozialwesen" entsprechend dem Anteil der Gesamtemissionen für "Gesundheitswesen" und "Sozialwesen" aufgeteilt, wie sie in der Eurostat-Datentabelle "Luftemissionskonten nach NACE Rev.2 Wirtschaftszweigen" ([env\\_ac\\_ainah\\_r2](#)) zu finden sind.

Auf der Grundlage der oben beschriebenen Standard-Input-Output-Berechnungen werden die gesamten Treibhausgasintensitäten nach CPA-Sektoren berechnet. Diese sind der Gesamtintensitätsvektor ( $e$ ) und die Matrix ( $e''$ ) unter Verwendung von Destatis-Datentabellen. Um schließlich den nationalen Gesundheitsfußabdruck zu berechnen, multiplizieren wir diese Gesamtemissionsintensitäten mit den SHA-Ausgabedaten, nachdem wir eine Konkordanzmatrix zwischen den 15 SHA-Kategorien und den CPA-Sektoren erstellt haben. Ein Problem hierbei sind jedoch die unterschiedlichen Preiskonzepte dieser Daten. Die SHA-Ausgabedaten sind in Anschaffungspreisen ausgedrückt, während die aus den IO- und Emissionsdaten berechneten Gesamtintensitäten in Herstellungspreisen ausgedrückt sind (Tonnen CO<sub>2</sub>eq pro Euro Herstellungspreis). Bevor die Gesamtemissionsintensitäten mit den SHA-Ausgaben multipliziert werden, benötigen wir Daten über den Anteil des Herstellungspreises am Anschaffungspreis (an den Ausgaben für die Endnachfrage) pro Sektor sowie über den Anteil von Handel, Transport und Steuern abzüglich Subventionen am Anschaffungspreis pro Sektor. Diese Margendaten zu den Endnachfrageausgaben sind bei Destatis nicht öffentlich verfügbar. Daher verwenden wir für diesen Schritt Margendaten aus den veröffentlichten Angebots- und Verwendungstabellen in EXIOBASE.

Zunächst wird der Gesamtintensitätsvektor vom Herstellungspreis in den Anschaffungspreis umgerechnet. Dazu multiplizieren wir die Gesamtintensität im Herstellungspreis mit dem Anteil des Herstellungspreises am Anschaffungspreis und addieren die Gesamthandelsintensität multipliziert mit dem Anteil der Handelsmarge und die Gesamttransportintensität multipliziert mit dem Anteil der Transportmarge am Anschaffungspreis. Als nächstes nehmen wir diese Gesamtintensität im Anschaffungspreis und multiplizieren sie mit den entsprechenden SHA-Ausgaben im Anschaffungspreis. Auf diese Weise erhalten wir den Fußabdruck pro SHA-Ausgabenkategorie. In Fällen, in denen eine SHA-Ausgabenkategorie mehr als einem IO-Sektor entspricht, verwenden wir die Endnachfrage im IO-Modell, um die Gewichtung der Gesamtintensität jedes IO-Sektors im Anschaffungspreis zu bestimmen. Dieser gewichtete Anteil geht dann in die aggregierte Gesamtintensität des Anschaffungspreises für die SHA-Ausgabenkategorie ein.

### **Ausländischer THG-Fußabdruck (EXIOBASE)**

Um den ausländischen Anteil des Fußabdrucks zu berechnen, verwenden wir die EE-MRIO EXIOBASE (Version 3.8.2., Produkt-für-Produkt). In dieser Version des Modells gibt es 200 Produktionssektoren pro Land, die wir den SHA-Ausgabenkategorien zuordnen. EXIOBASE ist in einigen Sektoren stärker disaggregiert als die CPA-Klassifikation, die in den IO-Tabellen von Destatis verwendet wird, aber in den wichtigsten Sektoren des Gesundheitswesens stärker aggregiert. In EXIOBASE gibt es keinen separaten Sektor "Pharmazeutische Erzeugnisse", sondern einen Sektor "Chemische Erzeugnisse", in dem die pharmazeutischen Erzeugnisse enthalten sind. Darüber hinaus gibt es einen Sektor "Gesundheits- und Sozialwesen", in dem das Gesundheitswesen zusammen mit dem Sozialwesen enthalten ist. Wenn wir die Ausgaben von z.B. Krankenhäusern mit der gesamten Emissionsintensität des Sektors "Gesundheits- und Sozialwesen" multiplizieren, dann beziehen wir auch die gesamte Emissionsintensität des Sozialwesens in unsere Fußabdruckschätzung ein, d.h. wir verwenden eine durchschnittliche Intensität für das gesamte Gesundheits- und Sozialwesen.

Um die Schätzung des EXIOBASE-Fußabdrucks zu verbessern und ihn besser mit der Schätzung des nationalen Fußabdrucks von Destatis vergleichbar zu machen, haben wir die IO-Tabellen von Destatis verwendet, die getrennte Sektoren für pharmazeutische Produkte und Dienstleistungen des Gesundheitswesens enthalten, um die Anteile von

pharmazeutischen Produkten im Vergleich zu anderen chemischen Erzeugnissen und von Dienstleistungen des Gesundheitswesens im Vergleich zu Dienstleistungen des Sozialwesens pro Sektor in den monetären IO-Tabellen zu berechnen (die T-Tabelle). Diese Anteile wurden dann verwendet, um einen pharmazeutischen Sektor in den EXIOBASE T-Tabellen zu erstellen, indem zunächst alle chemischen Subsektoren zu einem aggregierten Chemiesektor zusammengefasst wurden und dann die in der Destatis IO-Tabelle berechnete Aufteilung zwischen Pharmazeutika und anderen chemischen Erzeugnissen pro Sektor verwendet wurde, um den neuen pharmazeutischen Sektor zu erstellen. Dazu mussten die EXIOBASE-Sektoren mit den Destatis IO-Sektoren übereinstimmen, und für alle ausländischen Sektoren konnten wir nur die Aufteilung in Gesamtimporte und Gesamtexporte verwenden. Das gleiche Verfahren wurde für die EXIOBASE T-Tabellen angewandt, um separate Sektoren "Dienstleistungen des Gesundheitswesens" und "Dienstleistungen des Sozialwesens" zu erstellen. Auf diese Weise konnten wir auch die Gesamtproduktion und die direkten Emissionen aufteilen.

Mit Hilfe der oben dargestellten Standard Input-Output-Berechnungen konnten wir die Gesamtemissionsintensitäten in EXIOBASE berechnen, die nun auch die Gesamtintensitäten für einen eigenständigen Pharmasektor und die eigenständigen Sektoren "Dienstleistungen des Gesundheitswesens" und "Dienstleistungen des Sozialwesens" enthalten. Wir passten die SHA-Kategorien an die EXIOBASE-Sektoren und diese neuen eigenständigen Sektoren an, rechneten die Gesamtintensitäten von Herstellungspreisen in Anschaffungspreise um und multiplizierten sie mit den SHA-Ausgaben, um den Fußabdruck zu berechnen. Durch die Verwendung der Gesamtintensitätsmatrix können wir den ausländischen Anteil des Fußabdrucks herausfiltern.

Alle benötigten Datentabellen für [EXIOBASE Version 3.8.2](#) sind frei verfügbar.

### **Inländischer THG-Fußabdruck nach Sektoren des Klimaschutzgesetz**

In diesem Bericht schlüsseln wir den verbrauchsbasierten THG-Fußabdruck des deutschen Gesundheitswesens nach den Produktionssektoren des Klimaschutzgesetzes (KSG) auf. Wir tun dies nur für den inländischen Teil des Fußabdrucks von Destatis, da dies die in Deutschland emittierten Emissionen sind, die unter das KSG fallen. Da wir unsere Fußabdrücke zunächst nach CPA-Sektoren aufgeschlüsselt haben, müssen wir diese Emissionen aus CPA den sechs KSG-Sektoren zuordnen: 1) Energiewirtschaft, 2) Industrie, 3) Gebäude, 4) Verkehr, 5) Landwirtschaft und 6) Abfallwirtschaft und Sonstiges. Dies wird durch die Tatsache erschwert, dass die Emissionen eines CPA-Sektors auf verschiedene KSG-Sektoren verteilt sein können.

Um diese Emissionen nach KSG-Sektoren zu trennen, nutzen wir die Tatsache, dass die nationalen Emissionsdaten von Destatis nicht nur nach CPA-Sektoren, sondern auch nach drei Arten von Emissionsquellen aufgeschlüsselt sind: Energieverwendung, Prozessen, Straßenverkehr. Eine Tabelle enthält zum Beispiel die  $CO_2$ -Emissionen aus der Energieverwendung gemäß der CPA-Klassifizierung, eine andere Tabelle die  $CO_2$ -Emissionen aus Prozessen gemäß der CPA-Klassifizierung usw.

Wir berechnen zunächst den inländischen THG-Fußabdruck des deutschen Gesundheitswesens nach CPA-Klassifikation und Quelle, indem wir die Destatis IO-Tabellen und einen Vektor für die direkten Emissionen jeder Klassifikationskombination verwenden. Wir ordnen jede Kombination von CPA-Sektor und Quelle zunächst den Sektoren des Common Reporting Format (CRF) zu, der THG-Berichtspflicht des UNFCCC. Dies ist der Schritt mit der größten Unsicherheit: Es ist nicht möglich, die genaue

Aufteilung der Emissionen des CPA-Sektors auf die CRF-Sektoren anhand der verfügbaren Daten zu rekonstruieren. Wir sind jedoch in der Lage, uns dem anzunähern, indem wir zum Beispiel die "Straßenverkehr"-Emissionen eines CPA-Sektors dem CRF-Sektor 1.A.3.b. (Straßenverkehr) und die "Energieverwendung" und "Prozessen"-Emissionen desselben CPA-Sektors verschiedenen CRF-Sektoren zuordnen. Die Konkordanz zwischen den CRF-Sektoren und den KSG-Sektoren ist dann einfach. Diese Konkordanztabelle finden Sie im [Bundesgesetzblatt, S. 2519](#).

Das genutzte Verfahren um von CPA- zu KSG Sektoren zu gelangen ist wie folgt:

#### *Energieverwendung:*

Die "Energieverwendung"-Emissionen aus den CPA-Sektoren "Energie und Dienstleistungen der Energieversorgung", "Kohle", "Erdöl und Erdgas" und "Kokerei- und Mineralölerzeugnisse" werden dem KSG-Sektor "Energiewirtschaft" zugeordnet. Die "Energieverwendung"-Emissionen aus dem verarbeitenden Gewerbe und den CPA-Sektoren der Industrie, wie "Pharmazeutische Erzeugnisse" und "Papier, Pappe und Waren daraus", werden dem KSG-Sektor "Industrie" zugeordnet. Die "Energieverwendung"-Emissionen aus den CPA-Sektoren "Finanz- und Versicherungsdienstleistungen", "Beherbergungs- und Gastronomiedienstleistungen" sowie den CPA-Sektoren "Gesundheit" und "Sozialwesens" selbst werden dem KSG-Sektor "Gebäude" zugeordnet. Die "Energieverwendung"-Emissionen aus den CPA-Sektoren des Verkehrs, wie "Schiffahrtsleistungen", werden dem KSG-Sektor "Verkehr" zugeordnet. Die "Energieverwendung"-Emissionen aus den CPA-Sektoren Landwirtschaft ("Erz.d. Landwirtschaft u. Jagd sowie damit verb. DL", "Forstwirtschaftl. Erzeugnisse und Dienstleistungen", "Fische und Fischereierz., Aquakulturerz., DL") werden dem KSG-Sektor "Landwirtschaft" zugeordnet. Die "Energieverwendung" Emissionen aus dem CPA-Sektor "DL d. Abwasser-, Abfallentsorgung u. Rückgewinnung" werden dem KSG-Sektor "Abfallwirtschaft und Sonstiges" zugeordnet.

#### *Prozesse*

Die Prozessemissionen werden alle dem KSG-Sektor "Industrie" zugeordnet, mit Ausnahme der Prozessemissionen der CPA-Sektoren "Energie und Dienstleistungen der Energieversorgung", "Kohle", "Erdöl und Erdgas" und "Kokerei und Mineralölerzeugnisse", deren Prozessemissionen dem KSG-Sektor "Energiewirtschaft" zugeordnet werden, der Prozessemissionen des CPA-Sektors "Erz.d. Landwirtschaft u. Jagd sowie damit verb. DL", deren Prozessemissionen dem KSG-Sektor "Landwirtschaft" zugeordnet werden, des CPA-Sektors "DL d. Abwasser- u. Abfallentsorgung u. Rückgewinnung", dessen Prozessemissionen dem KSG-Sektor "Abfallwirtschaft u. Sonstiges" zugeordnet werden, sowie der CPA-Sektoren des Verkehrs, deren Prozessemissionen dem KSG-Sektor "Verkehr" zugeordnet werden.

#### *Straßenverkehr*

Alle Emissionen der Quelle Straßenverkehr werden dem KSG-Sektor "Verkehr" zugewiesen, unabhängig davon, aus welchem CPA-Sektor sie stammen.

Schließlich werden die Treibhausgase HFKW, FKW und  $SF_6$  in den Destatis-Daten nicht nach Quellen aufgeschlüsselt. Wir ordnen alle diese Emissionen dem KSG-Sektor "Industrie" zu.

