

Publizierbarer Endbericht

Gilt für Studien aus der Programmlinie Forschung

A) Projektdaten

Allgemeines zum Projekt	
Kurztitel:	HealthFootprint
Langtitel:	Carbon footprint of the Austrian health sector
Zitiervorschlag:	Ulli Weisz, Peter-Paul Pichler, Ingram S. Jaccard, Willi Haas, Sarah Matej, Peter Nowak, Florian Bachner, Lena Lepuschütz, Andreas Windsperger, Bernhard Windsperger und Helga Weisz (2019). Der Carbon Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors. Endbericht. Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, Wien.
Programm inkl. Jahr:	ACRP – 9 th Call, 2016
Dauer:	01.04.2017 bis 31.03.2019
KoordinatorIn/ ProjekteinreicherIn:	Institut für Soziale Ökologie (SEC) Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (WISO) Universität für Bodenkultur Wien (BOKU Wien) [bis 28.2.2018: Alpen-Adria Universität, AAU]
Kontaktperson Name:	Dr. Ulli Weisz
Kontaktperson Adresse:	Schottenfeldgasse 29 1070 Wien
Kontaktperson Telefon:	+43 (0) 1 47654-73723
Kontaktperson E-Mail:	ulli.weisz@boku.ac.at
Projekt- und KooperationspartnerIn (inkl. Bundesland):	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Brandenburg, Deutschland Gesundheit Österreich GmbH (GÖG), Wien
Schlagwörter:	Kohlenstoff- Fußabdruck, CO ₂ Emissionen, Gesundheitssektor, Gesundheitsversorgung, Krankenbehandlung, Multi-Regionale Input-Output Analyse (MRIO), Life Cycle Assessment, Klimaschutz, Handlungsoptionen

Allgemeines zum Projekt	
Projektgesamtkosten:	251.129,31 (exklusive in-kind Leistungen)
Fördersumme:	249.770,00 €
Klimafonds-Nr:	B670168 - ACRP9 - HealthFootprint - KR16AC0K13225
Erstellt am:	10. September 2019 (überarbeitet im Februar 2020)

B) Projektübersicht

1 Kurzfassung

Motivation: Der Klimawandel stellt Gesundheitssysteme vor eine doppelte Herausforderung: Sie sind mit den gesundheitlichen Folgen des Klimawandels zunehmend konfrontiert und sie tragen durch ressourcenintensive Dienstleistungen selbst zum Klimawandel bei [1–3]. Gleichzeitig ist das Gesundheitssystem aufgrund des demografischen Wandels, des medizinischen Fortschritts, zunehmend auch aufgrund gesundheitlicher Folgen des Klimawandels mit einer steigenden Nachfrage konfrontiert, die die öffentliche Finanzierbarkeit von Gesundheitsleistung erschwert [4, 5]. Diese Dynamiken machen den Gesundheitssektor sowohl zu einem wichtigen Treiber als auch zu einem System, das gegenüber dem Klimawandel besonders vulnerabel ist. Dennoch werden Gesundheitssektoren in der Klimaforschung bislang wenig berücksichtigt und in Klimastrategien nicht adressiert. Für Österreichs Gesundheitssektor lag bisher noch keine Abschätzung seines Kohlenstoff-Fußabdrucks vor. Damit fehlte die empirische Grundlage für eine Klimastrategie des Sektors.

Inhalt und Ziele: Wir berechneten erstmals die gesamten CO₂-Emissionen, die durch den österreichischen Gesundheitssektor verursacht werden, zeigten in einem internationalen Vergleich ihre Entwicklung auf und identifizierten die klimarelevantesten Bereiche der Gesundheitsversorgung. Die empirischen Ergebnisse dienten als Grundlage für die Entwicklung von Handlungsoptionen, die wir mit PolitikexpertInnen diskutierten. HealthFootprint verfolgte dabei sechs spezifische Ziele: (1) Berechnung des Kohlenstoff(CO₂)-Fußabdrucks (d.h. der direkten und indirekten CO₂-Emissionen) des österreichischen Gesundheitssektors in einem internationalem Vergleich in einer Zeitreihe über 10 Jahre. (2) Detailanalysen zu den CO₂-Emissionen durch den direkten Energieverbrauch großer Gesundheitsanbieter, (3) Aufgliederung der durch Krankenhäuser verursachten CO₂-Emissionen, (4) Abschätzungen des Kohlenstoff-Fußabdrucks ausgewählter medizinischer Produkte. Darüber hinaus (5) Abschätzung der CO₂ Emissionen, die über privaten Verkehr vom Gesundheitssektor induziert werden. (6) Ableitung von Handlungsoptionen als Grundlage für eine zukünftige Klimastrategie des österreichischen Gesundheitssektors.