## 4 Durchführung, Arbeits- und Zeitplan

Der im Antrag festgelegte Arbeits- und Zeitplan wurde im Hinblick auf das übergeordnete Ziel einer aktualisierten und verfeinerten Abschätzung des THG-Fußabdrucks des deutschen Gesundheitswesens weitestgehend eingehalten. Im Antrag wurde weiterhin eine "bottom-up" Abschätzung der THG-Emissionen aus dem direkten Energieverbrauch des deutschen Gesundheitswesens analog zu (Weisz u. a. 2020) angestrebt. Obwohl bereits zu Beginn des Projektes bekannt war, dass es höchstwahrscheinlich keine flächendeckenden und bundesweit einheitlichen Daten zum Energieverbrauch und den daraus resultierenden Emissionen in Einrichtungen des Gesundheitswesens geben wird (Quitmann, Sauerborn, und Herrmann 2021), bestand die Hoffnung, genügend Daten für eine aussagekräftige Abschätzung zusammentragen zu können. Dies war aus verschiedenen Gründen nicht möglich, so dass beschlossen wurde, diese Aufgabe nicht weiter zu verfolgen. Insgesamt ist die Qualität und Quantität der hierzu in Deutschland verfügbaren Daten dürftig und darüber hinaus die Bereitschaft der verschiedenen Organisationen, diese Daten, soweit vorhanden, zur Verfügung zu stellen, gering. Möglicherweise wird sich in Zukunft zumindest die grundsätzliche Verfügbarkeit solcher Daten verbessern, da verschiedene Berichtspflichten auf europäischer und nationaler Ebene, die auch Einrichtungen des Gesundheitswesens betreffen, in Kürze eingeführt bzw. erweitert werden ([CSR-Richtlinien-Umsetzungsgesetz](#), [Entwurf zum Energieeffizienzgesetz](#), sowie evtl. Auflagen im Krankenhausfinanzierungsgesetz zur Energieförderung). Diese Situation könnte am schnellsten verbessert werden, wenn das Statistische Bundesamt bei der Datenerhebung im Gesundheitswesen die bisher aggregierte Kategorie "Wasser, Energie, Brennstoffe" getrennt nach den eingekauften Energieformen und Brennstoffen abfragen würde. Ebenso wäre es wünschenswert, dass das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) die im Rahmen des Energiedienstleistungsgesetzes (EDL-G) erhobenen Daten der Forschung zur Verfügung stellt.

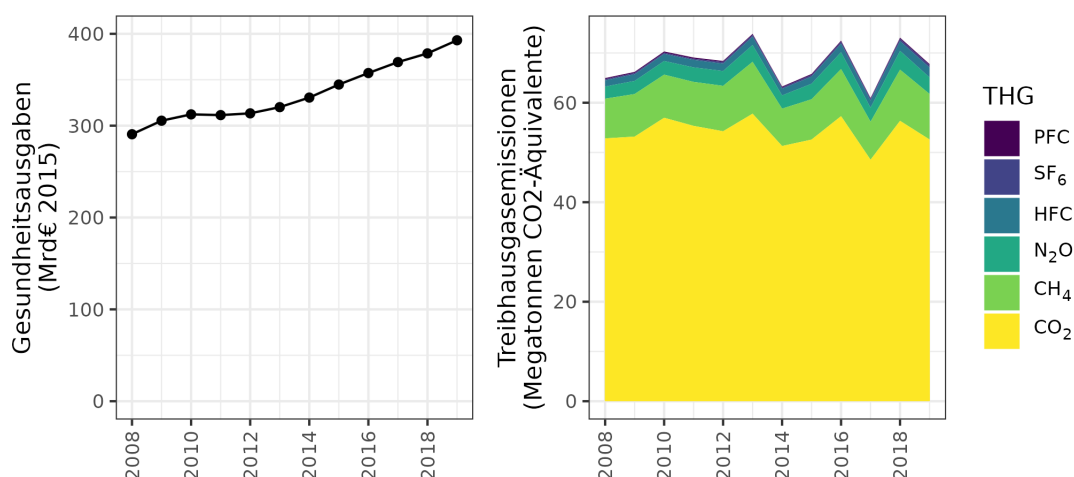
Durch den Wegfall der "Bottom-up"-Schätzung der THG-Emissionen aus dem direkten Energieverbrauch des deutschen Gesundheitswesens wurden im Projektteam zeitliche Kapazitäten frei. Diese wurden genutzt, um die "Top-down"-Schätzung so weit wie möglich zu verbessern. Zusätzlich zu den im Antrag vorgesehenen Arbeiten wurden in den globalen EE-MRIO-Modellen alle Deutschland betreffenden Daten (z.B. IO-Tabellen und Emissionsdaten) durch offizielle Daten des Statistischen Bundesamtes ersetzt. Damit ist die Schätzung des nationalen Anteils am THG-Fußabdruck des Gesundheitssektors konsistent mit der übrigen nationalen Emissionsberichterstattung. Darüber hinaus wurden relativ aufwändige Änderungen an den MRIO-Tabellen vorgenommen, um den IO-Sektor "Pharmazeutische Erzeugnisse" von den sonstigen chemischen Erzeugnissen und den Sektor "Gesundheitsdienstleistungen" von den sonstigen sozialen Dienstleistungen zu trennen. Dies sollte ebenfalls zu einer Verringerung der Schätzunsicherheiten führen.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 THG-Fußabdruck deutsches Gesundheitswesen

Im Rahmen des Projekts wurde der THG-Fußabdruck des deutschen Gesundheitswesens für die Jahre von 2008 bis 2019 berechnet. In diesem Zeitraum sind die nominalen (nicht inflationsbereinigten) Gesundheitsausgaben um mehr als die Hälfte (55%) von 267 auf 414 Milliarden Euro gestiegen. Die Gesundheitsausgaben stiegen mit durchschnittlich 5% im Jahr deutlich schneller als das Bruttoinlandsprodukt (3.3%). Der THG-Fußabdruck des

deutschen Gesundheitswesens zeigt einen weniger eindeutigen Trend (**Abbildung 1**); zwar sind die Gesundheitsemissionen im betrachteten Zeitraum von 65 Millionen Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente (2008) auf 68 Millionen Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente (2019) gestiegen, es gibt über die Jahre jedoch relativ große Schwankungen in den Ergebnissen (zwischen 61 und 74 Millionen Tonnen). Damit entspricht der THG-Fußabdruck des Gesundheitswesens im Jahr 2019 etwa 6% der konsumbedingten THG-Emissionen Deutschlands. Der Anteil von Kohlendioxid ( $CO_2$ ) an den Gesamtemissionen beträgt über den gesamten Zeitraum etwa ein 80%, wobei der Anteil der anderen Treibhausgase von ca. 19% in 2008 auf 22% in 2019 leicht anstieg.



*Abbildung 1: Gesundheitsausgaben in Milliarden Euro (inflationbereinigte 2015 Euros) zwischen 2008 und 2019 (links) und Treibhausgasfußabdruck des deutschen Gesundheitswesens im gleichen Zeitraum (rechts).*

### Vergleich mit vorherigen Studien

Der  $CO_2$ -/THG-Fußabdruck des deutschen Gesundheitswesens wurde bereits in einigen anderen Studien geschätzt. In dieser Studie schätzen wir den THG-Fußabdruck auf 63 Mio. Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente im Jahr 2014 (51 Mio. Tonnen  $CO_2$  und 12 Mio. Tonnen nicht- $CO_2$  THGs) und 66 Mio. Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente im Jahr 2015 (53 Mio. Tonnen  $CO_2$  und 13 Mio. Tonnen nicht- $CO_2$  THGs). Pichler u. a. (2019) schätzen den reinen  $CO_2$ -Fußabdruck des deutschen Gesundheitswesens für 2014 etwas höher auf 55,1 Mio. Tonnen  $CO_2$  unter Verwendung des EE-MRIO *Eora*. Lenzen u. a. (2020) schätzen den THG-Fußabdruck des deutschen Gesundheitswesens im Jahr 2015 auf 54,13 Mio. Tonnen  $CO_2$ eq, ebenfalls unter Verwendung von *Eora*. Die Studie von Lenzen u. a. (2020) verwendet für ihre Schätzung allerdings eine andere Definition des Gesundheitssektors als die vorliegende und die meisten anderen Studien (z.B. (Pichler u. a. 2019; HCWH-ARUP 2019a)). Die Endnachfrage und der damit verbundene THG-Fußabdruck der gesundheitsrelevanten Sektoren im EE-MRIO-Modell werden direkt zur Berechnung des THG-Fußabdruck des Gesundheitssektors verwendet. Dadurch wird zwar die Unsicherheit vermieden, die mit der Zuordnung der SHA-Ausgabenkategorien zu den IO-Produktionssektoren vor der Multiplikation mit den Gesamtemissionsintensitäten verbunden ist, aber die Endnachfrage, die zur Berechnung des Fußabdrucks innerhalb des Modells verwendet wird, entspricht nicht dem Gesamtbetrag der öffentlichen Gesundheitsausgaben gemäß SHA. Schließlich wurde der THG-Fußabdruck des **deutschen Gesundheitssystems von Health Care Without Harm** auf 57,5 Mt $CO_2$ eq im Jahr 2014 geschätzt. Der Anteil der inländischen Wirtschaft an diesen Emissionen beträgt 61,8% oder 35,5 Mio. Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente. Im Vergleich dazu



schätzen wir den inländischen Anteil am Fußabdruck auf 35.9 Mio. Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente im Jahr 2014, was als sehr gute Übereinstimmung angesehen werden kann. Die von Health Care Without Harm angewandte Methodik ist der in diesem Bericht verwendeten ähnlich, wobei WIOD als EE-MRIO verwendet wird, aber eine benutzerdefinierte Umwelterweiterung mit den Gasen  $CH_4$  und  $N_2O$  (und ohne HFC, PFC und  $SF_6$ ), die ursprünglich nicht in WIOD enthalten sind, erstellt werden musste. Grundsätzlich beurteilen wir die Übereinstimmung unserer Ergebnisse mit den bisherigen Studien als gut. Aufgrund der angewandten Methodik, insbesondere aber aufgrund der verwendeten Datenbasis (Kombination von Destatis-Daten und EXIOBASE) halten wir unsere Ergebnisse für die zuverlässigsten.

## 5.2 Gesundheitsemissionen nach Entstehungsort

Der Treibhausgas-Fußabdruck des Gesundheitswesens kann nach dem Ort der Emissionen aufgeschlüsselt werden ([Abbildung 2](#)). Direkte Emissionen sind solche, die in den Einrichtungen des Gesundheitswesens selbst entstehen, zum Beispiel durch den Betrieb von Gasheizungen oder der Fahrzeugflotte. Bei den Emissionen in der Vorleistungskette, die dem Gesundheitswesen durch den Konsum von Gütern und Dienstleistungen zuzurechnen sind, kann zwischen den im Inland und den im Ausland verursachten Emissionen unterschieden werden. Bei dieser Form der Betrachtung werden indirekte Emissionen aus dem Energieverbrauch, z.B. für die Bereitstellung von Strom oder Fernwärme, der Vorleistungskette zugerechnet. Es zeigt sich, dass die direkten Emissionen im betrachteten Zeitraum sowohl absolut als auch relativ leicht abgenommen haben. Absolut von ca. 7 Mio. Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente im Jahr 2008 auf ca. 6 Mio. Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente im Jahr 2019 und relativ von ca. 10% auf 9%. Die Emissionen aus der deutschen Vorleistungskette sinken von 28 Mio. Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente in 2008 auf 26 Mio. Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente. Im Zeitverlauf zeigt sich jedoch ein Anstieg bis 2016, gefolgt von einem Rückgang bis 2019. Dieses Muster ist sehr wahrscheinlich auf die Entwicklung der THG-Emissionsintensität des deutschen Strommixes in diesem Zeitraum zurückzuführen, die ein ähnliches Muster aufweisen ([Örtl 2022](#)). Noch deutlicher ist dieser Effekt in [Kapitel 5.4](#) bei den Scope 2 Emissionen zu erkennen. Hier wird deutlich, wie stark die THG-Emissionen des Gesundheitswesens (und der meisten anderen Sektoren) von der THG-Emissionsintensität der nationalen Energieversorgung abhängen ([Pichler u. a. 2019](#)). Aus dieser Aufteilung wird deutlich, dass sowohl der leichte Aufwärtstrend des THG-Fußabdrucks als auch die starken Schwankungen der Emissionen in [Abbildung 1](#) auf die internationale Komponente des THG-Fußabdrucks zurückzuführen sind. Ob es sich bei den beobachteten Schwankungen um Modellartefakte oder um reale Schwankungen handelt, konnte mit der derzeitigen Datenlage nicht abschließend geklärt werden. (siehe [Kapitel 7.1.4](#)). Diese Emissionen machen im Zeitverlauf etwa die Hälfte der gesamten gesundheitsbezogenen Emissionen aus und sind zwischen 2008 und 2019 von 31 auf 36 Millionen Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente angestiegen. Dieser Anstieg ist größer als der Gesamtanstieg der gesundheitsbezogenen Emissionen und überkompensiert damit den leichten Rückgang der inländischen Emissionen.

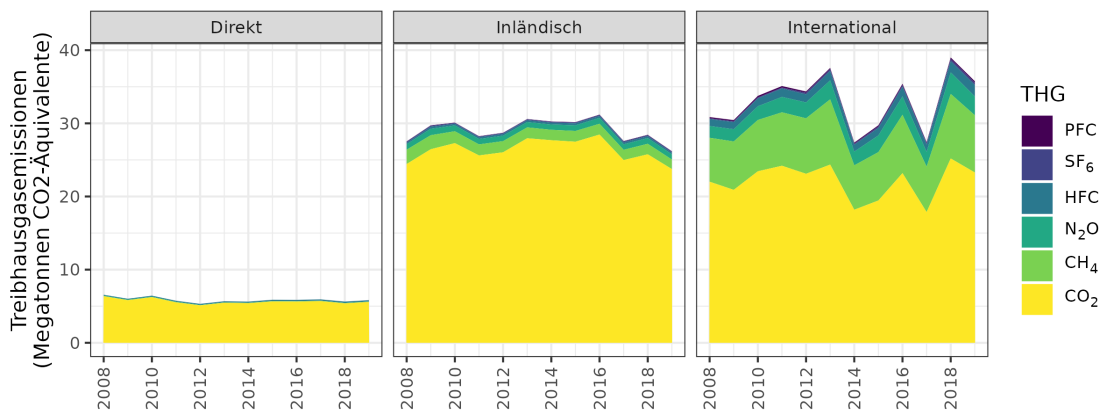


Abbildung 2: THG-Emissionen im Gesundheitswesen nach Entstehungsort. Direkte Emissionen (links) entstehen unmittelbar in den Einrichtungen des Gesundheitswesens. Inländische Emissionen (Mitte) entstehen im deutschen und internationale Emissionen (rechts) im ausländischen Teil der Versorgungsketten durch den Konsum von Gütern und Dienstleistungen des Gesundheitswesens.

### 5.3 Entwicklung der Gesundheitsemissionen im Vergleich

Die Emissionen des Gesundheitswesens folgen somit nicht dem nationalen Trend (Abbildung 3). Der THG-Fußabdruck Deutschlands ist im betrachteten Zeitraum um ca. 10% gesunken, während die Emissionen des Gesundheitswesens keinen klaren Trend aufweisen, sondern eher leicht gestiegen sind. Nur die direkten Emissionen des Gesundheitswesens folgen in etwa dem nationalen Trend.

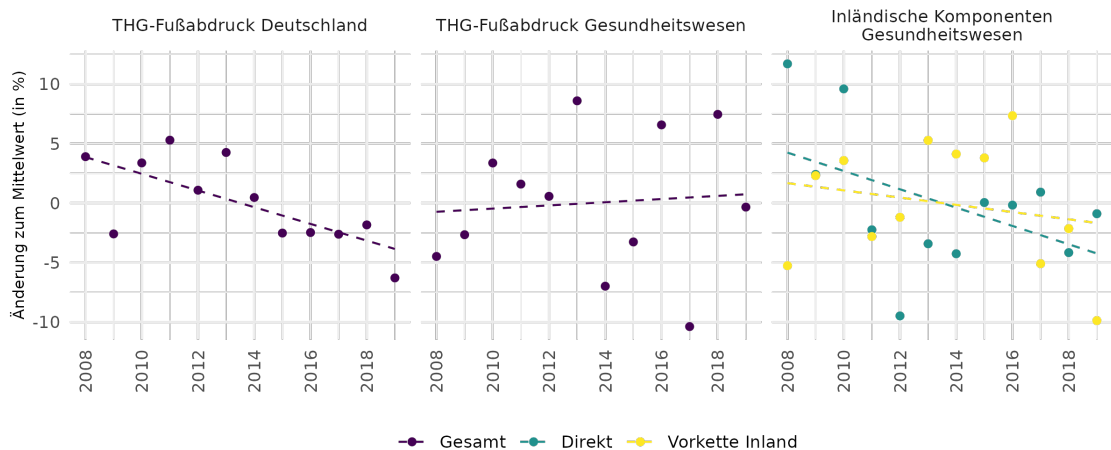


Abbildung 3: Emissionstrends zwischen 2008 und 2019: Der nationale THG-Fußabdruck Deutschlands (links) ist im Betrachtungszeitraum deutlich gesunken. Der THG-Fußabdruck des Gesundheitswesens (Mitte) zeigt keinen ausgeprägten Trend, ist aber im Vergleich zum Mittelwert des Betrachtungszeitraums leicht angestiegen. Von den inländischen Komponenten der Emissionen des Gesundheitswesens (rechts) sind die direkten Emissionen dem nationalen Trend folgend zurückgegangen, während die inländische Komponente der Vorkette keinen eindeutigen Trend zeigt.

Ein Grund dafür besteht sehr wahrscheinlich darin, dass die Gesundheitsausgaben seit 2008 schneller gewachsen sind als die deutsche Volkswirtschaft insgesamt gemessen am Bruttoinlandsprodukt. Dies bedeutet, dass der Anteil der Gesundheitsausgaben am BIP von

10.5% in 2008 auf 11.9% in 2019 gewachsen ist und entsprechend der Anteil der Gesundheitsemissionen am nationalen THG-Fußabdruck von 5.3% auf 6.1% (Abbildung 4).

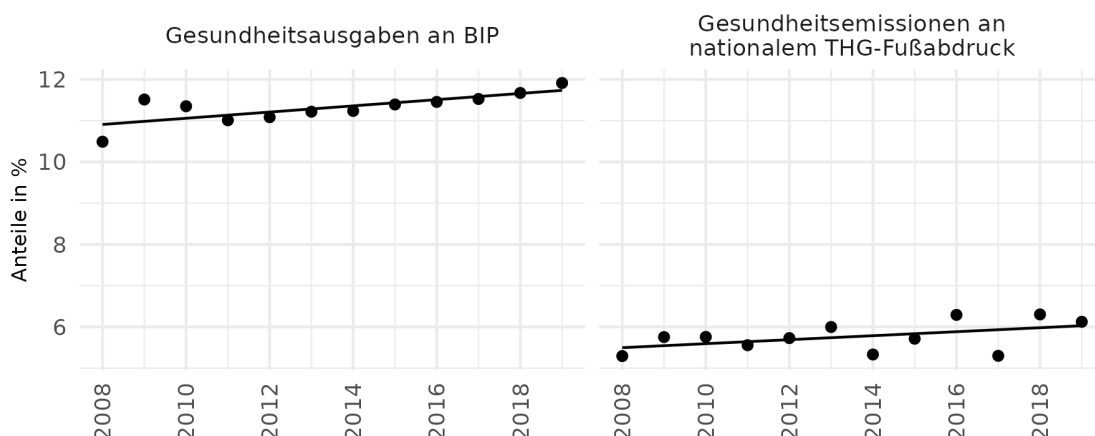


Abbildung 4: Entwicklung Gesundheitsausgaben anteilig am Bruttoinlandsprodukt (links) und Gesundheitsemissionen am nationalen THG-Fußabdruck.

## 5.4 Gesundheitsemissionen nach Scopes

Eine andere Form der Untergliederung des THG-Fußabdruck ist die nach sogenannten Scopes (nach GHG Protocol). Die Scope-1-Emissionen entsprechen den direkten Emissionen, die Scope-2-Emissionen umfassen die indirekten Emissionen aus der Erzeugung der von einem Energieversorger bezogenen Energie (Strom, Dampf, Wärme und Kälte). Alle anderen Emissionen der Treibhausgasbilanz werden Scope 3 zugeordnet. Diese Form der Emissionsbilanzierung wird von den meisten Unternehmen und Institutionen verwendet. Im Standard des GHG Protocol ist die Bilanzierung von Scope 1 und 2 verpflichtend, die von Scope 3 optional. Dies liegt zum einen daran, dass die ersten beiden Scopes für einzelne Organisationen einfacher zu bilanzieren sind, da lediglich Informationen über die eigenen direkten Emissionen sowie Informationen über den eigenen Energiebezug benötigt werden. Für Scope 3-Emissionen sind dagegen detaillierte Informationen über die globalen Vorleistungs- und Zulieferketten erforderlich. Andererseits ist die (nur teilweise zutreffende) Annahme weit verbreitet, dass Organisationen vor allem Einfluss auf die Emissionen der ersten beiden Scopes haben. Für einen effektiven Klimaschutz ist es wichtig, die Emissionen des Gesundheitswesens in allen drei Scopes auf Netto-Null zu reduzieren. Der Netto-Null-Plan des britischen NHS, der durch den Health and Care Act 2022 Gesetz wurde, berücksichtigt die unterschiedlichen Herausforderungen bei der Reduzierung der Emissionen in den verschiedenen Scopes, indem er für die Bereiche, die der NHS direkt kontrollieren kann (Scopes 1, 2 und Teile von 3), ein Zielerreichungsdatum von 2040 und für die Scope-3-Bereiche, die weniger direkt kontrolliert werden können, ein Zielerreichungsdatum von 2045 festlegt (NHS England und NHS Improvement 2020).

Im Vergleich von [Abbildung 5](#) und [Abbildung 2](#) werden die Unterschiede der bisherigen Untergliederung nach Entstehungsort gegenüber der nach Scopes deutlich. Die direkten Emissionen sind identisch mit den Scope 1-Emissionen. Scope 2 umfasst nur die Emissionen aus der Erzeugung der Energie, die von den Gesundheitseinrichtungen aus dem Energiesektor bezogen wird. Alle anderen Emissionen der deutschen und globalen Wirtschaft werden Scope 3 zugeordnet. Die Scope-2-Emissionen des Gesundheitswesens spiegeln sehr deutlich die parallele Entwicklung der THG-Emissionsintensität des

deutschen Strommixes wider, die nach 2008 ansteigt und seit 2013/2014 wieder sinkt (Örtl 2022). Die [Abbildung 5](#) zeigt, dass der Anstieg der THG-Emissionen des Gesundheitswesens im Betrachtungszeitraum aus einem Anstieg der ausländischen Scope 3-Emissionen resultiert. Die ausländischen Scope 3 Emissionen betragen im Jahr 2008 insgesamt 30.8 Millionen Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente und im Jahr 2019 35.7 Millionen Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente, was einem Anstieg von rund 16% entspricht.

Die Scope 3 Emissionen machten 2019 mit 81% den weitaus größten Anteil aus, Scope 1 (9%) und Scope 2 (10%) waren anteilmäßig ähnlich.

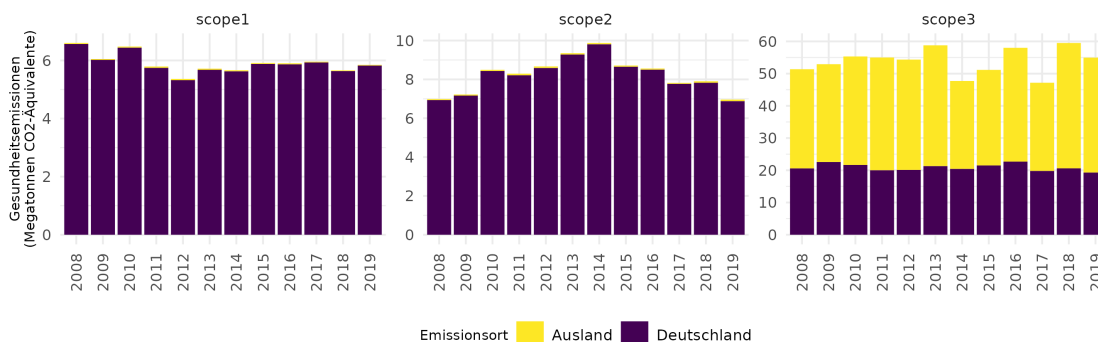


Abbildung 5: Entwicklung der Gesundheitsemissionen von 2008 bis 2019 untergliedert nach Scopes des GHG Protocol.

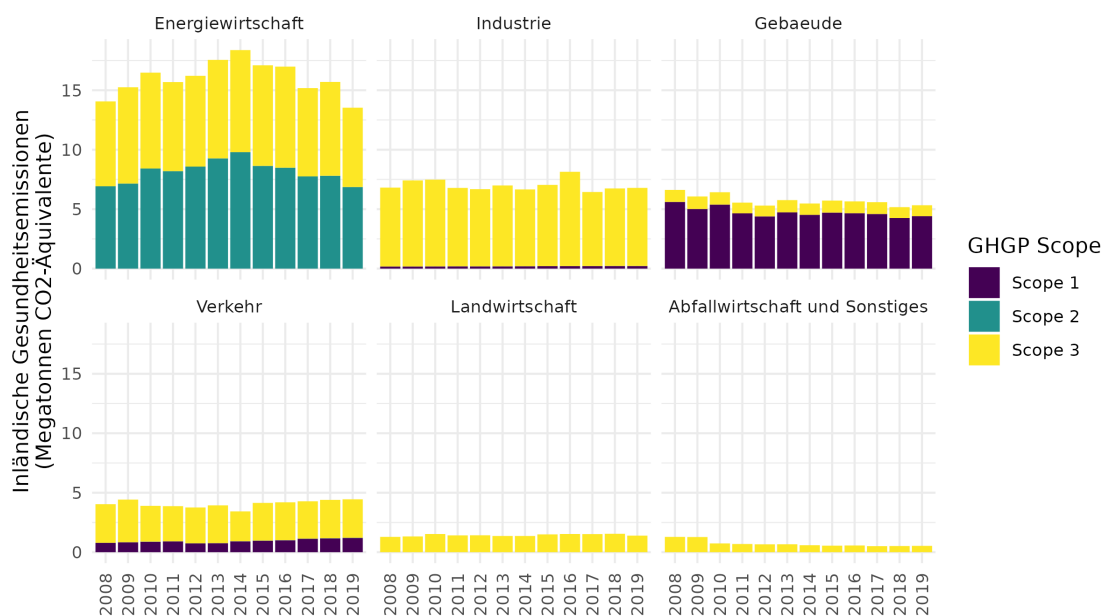
## 5.5 Gesundheitsemissionen nach Produktionssektoren des Klimaschutzgesetzes

Der THG-Fußabdruck ist ein konsumbasierter Emissionsindikator, bei dem die Emissionen dem wirtschaftlichen Endverbrauch (in diesem Fall dem Gesundheitswesen) zugerechnet werden. Im Gegensatz dazu definiert das deutsche [Klimaschutzgesetz](#) sechs Produktionssektoren, für die THG-Emissionen bilanziert und Reduktionsziele vereinbart werden. Die sechs im Klimaschutzgesetz definierten Sektoren sind Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft. Konsumbasierte Emissionsbilanzen geben Aufschluss darüber, wie viele Treibhausgasemissionen bestimmten Aktivitäten aufgrund ihrer Vorketten zuzurechnen sind, aber nicht notwendigerweise darüber, in welchen Sektoren sie tatsächlich emittiert wurden. Bei produktionsbasierten Emissionsbilanzen verhält es sich genau umgekehrt: Hier können die THG-Emissionen exakt den emittierenden Sektoren zugeordnet werden, aber es bleibt unklar, welche wirtschaftlichen Aktivitäten mit den Emissionen verbunden sind. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, sowohl konsum- als auch produktionsbasierte Emissionsbilanzen zu erstellen.

Im Rahmen des Projektes wurden die konsumbasierten Treibhausgasemissionen des Gesundheitswesens auf die sechs Sektoren des Klimaschutzgesetzes (KSG-Sektoren) umgerechnet. Da das Klimaschutzgesetz nur territoriale Emissionen berücksichtigt, wurde für diese Berechnung nur der inländische Anteil des THG-Fußabdrucks (d.h. direkte Emissionen und Emissionen aus der inländischen Vorkette) verwendet. Aufgrund unvollständiger Informationen von Destatis über die Zuordnung der Sektoren der Umweltgesamtrechnungen, die für die Berechnung des THG-Fußabdrucks verwendet werden, zu den KSG-Sektoren, ist die hier dargestellte Umrechnung nicht exakt deckungsgleich. Ebenso gibt es unvermeidbare Diskrepanzen in der den beiden Bilanzen zugrundeliegenden Logik, die in [Kapitel 7.1.4](#) näher erläutert werden. Die Reihenfolge der KSG-Sektoren, sortiert nach ihren jeweiligen Anteilen, ist bei den Gesundheitsemissionen

die gleiche wie bei der Gesamtwirtschaft ([Abbildung 6](#)). Auch bei den Gesundheitsemissionen ist die Energiewirtschaft (42%) der größte KSG-Sektor, gefolgt von Industrie (21%), Gebäude (17%) und Verkehr (14%). Landwirtschaft (4%) und Abfallwirtschaft (2%) spielen eine eher untergeordnete Rolle.

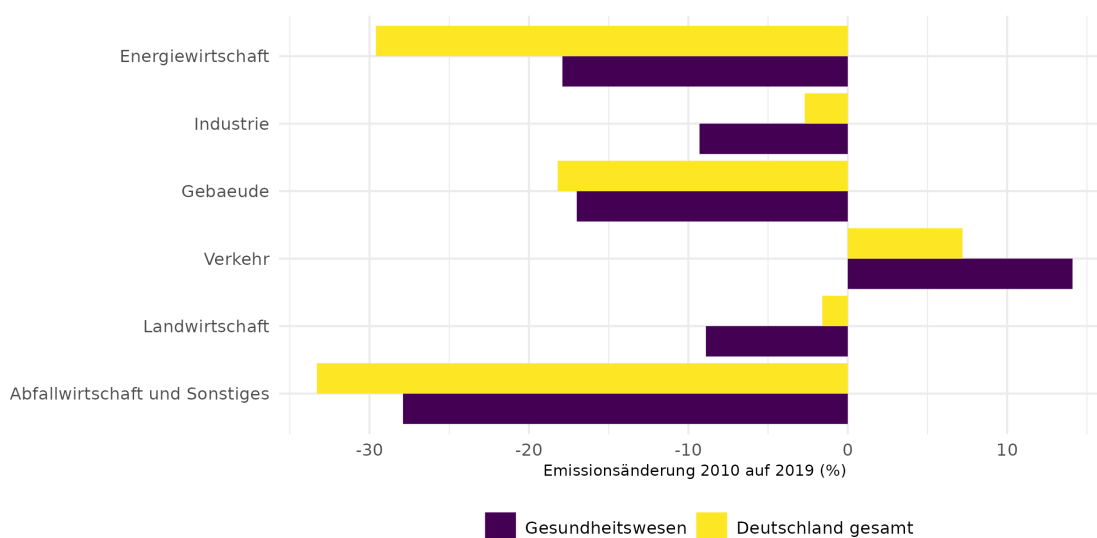
Die Darstellung der auf die Sektoren des KSG umgerechneten THG-Emissionen des Gesundheitssektors ([Abbildung 6](#)) für 2019 vereint alle bisher diskutierten Bilanzierungsmethoden. Durch die Umrechnung des inländischen Anteils der konsumbasierten Emissionen des Gesundheitswesens auf die Produktionssektoren des Klimaschutzgesetzes bleibt die Zuordnung zu den verschiedenen Scopes erhalten. Dabei zeigt sich, dass etwa die Hälfte der Emissionen im Energiesektor direkt auf den Energiebezug durch das Gesundheitswesen selbst (Scope 2) und die andere Hälfte auf den Energiebezug von Unternehmen der Vorleistungskette (Scope 3) zurückzuführen ist. Wie in den vorangegangenen Abschnitten zeigt sich auch hier der große Einfluss der THG-Emissionsintensität der inländischen Stromerzeugung. Der Großteil (76%) der direkten Emissionen (Scope 1) entsteht durch die Verbrennung fossiler Energieträger im Gebäudebereich (z.B. Heizung), nur etwa ein Fünftel (21%) durch den Betrieb des Fuhrparks. Bezogen auf die KSG Sektoren machen die Scope 1 Emissionen im Gebäudesektor den Großteil der Emissionen aus, während beim Verkehr der Großteil als Scope 3 Emissionen anfällt. Die direkten Emissionen im Gebäudesektor sind von 2008 bis 2019 um 21% gesunken, während die direkten Verkehrsemissionen (Scope 1) des Gesundheitswesens im gleichen Zeitraum um 53% gestiegen sind.



*Abbildung 6: Inländische Gesundheitsemissionen 2019 umgerechnet auf die sechs Produktionssektoren des Klimaschutzgesetzes.*

Der Vergleich der jährlichen THG-Emissionen des Gesundheitswesens umgerechnet auf die sechs KSG-Sektoren mit den offiziellen Angaben zu den deutschen Gesamtemissionen ([Abbildung 7](#)) zeigt, dass sich die Emissionen des Gesundheitswesens bezüglich der Trendrichtung zwischen 2010 und 2019 gleich wie die deutschen Gesamtemissionen verhielten. Es gibt allerdings große Unterschiede in der Stärke der Änderungen. So blieben die Emissionsreduktionen im Gesundheitswesen in den Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude und Abfallwirtschaft teils deutlich hinter den nationalen Einsparungen zurück. Dafür waren die Reduktionen in den Bereichen Industrie und Landwirtschaft im

Gesundheitsbereich höher als im nationalen Kontext. Der Sektor Verkehr ist der einzige Sektor, dessen Emissionen im Vergleichszeitraum gewachsen sind. Emissionen im Sektor Verkehr, die dem Gesundheitswesen zuzurechnen sind, sind dabei etwa doppelt so schnell angestiegen wie für Deutschland gesamt. Auch hier gelten die in [Kapitel 7.1.4](#) aufgeführten Einschränkungen zur Vergleichbarkeit der beiden Quellen.



*Abbildung 7: THG-Emissionsänderungen im Gesundheitswesen und national nach Sektoren des Klimaschutzgesetzes zwischen 2010 und 2019.*

## 5.6 Gesundheitsemissionen nach Art der Einrichtung

Schließlich kann der THG-Fußabdruck des Gesundheitswesens auch nach Art der Einrichtung aufgeschlüsselt werden ([Abbildung 8](#)). Aufgrund der Datenlage ist diese Art der Untergliederung mit einigen Unsicherheiten behaftet. Die Hauptunsicherheiten liegen darin, dass der Gesundheitssektor in den deutschen Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen nicht weiter aufgegliedert ist und auch aus anderen Quellen keine flächendeckenden Energieverbrauchsdaten für die einzelnen Einrichtungsarten vorliegen. Daher können nicht für alle Einrichtungstypen spezifische Emissionskoeffizienten berechnet werden, wie das näherungsweise in anderen Länderstudien versucht wurde (Weisz u. a. 2020). Es ist daher davon auszugehen, dass die Angaben in [Abbildung 8](#) und [Abbildung 9](#) die THG-Emissionen einiger Einrichtungsarten über- bzw. unterschätzen. Aus der Literatur ist beispielsweise bekannt, dass Krankenhäuser in der Regel deutlich energieintensiver sind als andere Einrichtungen des Gesundheitswesens (Chung und Meltzer 2009).

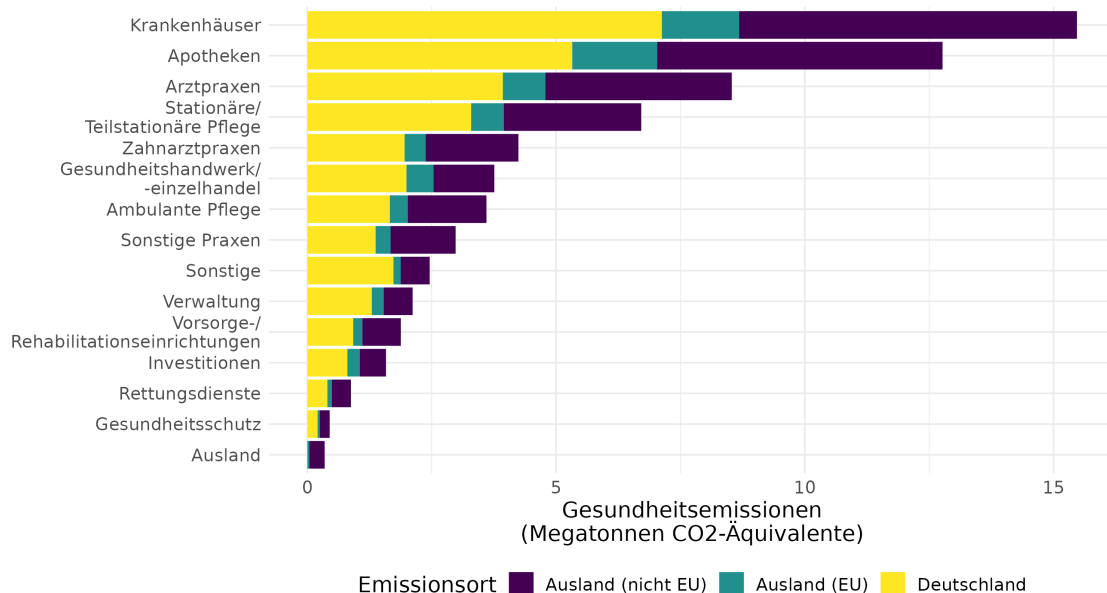
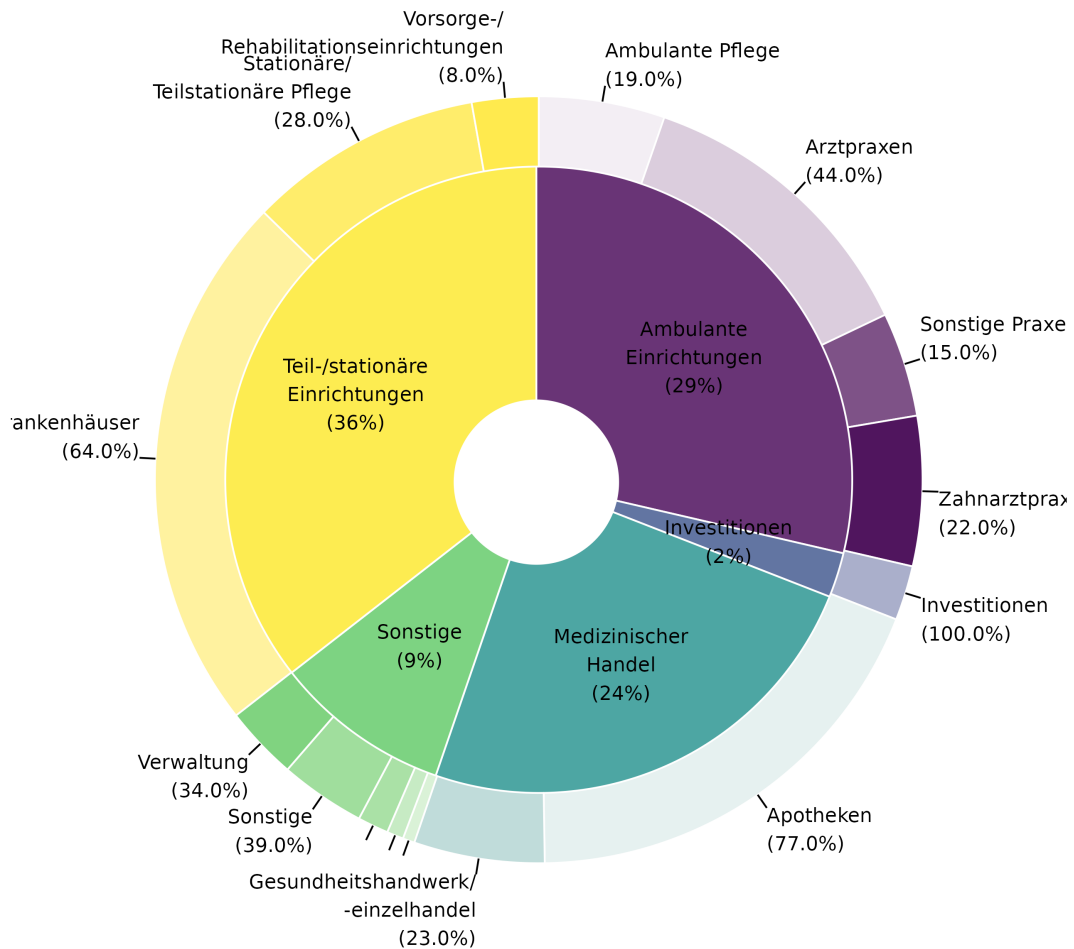


Abbildung 8: Aufteilung des THG-Fußabdrucks des deutschen Gesundheitswesens nach Art der Einrichtung und Emissionsort im Inland, in der EU und in Nicht-EU-Staaten. Aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit ist diese Darstellung mit unbekanntem Unsicherheiten behaftet.

Nach unseren Schätzungen (Abbildung 9) entfallen im deutschen Gesundheitswesen etwas mehr als ein Drittel (36%) der Emissionen auf teilstationäre Einrichtungen (Krankenhäuser, stationäre/teilstationäre Pflege und Vorsorge-/Rehabilitationseinrichtungen) und etwa 29% auf ambulante Einrichtungen (Arztpraxen, Zahnarztpraxen, Praxen sonstiger medizinischer Berufe und ambulante Pflege). Ein Viertel (24%) entfällt auf den medizinischen Handel (Apotheken, Gesundheitshandwerk/-einzelhandel) und der Rest auf Investitionen und sonstige Einrichtungen des Gesundheitswesens (Gesundheitsschutz, Rettungsdienste, Verwaltung, sonstige Einrichtungen und private Haushalte, Ausland).



*Abbildung 9: Aufschlüsselung des THG-Fußabdrucks des deutschen Gesundheitswesens nach Art der Einrichtung. Aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit ist diese Darstellung mit unbekanntem Unsicherheiten behaftet.*

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der THG-Fußabdruck des Gesundheitswesens im Betrachtungszeitraum 2008 bis 2019 leicht um ca. 5% gestiegen ist. Er folgt damit nicht dem Trend des nationalen THG-Fußabdrucks, der im gleichen Zeitraum um etwa 10 % gesunken ist. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass der Gesundheitssektor gemessen am Bruttoinlandsprodukt im Betrachtungszeitraum insgesamt gewachsen ist. Während die direkten Emissionen (Scope 1) weitgehend stabil blieben, stiegen vor allem die Scope 3 Emissionen im ausländischen Teil der Vorleistungskette durch den Einkauf von Gütern und Dienstleistungen, wie z.B. Arzneimittel. Die Scope 2 Emissionen des Gesundheitswesens folgen im Wesentlichen dem Trend der nationalen THG-Emissionsintensität der Stromerzeugung, die in der ersten Hälfte des Betrachtungszeitraums zunahm und in der zweiten Hälfte abnahm. Die Umrechnung auf die KSG-Sektoren zeigt, dass von den inländischen Emissionen der größte Anteil auf die Energiewirtschaft entfällt, entweder als Scope 2-Emissionen des Gesundheitswesens selbst oder durch den Stromverbrauch der inländischen Vorleistungskette (Scope 3). Dies bedeutet, dass die Entwicklung des THG-Fußabdrucks des Gesundheitssektors neben



eigenen Dekarbonisierungsmaßnahmen maßgeblich vom raschen Gelingen der Energiewende abhängen wird.

## 6 Gender Mainstreaming Aspekte

Das Projekt berührt unseres Wissens nach keine Genderaspekte. Die Vorgaben bezüglich Gender Mainstreaming (gem. Anlage 3 Projektantrag BMG) wurden bei der Vorhabenumsetzung berücksichtigt. Alle im Projektverlauf behandelten Daten sind nationale Aggregate, die keine Unterscheidung nach Gender ermöglichen. Abschluss- und Kurzbericht wurden in gendergerechter Sprache verfasst.

## 7 Diskussion der Ergebnisse, Gesamtbeurteilung

Die Projektergebnisse liefern eine genauere und aktualisierte Schätzung des THG-Fußabdrucks des deutschen Gesundheitswesens. Nach unseren Berechnungen beläuft sich der THG-Fußabdruck des deutschen Gesundheitswesens im Jahr 2019 auf 68 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente, was etwa 6% des gesamten deutschen THG-Fußabdrucks oder etwa 0,8 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Kopf entspricht. Entgegen dem Trend der Gesamtemissionen Deutschlands ist der THG-Fußabdruck des Gesundheitswesens im Betrachtungszeitraum 2008 bis 2019 nicht gesunken, sondern tendenziell leicht gestiegen. Sinkende THG-Emissionen, die insbesondere aus der Verbesserung der THG-Intensität des deutschen Energiesystems im letzten Jahrzehnt resultieren, werden im Gesundheitswesen durch steigende THG-Emissionen aus dem Konsum von Gütern und Dienstleistungen aus dem Ausland überkompensiert. Emissionen im Ausland machen etwa die Hälfte des THG-Fußabdrucks des deutschen Gesundheitswesens aus.

Ziel des Projektes war es, eine möglichst aktuelle und detaillierte Evidenzbasis für den THG-Fußabdruck des deutschen Gesundheitswesens zu erarbeiten, die als Grundlage zur Entwicklung von Maßnahmen zur THG-Reduktion im deutschen Gesundheitswesen dienen soll. Als Methode wurde die umweltökonomisch erweiterte multiregionale Input-Output-Analyse verwendet. Diese Methode ist derzeit die einzige, die in der Lage ist, nationale oder sektorale THG-Fußabdrücke vollständig und konsistent abzuschätzen. Die Stärken der Methode liegen darin, dass relativ zuverlässige sektorale Treibhausgasbilanzen erstellt werden können, die mit anderen nationalen Statistiken konsistent sind und auf einem verbrauchsbasierten Ansatz und langen Zeitreihen beruhen. Die Ergebnisse des Projekts liefern neue Schätzungen für die THG-Emissionen, die im Zeitraum von 2008 bis 2019 durch Aktivitäten des Gesundheitswesens in Deutschland und im Ausland verursacht wurden. Wie in der Projektbeschreibung vorgesehen wurden die Ergebnisse nach Treibhausgasen, Entstehungsorten und Einrichtungsarten aufgeschlüsselt und auf die Produktionssektoren des deutschen Klimaschutzgesetzes umgerechnet. Zusätzlich wurden alle Ergebnisse nach dem Scope-Konzept (gemäß GHG Protocol) aufgeschlüsselt. Die für die Qualität der Ergebnisse relevanteste Verbesserung gegenüber der im Antrag vorgeschlagenen Vorgehensweise ist die vollständige Ersetzung aller auf Deutschland bezogenen Datenquellen des multiregionalen Input-Output-Modells EXIOBASE durch Daten der amtlichen deutschen Statistik. Dies verbessert nicht nur die Genauigkeit der Ergebnisse, sondern soll auch ihre Zuverlässigkeit und damit ihre Eignung als politische Entscheidungsgrundlage erhöhen. Bei der Durchführung solcher datenintensiver Berechnungen gibt es immer eine Reihe von Unsicherheiten und Einschränkungen, die durch Modellwahl, Datenunsicherheit oder Inkonsistenzen zwischen den verwendeten Datenquellen entstehen. Diese werden im Folgenden diskutiert.

## 7.1 Unsicherheiten und Einschränkungen

### Modellauswahl

Es gibt mehrere öffentlich verfügbare umweltökonomisch erweiterte multiregionale Input-Output-Modelle (EE-MRIO), die in dieser Studie auf ihre Eignung zur Schätzung des Auslandsanteils des Fußabdrucks getestet wurden. Da wir für die Schätzung des inländischen Anteils des Fußabdrucks die offiziellen deutschen IO-Tabellen und THG-Emissionsdaten von Destatis verwenden, war auch die strukturelle Konsistenz mit diesen ein wichtiges Kriterium. Die Wahl fiel schließlich auf EXIOBASE, weil die verfügbaren Jahre mit denen der Destatis-Daten übereinstimmen (2008 bis 2019) und weil wir als Umwelterweiterung für die Treibhausgase (THG) alle THG auswählen konnten, die auch in den Destatis-Daten enthalten sind ( $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ , HFCs, PFCs,  $SF_6$ ). Die kostenlose Version von EE-MRIO Eora ist nur bis 2016 verfügbar und es gibt einige Bedenken bezüglich der Konsistenz der Umwelterweiterungen der Nicht- $CO_2$ -Treibhausgase (Pichler u. a. 2019). EE-MRIO WIOD ist nur bis 2014 verfügbar und die Umwelterweiterungen der Treibhausgase sind auf  $CO_2$ -Emissionen beschränkt. Die länderübergreifenden Input-Output-Tabellen (ICIO) der OECD sind bis 2018 verfügbar, aber die mit den ICIO-Tabellen der OECD kompatiblen THG-Umwelterweiterungen sind ebenfalls auf  $CO_2$ -Emissionen beschränkt.

### EXIOBASE-Emissionsdaten

In unserer Schätzung des ausländischen Anteils des Fußabdrucks mit EXIOBASE sehen wir ein hohes Maß an Variabilität in den Zeitreihen ([Abbildung 2](#)), insbesondere von 2012 bis 2019. Dies ist auf ein hohes Maß an Variabilität im Beitrag des Chemiesektors, einschließlich pharmazeutischer Produkte, der Region "Rest der Welt - Asien und Pazifik" zum ausländischen Anteil des Fußabdrucks zurückzuführen. Diese Region umfasst 45 Länder, darunter Thailand, die Philippinen, Vietnam, Malaysia, Pakistan und Bangladesch. Die Variabilität in diesem Sektor ist in den ursprünglichen Emissionserweiterungen in EXIOBASE enthalten. Die Unsicherheit der Zeitreihen, insbesondere auf sektoraler Ebene unterhalb der Indikatoren auf nationaler Ebene, ist eine Einschränkung von EXIOBASE Version 3.8.2. Leider konnten wir nicht feststellen, ob es sich dabei um ein reales Phänomen oder um ein Modellartefakt handelt.

### Gesundheitsausgabenkategorie "Ausland"

Die Kategorie 'Ausland' stellt die Ausgaben deutscher Staatsangehöriger für den Gesundheitssektor im Ausland dar. In der EXIOBASE-Schätzung gleichen wir die Kategorie 'Ausland' für den ausländischen Teil des Fußabdrucks mit den Gesundheitssektoren anderer Länder im EE-MRIO ab. Für den inländischen Teil des Fußabdrucks, der auf der Destatis-Schätzung basiert, stimmen wir die Kategorie 'Ausland' jedoch mit keinem IO-Sektor ab, da ausländische Sektoren in den inländischen IO-Tabellen von Destatis nicht enthalten sind, was zu einem inländischen Fußabdruck von Null führt.

In der EXIOBASE-Schätzung umfasst der 'Ausland'-Fußabdruck auch die Emissionen der Lieferkette aus Deutschland, die in die Gesamtemissionsintensität der Gesundheitssektoren anderer Länder einfließen. Im Jahr 2019 beträgt der geschätzte Ausland-Fußabdruck 0.351 MtCO<sub>2</sub>eq. Der ausländische Anteil dieses Fußabdrucks, der die Emissionen im Ausland zur Deckung der deutschen Gesundheitsausgaben repräsentiert, beträgt 0.348 MtCO<sub>2</sub>eq und ist in der Gesamtschätzung des Fußabdrucks enthalten. Der deutsche Anteil an diesem 'ausländischen' Fußabdruck, d.h. die Emissionen, die in Deutschland entlang der Lieferkette der ausländischen Gesundheitssektoren zur Versorgung der Deutschen

emittiert werden, beträgt lediglich 0.003 MtCO<sub>2</sub>eq. Diese Emissionen sind somit vernachlässigbar und werden in der Gesamtschätzung des THG-Fußabdrucks nicht berücksichtigt.

### **Unsicherheit in der KSG-Sektorverteilung**

In diesem Bericht wird der inländische Teil des Fußabdrucks nach KSG-Sektoren aufgeschlüsselt. Dies erfordert eine Neuordnung des Fußabdrucks pro Produktionssektor in der CPA-Klassifikation zum richtigen KSG-Sektor. Dies ist nicht ganz einfach, da es laut Destatis kein allgemeingültiges Zuordnungsschema zwischen den beiden Klassifikationen gibt. Destatis berechnet die Emissionen nach CPA-Sektoren auf Basis der Emissionsdaten aus dem Zentralen Emissionssystem (ZSE) des Umweltbundesamtes in Verbindung mit weiteren Quellen aus der amtlichen Statistik. Diese Quellen liefern für jedes Treibhausgas und jedes Jahr spezifische Verteilungswerte für die CPA-Sektoren. Die Generierung dieser spezifischen Verteilungswerte ist im Berechnungsmodell von Destatis nicht implementiert und würde einen erheblichen manuellen Aufwand erfordern. Dies wäre nur im Rahmen von kostenpflichtigen Sonderauswertungen pro Jahr und Treibhausgas möglich. Neben den Unsicherheiten bezüglich der exakten Sektorzuordnung gibt es ein weiteres methodisches Problem, das als Fehlerquelle bei der hier vorgenommenen Zuordnung der THG-Fußabdrücke zu den KSG-Sektoren wirkt. Die für den THG-Fußabdruck verwendeten Emissionsdaten folgen dem so genannten Inländerprinzip, während die Emissionsbilanzierung des Klimaschutzgesetzes dem Territorialprinzip folgt.

### *Bilanzierung nach Inländerprinzip und Territorialprinzip*

Ein wichtiges methodisches Problem bei der Aufteilung des Fußabdrucks auf die Sektoren des Gesundheitswesens ist, dass die Emissionsbilanzen unterschiedlichen Systemgrenzenkonzepten folgen. Die THG-Emissionen von Destatis sowie die THG-Emissionen von EXIOBASE werden nach dem Inländerprinzip berechnet, während die Sektoren des Klimaschutzgesetzes die territorialen Emissionen nach dem Territorialprinzip berechnen.

Für die Emissionen nach dem Territorialprinzip werden die "Emissionen der Inländer im Ausland" von den Emissionen nach dem Inländerprinzip abgezogen und die "Emissionen der Ausländer im Inland" hinzugerechnet. Beispielsweise schätzt Destatis für das Jahr 2019 die nationalen THG-Emissionen Deutschlands nach dem Inländerprinzip auf 967 MtCO<sub>2</sub>eq, während die Emissionen nach dem Territorialkonzept 942 MtCO<sub>2</sub>eq betragen. Um von den Emissionen nach dem Inländerprinzip zu den Emissionen nach dem Territorialprinzip zu gelangen, werden von den Emissionen nach dem Inländerprinzip 65 MtCO<sub>2</sub>eq "Emissionen der Inländer im Ausland" abgezogen und 40 MtCO<sub>2</sub>eq "Emissionen der Ausländer im Inland" hinzugerechnet, so dass sich ein Nettoabzug von 25 MtCO<sub>2</sub>eq ergibt, was etwa 3 % der Gesamtemissionen nach dem Inländerkonzept entspricht. Die THG-Emissionsdaten von Destatis zeigen die gesamten Emissionsdifferenzen zwischen den beiden Prinzipien pro Jahr, aber nicht die Verteilung der Emissionsdifferenzen auf die KSG-Sektoren. Daher war es nicht möglich, den THG-Fußabdruck des deutschen Gesundheitswesens auf Basis der Emissionsdaten nach dem Inländerkonzept vor der Aggregation auf die KSG-Sektoren zu berechnen. Wir gehen aber davon aus, dass der Unterschied bei den Emissionen des Gesundheitswesens eher geringer ist als für die deutschen Gesamtemissionen.

### *THG-Emissionen nach Art der Einrichtung*

Die Projektergebnisse liefern eine erste Abschätzung, wie sich die gesamten Treibhausgasemissionen auf die verschiedenen Einrichtungsarten des Gesundheitswesens

verteilen. Eine solche Aufschlüsselung ist für die Formulierung einer sektoralen Dekarbonisierungsstrategie wichtig, da nur so eine Priorisierung der verschiedenen Teilbereiche vorgenommen werden kann. Die aktuelle Schätzung basiert auf den Ergebnissen der Input-Output-Modellierung. In den Input-Output-Tabellen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen ist das Gesundheitswesen nicht sehr hoch aufgelöst, so dass die meisten Ausgaben dem Sektor "Dienstleistungen des Gesundheitswesens" zugeordnet werden müssen und damit den gleichen durchschnittlichen THG-Emissionskoeffizienten erhalten. Für alle Ausgaben, die dieser Kategorie zugeordnet werden, skaliert der THG-Fußabdruck proportional zu den Ausgaben, unabhängig von der Art der Einrichtung, die die Ausgaben tätigt. Diese Ungenauigkeit könnte reduziert werden, wenn entweder nach Energieträgern aufgeschlüsselte Ausgabedaten oder physische Energieverbrauchsdaten für die Einrichtungsarten zur Verfügung stünden. Der Ansatz des Projektes war es, die Input-Output-Schätzungen über einen dieser Wege zu verbessern (wie z.B. für Österreich in (Weisz u. a. 2020)). Da weder physische noch monetäre Daten flächendeckend oder zumindest in einer ausreichend großen Stichprobe verfügbar waren, konnte dieses Projektziel nicht vollständig erreicht werden.

## 7.2 Empfehlungen für eine verbesserte Evidenzbasis

Um eine umfassende nationale Netto-Null-Emissionsstrategie für den Gesundheitssektor zu formulieren und die Fortschritte bei der Zielerreichung zu überwachen, wird sowohl eine sektorale Treibhausgasbilanzierung als auch eine Bilanzierung auf Ebene der einzelnen Einrichtungen empfohlen. Die beiden Arten des THG-Monitorings verwenden unterschiedliche Methoden und erfüllen unterschiedliche Aufgaben.

### Sektorweite THG-Bilanzierung

Die sektorale THG-Bilanzierung basiert auf den nationalen (und internationalen) Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen und der nationalen Emissionsberichterstattung. Ihre Ergebnisse sind daher vollständig und konsistent mit dem Monitoring von Emissionsminderungsstrategien in anderen Politikbereichen. Allerdings veröffentlicht Destatis die nationalen Input-Output-Tabellen erst mit einer zeitlichen Verzögerung von einigen Jahren, so dass ein zeitnahes Monitoring der Emissionsentwicklung nicht möglich ist. Darüber hinaus sind die Ergebnisse dieser Modelle aufgrund des hohen sektoralen Aggregationsgrades der deutschen Input-Output-Statistik (und der Input-Output-Statistik im Allgemeinen) und der nationalen Berichterstattung über die Gesundheitsausgaben für ein Monitoring der THG-Emissionen auf der Ebene einzelner Einrichtungsarten weniger geeignet.

Die Positionen Wasser inkl. Abwasser, Strom, Fernwärme, Öl, Kohle und Gas werden derzeit in der [Gesundheitsberichterstattung des Bundes](#) (gemäß Krankenhausstatistik des Statistischen Bundesamtes) unter der Kategorie "Wasser, Energie, Brennstoffe" zusammengefasst. Insbesondere die Aufteilung der Scope 1- und Scope 2-THG-Emissionen nach Einrichtungsarten könnte durch eine getrennte Ausweisung dieser Positionen (monetär oder physisch) deutlich verbessert werden. Dies gilt auch für alle anderen Einrichtungsarten des Gesundheitswesens.

### THG-Bilanzierung der Einrichtungen

Derzeit gibt es keine flächendeckende Bilanzierung des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen in Einrichtungen des deutschen Gesundheitswesens. Größere Einrichtungen sind nach dem Energiedienstleistungsgesetz (EDL-G) verpflichtet, alle vier Jahre ein

Energieaudit durchzuführen. Darüber hinaus gibt es eine Reihe von freiwilligen Initiativen zur Umweltberichterstattung: Das von der EU entwickelte Umweltmanagementsystem EMAS (Eco Management and Audit Scheme), das Siegel "Energie sparendes Krankenhaus" des BUND, mit dem Einrichtungen ausgezeichnet werden, die u.a. bestimmte Anforderungen an den Energieverbrauch erfüllen. die Bayerische Green Hospital Initiative, das Projekt KliK Green, in dessen Rahmen bundesweit in 250 Kliniken geringinvestive Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt wurden und das nun unter dem Namen "KliK Green +" bundesweit fortgeführt wird, sowie ein Projekt namens "Klik Green NRW", das von der Krankenhausgesellschaft Nordrhein-Westfalen entwickelt wurde und sich ausschließlich an Kliniken in Nordrhein-Westfalen richtet. Bei all diesen Initiativen werden Energie- oder Emissionsbilanzen in irgendeiner Form erstellt, aber nicht unbedingt veröffentlicht. Bezogen auf die Gesamtzahl der Einrichtungen führen jedoch zu wenige Einrichtungen Energie- und Treibhausgasbilanzen durch, gehen methodisch zu unterschiedlich vor und machen die Daten zu schwer (oder gar nicht) zugänglich, als dass sich daraus ein schlüssiges Gesamtbild ableiten ließe.

Es wird empfohlen, eine verbindliche Bilanzierung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen für alle Einrichtungen des Gesundheitswesens anzustreben. Diese Bilanzierung sollte nach einheitlichen Kriterien erfolgen und auch andere Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit (z.B. Ressourcenverbrauch) einbeziehen. Ein solches verbindliches Benchmarking sollte so ausgestaltet sein, dass es auch weitere Indikatoren erfasst, die für die Umsetzung anderer ESG-Ziele relevant sind, und geeignet ist, zukünftig Leistungsvergütungen und Investitionsmittel bedarfsgerecht zu steuern.

Bei der Entwicklung und Umsetzung eines übergreifenden Benchmarking-Ansatzes besteht ein hoher Koordinationsbedarf, da aufgrund fehlender Vorgaben verschiedene Akteure bereits an eigenen Lösungen arbeiten. Eine Herausforderung wird darin bestehen, das Wissen und die Erfahrungen aus bestehenden und sich entwickelnden Aktivitäten zu nutzen und gleichzeitig eine national (oder international) harmonisierte Datenbasis zu erreichen. Neben den oben genannten Initiativen sind hier insbesondere der Leitfaden für Gesundheitseinrichtungen des Deutschen Nachhaltigkeitskodex, das Öko-Institut Freiburg mit dem Universitätsklinikum Freiburg, das Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) mit dem Universitätsklinikum Heidelberg (z.B. Entwicklung eines THG-Rechners im Projekt KliOL), Health Care Without Harm sowie KLUG e.V., die Initiative Qualitätsmedizin (IQM) und das Deutsche Krankenhausinstitut (DKI) zu nennen. Die AWO verfügt bereits über ein sehr umfassendes Tool zur Berechnung des THG-Fußabdrucks auf Einrichtungsebene ([NiNo - Nachhaltigkeit in Nonprofit-Organisationen GmbH](#)), das derzeit erweitert und auch anderen Einrichtungen zur Verfügung gestellt wird.

Darüber hinaus sollten diese Entwicklungen in bestehende und absehbare gesetzliche Berichtspflichten auf europäischer und nationaler Ebene eingebettet werden, die auch Einrichtungen des Gesundheitswesens betreffen ([CSR-Richtlinien-Umsetzungsgesetz](#), [Entwurf zum Energieeffizienzgesetz](#) sowie mögliche Vorgaben im Krankenhausfinanzierungsgesetz zur Energieförderung).

Insbesondere für die spezielle Herausforderung des Monitorings und der Reduktion der THG-Emissionsintensität im internationalen Anteil der Scope 3 Emissionen wird ein verstärkter Austausch auf europäischer und internationaler Ebene empfohlen. Neben dem englischen NHS, der in beiden Bereichen wohl über die größte praktische Erfahrung verfügt, gibt es eine Reihe hochrangiger internationaler Initiativen, die sich genau diesen Fragestellungen widmen. Gerade die Lancet Commission on Sustainable Healthcare und die ATACH-Initiative der Weltgesundheitsorganisation bemühen sich, pragmatische und

methodisch umsetzbare Indikatoren für die nachhaltige Transformation nationaler Gesundheitssysteme zu entwickeln und die Staaten trotz Datenunsicherheiten z.B. bei der Erstellung von Roadmaps zu unterstützen.

Schließlich wird empfohlen, eine zentrale Stelle für die Erhebung, Sammlung, Bereitstellung, Analyse und Aufbereitung gesundheitsrelevanter Daten einschließlich Umweltdaten einzurichten. Ein solches Vorgehen empfiehlt auch der Sachverständigenrat Gesundheit in seinem Gutachten [“Resilienz im Gesundheitswesen. Wege zur Bewältigung künftiger Krisen”](#).

Die Umweltberichterstattung (Treibhausgasbilanzen, Energieaudits, Ressourcenverbräuche) erfordert zeitliche und fachliche Ressourcen. Um die Einrichtungen des Gesundheitswesens in die Lage zu versetzen, diese zusätzlichen Aufgaben zu erfüllen, muss das Klimaschutzmanagement (bzw. Umweltmanagement) in Krankenhäusern und anderen Einrichtungen gestärkt werden. Ab einer bestimmten Größe sollte das Klimamanagement analog zum Qualitätsmanagement eine personell ausgestattete Pflichtaufgabe sein. Diese Stellen müssen mit Entscheidungskompetenzen und Ressourcen ausgestattet sein. Das Klimamanagement ist nicht nur für die Bilanzierung der Umweltauswirkungen zuständig, sondern auch für die Planung, Umsetzung und Bewertung konkreter Maßnahmen. Dazu sollte auch der nationale und internationale Erfahrungsaustausch über Best-Practice-Optionen gehören. Ein wichtiger Aspekt ist aber auch die Anpassung der Finanzierungsmodelle. Durch die Mischfinanzierung vieler Einrichtungen des Gesundheitswesens (z.B. zwischen Bund und Ländern) entstehen teilweise finanzielle Anreizsysteme, die Investitionen in den Klimaschutz verhindern oder zumindest nicht fördern. Die Beseitigung solcher Fehlanreize in den Finanzierungsstrukturen ist neben der Ausstattung mit ausreichenden Kompetenzen und Mitteln eine wesentliche Voraussetzung für ein erfolgreiches Klimamanagement in Einrichtungen des Gesundheitswesens.

Abschließend wird empfohlen, bei aller hier diskutierten Bedeutung eines umfassenden Umweltmonitorings auf Einrichtungsebene die hohe zeitliche Dringlichkeit einer raschen Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen nicht aus den Augen zu verlieren. Es wird daher empfohlen, parallel zu diesen Bemühungen alle notwendigen Rahmenbedingungen für eine rasche und tiefgreifende Dekarbonisierung des Gesundheitswesens zu schaffen.

### **7.3 Umbau zu einem nachhaltigen Gesundheitswesen**

Wie alle anderen Sektoren muss auch der Gesundheitssektor so schnell wie möglich Netto-Null-Emissionen erreichen, um die weitere Eskalation der Klimakatastrophe zu bremsen. Die Klimakatastrophe ist dabei nur **eine von mehreren** menschengemachten Umweltkrisen, die ohne eine globale sozial-ökologische Transformation noch in diesem Jahrhundert den Fortbestand der menschlichen Zivilisation, wie wir sie kennen, bedrohen. Die zunehmende Diskrepanz zwischen den Maßnahmen, die notwendig wären, um die globale Erwärmung auf maximal 1,5°-2° gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen (SRU 2022), und der bestehenden Klimaschutzpolitik macht es immer schwieriger, situationsgerechte und zugleich politisch anschlussfähige Empfehlungen zu formulieren.

In der deutschen Klimapolitik und der damit verbundenen Debatte werden Ziele oft über relative Minderungspfade oder Ausstiegszeitpunkte diskutiert (z.B. Kohle 2030, Klimaneutralität 2045 etc.). Dabei gerät schnell aus dem Blick, dass die für den Klimaschutz relevante Größe nicht der Ausstiegszeitpunkt, sondern die bis dahin entstandenen Emissionen sind. Da die Erderwärmung nicht von den jährlichen Emissionen abhängt, sondern von den über die Zeit kumulierten Emissionen (Friedlingstein u. a. 2020), ist die

entscheidende Frage nicht, bis wann Deutschland Netto-Null-Emissionen erreichen soll, sondern wie viele Treibhausgasemissionen Deutschland bis dahin noch ausstoßen wird. Für Deutschland reichen die Ziele des Klimaschutzgesetzes nicht aus, um den Beitrag Deutschlands zur Einhaltung der 1,5-Grad-Grenze zu leisten. Aber auch diese Ziele werden mittelfristig nicht erreicht (Henning u. a. 2022). Nach der Logik der kumulierten Emissionen führt aber jedes Jahr, in dem die Jahresziele verfehlt werden, dazu, dass ab dem nächsten Jahr die Reduktion noch höher ausfallen muss. Deshalb erscheinen die Modellpfade, die zu 1,5° führen, schon jetzt leider wenig realistisch (Masson-Delmotte u. a. 2018). Sowohl der Expertenrat für Klimafragen sowie der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) fordern bisher vergeblich die transparente Ausweisung eines deutschen CO<sub>2</sub>-Budgets als Grundlage für die Klimapolitik. Der SRU hat für das Jahr 2022 verschiedene CO<sub>2</sub>-Budgets für Deutschland bei Einhaltung unterschiedlicher Erwärmungsgrenzen veröffentlicht (SRU 2022). Zur Einordnung: Das Budget für Deutschland, wenn die Erderwärmung mit einer Wahrscheinlichkeit von 67% 1,5° nicht überschreiten soll, wird dort mit 2 Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub> angegeben. Legt man nur den CO<sub>2</sub>-Anteil und die konsumbasierte Bilanzierung des hier berechneten THG-Fußabdrucks des deutschen Gesundheitswesens zugrunde, so wäre das gesamte deutsche Budget allein durch die Emissionen des Gesundheitswesens in ca. 35 Jahren aufgebraucht. Die Formulierung einer Netto-Null-Strategie für das deutsche Gesundheitswesen sollte deshalb ebenfalls dem Budgetansatz folgen und einen fairen Transformationspfad zu einem emissionsfreien Gesundheitswesen definieren (Bhopal und Norheim 2023).

Das Ziel, Wohlstand und Wohlergehen in Deutschland und weltweit auch in Zukunft erhalten und ausbauen zu können, erfordert vor dem Hintergrund multipler Krisen, die allesamt auf die Auswüchse einer extraktiven und ausbeuterischen Wirtschaftsweise zurückzuführen sind, grundlegende Veränderungen in der Funktionsweise der Gesellschaft, einschließlich ihrer sozialen Strukturen, politischen und wirtschaftlichen Systeme und Machtverhältnisse (IPCC AR6, FAQ6). Aus diesem Grund kann die notwendige Transformation zu einer nachhaltigen und gerechten Gesundheitsversorgung nicht allein vom Gesundheitssektor oder auch von der Gesundheitspolitik geleistet werden, sondern nur eingebettet in eine gesamtgesellschaftliche Transformation gelingen (Baltruks u. a. 2022).

Auf dem Weg zu nachhaltigen Gesundheitssystemen spielen die beiden Konzepte der "Planetary Health" (MacNeill, McGain, und Sherman 2021; Pongsiri u. a. 2019) und der angemessenen Versorgung ([appropriate care](#)) eine wichtige Rolle. Der Begriff Planetary Health bezieht sich auf die Gesundheit und das Wohlergehen sowohl der menschlichen Bevölkerung als auch der natürlichen Systeme, von denen sie abhängen. Sie erkennt die grundlegenden Zusammenhänge zwischen der menschlichen Gesundheit, der Umwelt und der nachhaltigen Entwicklung an. Planetary Health unterstreicht die Notwendigkeit, die Gesundheit des Einzelnen und der Gemeinschaft zu schützen und zu fördern und gleichzeitig die Gesundheit des Planeten zu bewahren.

Angemessene Versorgung ist ein Konzept, das sich auf die Bereitstellung von Gesundheitsdienstleistungen und -interventionen konzentriert, die notwendig, wirksam und sicher sind und individuelle Bedürfnisse und Werte respektieren. Der Schwerpunkt liegt auf der richtigen Versorgung am richtigen Ort, zur richtigen Zeit und in der richtigen Menge.

Die hier relevante Verbindung zwischen diesen Konzepten liegt in ihrem gemeinsamen Ziel, nachhaltige und gerechte Gesundheitsergebnisse für heutige und zukünftige Generationen zu erreichen. Beide Konzepte erkennen an, wie wichtig es ist, die sozialen

Determinanten von Gesundheit zu berücksichtigen und die Gesundheitssysteme an den Prinzipien der Nachhaltigkeit und sozialen Gerechtigkeit auszurichten.

Die Integration der Prinzipien einer angemessenen Versorgung in Planetary Health zielt darauf ab, Gesundheitsleistungen zu erbringen, die nicht nur klinisch wirksam und patientenorientiert, sondern auch ökologisch nachhaltig sind. Dies beinhaltet die Berücksichtigung der Umweltauswirkungen von Gesundheitspraktiken, die Reduzierung von Verschwendung und unnötigen Interventionen, die Förderung präventiver Versorgung und die Einführung ressourceneffizienter Ansätze. Dieser umfassende Ansatz gewinnt auch in der deutschsprachigen Debatte um eine nachhaltige Transformation des Gesundheitswesens zunehmend an Bedeutung. In Deutschland z.B. vertreten durch das Centre for Planetary Health Policy und die Planetary Health Academy des Netzwerk [KLUG](#) (Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit e.V.).

Das Rahmenkonzept von Planetary Health Care, das beide Ansätze verbindet, basiert auf drei Prinzipien zur Schaffung eines nachhaltigen Gesundheitssystems (MacNeill, McGain, und Sherman 2021):

- 1) Verringerung der Nachfrage nach Gesundheitsleistungen durch Stärkung der sozialen Determinanten von Gesundheit und Förderung von Chancengleichheit.
- 2) Anpassung des Angebots an die Nachfrage nach Gesundheitsleistungen durch Vermeidung unnötiger Untersuchungen und Behandlungen.
- 3) Reduktion von Emissionen und Optimierung der Umweltverträglichkeit der Gesundheitsversorgung.

Das erste Prinzip umfasst die Verbesserung des Zugangs zu Bildung, Ernährungssicherheit, bezahlbarem Wohnraum und einer sauberen Umwelt. Der sichere und ausreichende Zugang aller Menschen zu allen Bereichen der Daseinsvorsorge ist nicht nur ein zentraler Baustein für die nachhaltige Umgestaltung des Gesundheitswesens, sondern auch eine Voraussetzung für die demokratische Unterstützung der sozial-ökologischen Transformation insgesamt (Lehweiß-Litzmann u. a. 2021). Diese werden zwar weitgehend außerhalb des Gesundheitswesens und der Gesundheitspolitik entschieden, aber die Akteure des Gesundheitswesens können ihr ethisches, ökonomisches und politisches Gewicht mobilisieren, um den Klima- und Gesundheitsschutz in allen Politik- und Gesellschaftsbereichen zu beschleunigen (HCWH-ARUP 2019a). Diese Absicht hat Bundesgesundheitsminister Prof. Dr. Karl Lauterbach gemeinsam mit Vertreterinnen und Vertretern der Spitzenorganisationen des Gesundheitswesens, der Länder und der kommunalen Spitzenverbände Ende letzten Jahres im „Klimapakt Gesundheit“ formuliert.

Das zweite Prinzip betont die Bedarfsorientierung durch Vermeidung von Über-, Unter- und Fehlversorgung, Stärkung der Primärversorgung und der Zuwendungsmedizin. Hier decken sich die Anforderungen an ein ökologisch nachhaltiges Gesundheitssystem erstaunlich weitgehend mit den seit langem aus klinischen Gründen erhobenen Forderungen der im Gesundheitswesen Tätigen. So fordert der Deutsche Ärztetag eine Änderung der Rahmenbedingungen dahingehend, dass anstelle der heute praktizierten medizinentrierten und materialintensiven Apparatemedizin verstärkt präventive und konservative Therapieansätze sowie eine zuwendungsorientierte und sprechende Medizin gefördert werden (Bundesärztekammer 2021). Ein unnötig hoher Einsatz von Arzneimitteln und medizintechnischen Großgeräten ist für einen erheblichen Teil der Emissionen im Gesundheitswesen verantwortlich, während die vorgeschlagenen Alternativen zwar personalintensiv, aber nicht energieintensiv sind. Das Prinzip der angemessenen Versorgung sollte auch bei aktuellen Entwicklungen wie der Digitalisierung



im Gesundheitswesen stärker berücksichtigt werden. Einerseits ist beispielsweise der Bedarf an verbesserten, papierlosen Prozessen hoch. Andererseits drängen derzeit viele große Technologiekonzerne in den deutschen Gesundheitsmarkt (Retiene 2022), deren Geschäftsmodelle nicht immer mit diesen Zielen vereinbar sind, was zu hohen gesellschaftlichen Kosten bei unklarem Nutzen und hohen Risiken führen kann. Dies erfordert eine grundlegende Reform der erlösorientierten Krankenhausfinanzierung, die neben der ökonomischen auch die ökologische Effizienz in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einbezieht und den Behandlungserfolg stärker in den Vordergrund stellt. Profitinteressen und Kapitalkonzentration im Gesundheitswesen sind maßgeblich für die Anreizstrukturen verantwortlich, die zu den Problemen der Über- und Fehlversorgung im Gesundheitswesen führen (Grote Westrick u. a. 2019). Verstärkt wird diese Gefahr durch die zunehmende Übernahme von Gesundheitseinrichtungen durch renditeorientierte Investoren (Bundesärztekammer 2021).

Das dritte Prinzip, die Reduktion von Emissionen und die Optimierung der Umweltverträglichkeit der Leistungserbringung im Gesundheitswesen, steht hier bewusst an dritter Stelle. Dies bedeutet natürlich nicht, dass dieser Bereich für einen erfolgreichen Klima- und Gesellschaftsschutz weniger wichtig wäre oder die Herausforderungen hier geringer wären. Eine aktuelle Studie des DKI schätzt beispielsweise den Investitionsbedarf allein für die thermische Sanierung der deutschen Krankenhäuser auf einen mittleren zweistelligen Milliardenbetrag (Deutsches Krankenhausinstitut e.V. 2022) und der Handlungsbedarf ist in vielen Bereichen hoch (Dickhoff u. a. 2021). Auch andere Bereiche, wie die Entwicklung und Produktion von sicher wiederverwendbaren Medizinprodukten oder die transparente Dekarbonisierung der Lieferketten von Arzneimittelherstellern, erfordern entschlossenes politisches Handeln. Diese Rangfolge soll aber auch verdeutlichen, dass die reine Verbesserung der Umwelteffizienz der heutigen Leistungserbringung für den Umbau zu einem nachhaltigen Gesundheitssystem nicht ausreicht. Vielmehr muss diese Transformation eingebettet sein in eine breitere Debatte über die angemessene Versorgung innerhalb des Gesundheitssystems und in eine gesamtgesellschaftliche Debatte darüber, wie die sozialen Determinanten von Gesundheit gestärkt und Chancengleichheit innerhalb der physischen Grenzen des Planeten gefördert werden können.

Dazu gehören z.B. präventive Maßnahmen wie eine Verkehrs- und Ernährungswende, aber auch der Abbau der starken ökonomischen Ungleichheit und der hohen Konzentration von Kapital und industrieller Produktion, die nicht nur politische Hürden für eine effektive Klimaschutzpolitik (Green 2021) auch im Gesundheitsbereich (Friedlingstein u. a. 2020) schaffen, sondern im Falle der Ungleichheit auch materiell im Widerspruch zur Erreichung der Klimaziele stehen (Jaccard u. a. 2021). Die Sicherung des Wohlergehens von Mensch und Erde erfordert im Gesundheitswesen und in allen Bereichen der Daseinsvorsorge eine ernsthafte gesellschaftliche Auseinandersetzung darüber, welche Rolle Wachstum und Gewinnorientierung für das Gelingen der sozial-ökologischen Transformation in eine demokratischere, gerechtere und prosperierende Zukunft spielen können (Pas 2023).

## **8 Verbreitung und Öffentlichkeitsarbeit der Projektergebnisse**

Die Projektergebnisse werden in Absprache mit dem BMG so weit wie möglich verbreitet. Hierzu liegen bereits mehrere Anfragen vor. Neben dem im Publikationsverzeichnis aufgeführten Buchkapitel werden die Projektergebnisse auch in ein Kapitel für den Krankenhausreport 2024 einfließen. Darüber hinaus ist eine Fachpublikation zu methodischen Innovationen und Ergebnissen geplant. In diesem Zusammenhang werden

auch der Softwarecode und alle Ergebnisdaten des Projektes allgemein zugänglich veröffentlicht. Die Publikation wird auf mindestens einem Fachkongress vorgestellt.

## 9 Verwertung der Projektergebnisse (Nachhaltigkeit / Transferpotential)

Die Projektergebnisse bilden einen Teil der notwendigen Evidenzbasis für eine sektorweite Dekarbonisierungsstrategie im Gesundheitswesen und sind somit eine geeignete politische und wissenschaftliche Grundlage für die weiterführende Diskussion mit relevanten Akteuren, um ein gemeinsames Vorgehen zu definieren. Der im Projekt erstellte Softwarecode sowie alle Ergebnisdaten werden im Rahmen einer Fachpublikation allgemein zugänglich veröffentlicht. Dies bietet dem Projektteam oder Dritten die Möglichkeit, in Zukunft mit deutlich geringerem Aufwand aktualisierte Abschätzungen des THG-Fußabdrucks des deutschen Gesundheitswesens zu erstellen.

## 10 Publikationsverzeichnis

Ein Auszug der vorläufigen Projektergebnisse wurden in einem Buchkapitel veröffentlicht.

Pichler, P.-P. (2022). Emissionen des Gesundheitssektors–Status quo und Handlungsbedarf. In J. Graalman, E. Hirschhausen, & K. Blum (Hrsg.), Jetzt oder nie: Nachhaltigkeit im Gesundheitswesen: Ökologisch. Ökonomisch. Menschlich. Digital. Mit einem Geleitwort von Karl Lauterbach (S. 39–45). MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.

## 11 Literaturverzeichnis

Baltruks, Dorothea, Sophie Gepp, Remco Van de Pas, Maike Voss, und Katharina Wabnitz. 2022. „Gesundheit innerhalb planetarer Grenzen“. *Policy Brief* 1.

Bhopal, Anand, und Ole F. Norheim. 2023. „Fair Pathways to Net-Zero Healthcare“. *Nature Medicine* 29 (5): 1078–84. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02351-2>.

Bundesärztekammer. 2021. „Beschlussprotokoll 125. Deutscher Ärztetag“.

Chung, Jeanette W., und David O. Meltzer. 2009. „Estimate of the Carbon Footprint of the US Health Care Sector“. *JAMA* 302 (18): 1970–72. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.1610>.

Deutsches Krankenhausinstitut e.V. 2022. „Klimaschutz in deutschen Krankenhäusern: Status quo, Maßnahmen und Investitionskosten“. [https://www.dkgev.de/fileadmin/default/Mediapool/1\\_DKG/1.7\\_Presse/1.7.1\\_Pressemitteilungen/2022/2022-07-19\\_DKI-Gutachten\\_Klimaschutz\\_in\\_deutschen\\_Krankenha\\_usern.pdf](https://www.dkgev.de/fileadmin/default/Mediapool/1_DKG/1.7_Presse/1.7.1_Pressemitteilungen/2022/2022-07-19_DKI-Gutachten_Klimaschutz_in_deutschen_Krankenha_usern.pdf).

Dickhoff, Annegret, Christian Grah, Christian Schulz, und Edda Weimann. 2021. „Klimagerechte Gesundheitseinrichtungen - Rahmenwerk“.

Eckelman, Matthew J., und Jodi Sherman. 2016. „Environmental impacts of the US health care system and effects on public health“. *PloS one* 11 (6): e0157014.

Eckelman, Matthew J., Jodi D. Sherman, und Andrea J. MacNeill. 2018. „Life Cycle Environmental Emissions and Health Damages from the Canadian Healthcare System: An

Economic-Environmental-Epidemiological Analysis". *PLOS Medicine* 15 (7): e1002623. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002623>.

Friedlingstein, Pierre, Michael O'Sullivan, Matthew W. Jones, Robbie M. Andrew, Judith Hauck, Are Olsen, Glen P. Peters, u. a. 2020. „Global Carbon Budget 2020“. *Earth System Science Data* 12 (4): 3269–3340. <https://doi.org/10.5194/essd-12-3269-2020>.

Green, Jessica F. 2021. „Does Carbon Pricing Reduce Emissions? A Review of Ex-Post Analyses“. *Environmental Research Letters* 16 (4): 043004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abdae9>.

Grote Westrick, Marion, Eckhard Volbracht, Bernd Deckenbach, Hans-Dieter Nolting, und Karsten Zich. 2019. „Übersversorgung - eine Spurensuche“. Gütersloh.

Grubler, Arnulf, Thomas B. Johansson, Luis Mundaca, Nebojsa Nakicenovic, Shonali Pachauri, Keywan Riahi, Hans-Holger Rogner, und Lars Strupeit. 2012. „Chapter 1 - Energy Primer“. In, 99–150. Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, NY, USA; the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria. [www.globalenergyassessment.org](http://www.globalenergyassessment.org).

Hammond, Geoffrey. 2007. „Time to Give Due Weight to the 'Carbon Footprint' Issue“. *Nature* 445 (7125): 256–56. <https://doi.org/10.1038/445256b>.

HCWH-ARUP. 2019a. „Health care's climate footprint: the health sector contribution and opportunities for action“. London, UK.

———. 2019b. „Health care's climate footprint: the health sector contribution and opportunities for action“. London, UK.

———. 2019c. „Health care's climate footprint: the health sector contribution and opportunities for action“. London, UK.

Henning, Hans-Martin, Brigitte Knopf, Marc O. Bettzüge, Thomas Heimer, und Barbara Schlomann. 2022. „Zweijahresgutachten 2022“.

Jaccard, Ingram S., Peter-Paul Pichler, Johannes Toebben, und Helga Weisz. 2021. „The Energy and Carbon Inequality Corridor for a 1.5°C Compatible and Just Europe“. *Environmental Research Letters*. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abfb2f>.

Lehweiß-Litzmann, René, Berthold Vogel, Anja Sonnenburg, Ines Thobe, M Ingo Wolter, Bennet Krebs, und Tobias Maier. 2021. „Arbeit für Daseinsvorsorge und Klimaschutz Ringen um Ressourcen oder Segen sozialökologischer Synergien?“ Göttingen.

Lenzen, Manfred, Arunima Malik, Mengyu Li, Jacob Fry, Helga Weisz, Peter-Paul Pichler, Leonardo Suveges Moreira Chaves, Anthony Capon, und David Pencheon. 2020. „The Environmental Footprint of Health Care: A Global Assessment“. *The Lancet Planetary Health* 4 (7): e271–79. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30121-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30121-2).

Loh, Markus, Caroline Haßler, Franz Daschner, und Uwe Frank. 2023. „Ressourceneffizienz, Klimaschutz und ökologische Nachhaltigkeit im Gesundheitswesen Eine Bestandsaufnahme“. Freiburg.

MacNeill, Andrea J., Forbes McGain, und Jodi D. Sherman. 2021. „Planetary Health Care: A Framework for Sustainable Health Systems“. *The Lancet Planetary Health* 5 (2): e66–68. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00005-X](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00005-X).

- Malik, Arunima, Manfred Lenzen, Scott McAlister, und Forbes McGain. 2018. „The carbon footprint of Australian health care“. *The Lancet Planetary Health* 2 (1): e27e35.
- Masson-Delmotte, Valérie, Panmao Zhai, Hans-Otto Pörtner, Debra Roberts, Jim Skea, Priyadarshi R Shukla, Anna Pirani, u. a., Hrsg. 2018. *Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization.  
<https://www.ipcc.ch/sr15/>.
- Miller, Ronald E., und Peter D. Blair. 2009. *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Cambridge University Press.
- Minx, Jan, Giovanni Baiocchi, Thomas Wiedmann, John Barrett, Felix Creutzig, Kuishuang Feng, Michael Förster, Peter-Paul Pichler, Helga Weisz, und Klaus Hubacek. 2013. „Carbon Footprints of Cities and Other Human Settlements in the UK“. *Environmental Research Letters* 8 (3): 035039. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/035039>.
- Munksgaard, Jesper, und Klaus Alsted Pedersen. 2001. „CO2 accounts for open economies: producer or consumer responsibility?“ *Energy Policy* 29 (4): 327–34.  
[https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00120-8](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00120-8).
- Nansai, Keisuke, Jacob Fry, Arunima Malik, Wataru Takayanagi, und Naoki Kondo. 2020. „Carbon Footprint of Japanese Health Care Services from 2011 to 2015“. *Resources, Conservation and Recycling* 152 (Januar): 104525.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104525>.
- NHS England, und NHS Improvement. 2020. „Delivering a ‘net zero’ national health service“. London.
- OECD, EUROSTAT, und WHO. 2011. „A System of Health Accounts“. [https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/a-system-of-health-accounts\\_9789264116016-en](https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/a-system-of-health-accounts_9789264116016-en).
- Örtl, Elke. 2022. *Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2021*. Umweltbundesamt.  
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-8>.
- Pas, Remco van de. 2023. „Warum die Transformation zu einem wachstumsunabhängigen Gesundheits- und Wirtschaftssystem nötig ist“. Berlin.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7554101>.
- Pichler, Peter-Paul. 2022. „Emissionen des Gesundheitssektors Status quo und Handlungsbedarf“. In, herausgegeben von Jürgen Graalman, Eckart Hirschhausen, und Kerstin Blum, 39–45. Berlin: MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Pichler, Peter-Paul, Ingram S. Jaccard, Ulli Weisz, und Helga Weisz. 2019. „International Comparison of Health Care Carbon Footprints“. *Environmental Research Letters* 14 (6): 064004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab19e1>.
- Pongsiri, Montira J., Sam Bickersteth, Cristina Colón, Ruth DeFries, Mandeep Dhaliwal, Lucien Georgeson, Andrew Haines, u. a. 2019. „Planetary Health: From Concept to Decisive

Action". *The Lancet Planetary Health* 3 (10): e402–4. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(19\)30190-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30190-1).

Quitmann, Claudia, Rainer Sauerborn, Ina Danquah, und Alina Herrmann. 2022. „Climate Change Mitigation Is a Hot Topic, but Not When It Comes to Hospitals’: A Qualitative Study on Hospital Stakeholders’ Perception and Sense of Responsibility for Greenhouse Gas Emissions“. *Journal of Medical Ethics*, April. <https://doi.org/10.1136/medethics-2021-107971>.

Quitmann, Claudia, Rainer Sauerborn, und Alina Herrmann. 2021. „Gaps in Reporting Greenhouse Gas Emissions by German HospitalsA Systematic Grey Literature Review“. *Sustainability* 13 (3): 1430. <https://doi.org/10.3390/su13031430>.

Ramaswami, Anu, Abel Chavez, Jennifer Ewing-Thiel, und Kara E. Reeve. 2011. „Two Approaches to Greenhouse Gas Emissions Foot-Printing at the City Scale“. *Environmental Science & Technology* 45 (10): 4205–6. <https://doi.org/10.1021/es201166n>.

Retiene, Roman. 2022. „Health-related activities of Big Tech“.

Romanello, Marina, Alice McGushin, Claudia Di Napoli, Paul Drummond, Nick Hughes, Louis Jamart, Harry Kennard, u. a. 2021. „The 2021 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: Code Red for a Healthy Future“. *The Lancet* 398 (10311): 1619–62. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01787-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01787-6).

SEI, und NHS. 2008. „NHS England Carbon emissions carbon footprint report“.

Sherman, Jodi D., Andrea J. MacNeill, Paul D. Biddinger, Ozlem Ergun, Renee N. Salas, und Matthew J. Eckelman. 2023. „Sustainable and Resilient Health Care in the Face of a Changing Climate“. *Annual Review of Public Health* 44 (1): 255–77. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-071421-051937>.

SRU. 2022. „Wie viel CO2 darf Deutschland maximal noch ausstoßen? Fragen und Antworten zum CO2-Budget“. Berlin. [https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04\\_Stellungnahmen/2020\\_2024/2022\\_06\\_fragen\\_und\\_antworten\\_zum\\_co2\\_budget.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=15](https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2022_06_fragen_und_antworten_zum_co2_budget.pdf?__blob=publicationFile&v=15).

Steenmeijer, Michelle A, João F D Rodrigues, Michiel C Zijp, und Susanne L Waaijers-van der Loop. 2022. „The Environmental Impact of the Dutch Health-Care Sector Beyond Climate Change: An Inputoutput Analysis“. *The Lancet Planetary Health* 6 (12): e949–57. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00244-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00244-3).

Sustainable Development Unit. 2013. „Carbon Footprint update for NHS in England 2012“. Cambridge, UK. <https://www.sduhealth.org.uk/policy-strategy/reporting/nhs-carbon-footprint.aspx>.

———. 2016. „Carbon Footprint update for NHS in England 2015“. Cambridge, UK. <https://www.sduhealth.org.uk/policy-strategy/reporting/nhs-carbon-footprint.aspx>.

Sustainable Development Unit, UK National Health Service. 2009. „NHS England Carbon Emissions: Carbon Footprinting Report“. <https://www.sduhealth.org.uk/policy-strategy/reporting/nhs-carbon-footprint.aspx>.

Tukker, Arnold, Tatyana Bulavskaya, Stefan Giljum, Arjan de Koning, Stephan Lutter, Moana Simas, Konstantin Stadler, und Richard Wood. 2014. „The Global Resource Footprint of Nations“. Leiden/Delft/Vienna/Trondheim.

<http://www.exiobase.eu/index.php/publications/creea-booklet/72-creea-booklet-high-resolution>.

Weisz, Ulli, Peter-Paul Pichler, Ingram S. Jaccard, Willi Haas, Sarah Matej, Florian Bachner, Peter Nowak, und Helga Weisz. 2020. „Carbon Emission Trends and Sustainability Options in Austrian Health Care“. *Resources, Conservation and Recycling* 160 (September): 104862. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104862>.

Wiedmann, Thomas, und Jan Minx. 2008. „A definition of ‘carbon footprint’“. *Ecological economics research trends* 1: 111. [http://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=GCKU1p\\_6HNwC&oi=fnd&pg=PA1&dq=wiedmann+minx+2008&ots=D-A2KK9iPu&sig=BaRaRe\\_oisoivaLLzZBzK\\_veGz4](http://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=GCKU1p_6HNwC&oi=fnd&pg=PA1&dq=wiedmann+minx+2008&ots=D-A2KK9iPu&sig=BaRaRe_oisoivaLLzZBzK_veGz4).

Wu, Rui. 2019. „The Carbon Footprint of the Chinese Health-Care System: An Environmentally Extended Inputoutput and Structural Path Analysis Study“. *The Lancet Planetary Health* 3 (10): e413–19. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(19\)30192-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30192-5).