Methode: Das Vorhaben erforderte einen Mix an Methoden und die Verwendung unterschiedlicher sekundärer Datenquellen: Der gesamte CO₂-Fußabdruck wurde „top down“ über „environmentally extended“ Multi-Regionale-Input-Output (EE-MRIO) Analysen in einer Zeitreihe ab 2005 ermittelt. Dabei wurden nationale Gesundheitsausgaben aus OECD-Statistiken mit dem EE-MRIO Modell Eora verknüpft. Für Detailberechnungen („bottom-up Analysen“) verwendeten wir Carbon-Intensitäten (aus Eora) und Emissionsfaktoren aus Life-Cycle Assessments, die mit Verbrauchs- und Kostendaten aus Statistiken des österreichischen Gesundheitswesens oder Daten aus Spezialerhebungen verknüpft wurden. Diese Berechnungen beziehen sich auf die Jahre 2005, 2010 und 2015

(mit Ausnahme einzelner Produktbeispiele). Die Definition des Gesundheitssektors richtet sich nach dem System of Health Accounts [6].

Empirische Ergebnisse: In Österreich betrug der durch den Konsum von Gesundheitsleistungen verursachte CO₂-Fußabdruck im Jahr 2014 6,8 Megatonnen (Mt). Das entspricht einem Anteil von fast 7% am nationalen CO₂-Fußabdruck. Dieser liegt, wie die gesundheitsbezogenen CO₂-Emissionen pro Kopf und die Gesundheitsausgaben pro Kopf, über dem OECD-Durchschnitt. Der internationale Vergleich zeigt: Der Gesundheitssektor ist im Median der OECD Länder der größte Verursacher von CO₂-Emissionen unter allen Dienstleistungssektoren und sein CO₂-Fußabdruck ist der sechstgrößte gesamtwirtschaftlich (unmittelbar hinter dem Nahrungsmittelsektor, der Platz 5 einnimmt). Seit 2005 ist in Österreich bei steigenden Gesundheitsausgaben der CO₂-Fußabdruck des Gesundheitssektors gesunken, der damit den nationalen CO₂-Emissionen folgt. Krankenhäuser verursachen beinahe ein Drittel der CO₂-Emissionen (2010: rd. 2,5 Mt), gefolgt von ambulant konsumierten Arzneimitteln/medizinischen Produkten (rd. 20%) und dem niedergelassenen Versorgungsbereich (rd. 18%). Die CO₂-Emissionen durch den Energiekonsum der großen Gesundheitsanbieter sind seit 2005 rückläufig (2015: 768 kt CO₂) und in der Größenordnung mit denen des induzierten privaten Verkehrs vergleichbar, die ansteigen. In Krankenhäusern sind medizinische Produkte/Arzneimittel gefolgt vom Energiekonsum am klimarelevantesten. Medizinische Handschuhe, die in Krankenanstalten verwendet werden, verursachen Treibhausgas (THG) Emissionen von mehr als 10 kt CO₂eq/Jahr (2008-2015 Durchschnitt). Die THG-Emissionen von Anästhesiegasen sind rückläufig (Krankenhäuser: 21 kt CO₂eq; 2015). Die Emissionen durch THG-haltige Dosierinhalatoren haben sich österreichweit seit 2005 verdoppelt (2015: 26 kt CO₂eq).

Schlussfolgerungen: Angesichts der nach 2014 wieder steigenden nationalen Treibhausgasemissionen und der prognostizierten Erhöhung der Nachfrage an Gesundheitsleistungen, ist es wahrscheinlich, dass der Kohlenstoff-Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors ohne effektive Klimaschutzmaßnahmen in Zukunft wieder (womöglich drastisch) ansteigen wird. Handlungsoptionen zur Entwicklung klimafreundlicher Gesundheitsleistungen reichen von energieeffizienten Gebäuden und klimafreundlicher Beschaffung über die Reduktion unnötiger Mehrfach- und Fehlbehandlungen und Überverschreibungen, bis hin zur Priorisierung von Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung. Diese Maßnahmen beeinflussen die Qualität der Versorgung nicht oder würden in vielen Fällen sogar die Gesundheit der Bevölkerung verbessern. Daher ist eine unserer wichtigsten Schlussfolgerung, dass Gesundheitssektoren ihre Klimaschutzmaßnahmen auf den medizinischen Bereich ausdehnen können und sollen ohne die Qualität der Versorgung zu beeinträchtigen. Mit der Förderung klimafreundlicher, gesunder Lebensstile sind darüber hinaus substantielle Emissionsminderungen erzielbar. Der Gesundheitssektor könnte hier eine Vorreiterrolle einnehmen und gleichzeitig seinen eigenen Kohlenstoff-Fußabdruck senken.

2 Executive Summary

Motivation: Despite its socioeconomic importance and interaction with climate change the health sector is largely ignored in climate mitigation research and climate policies. The few available studies published before and during our project show that the health sector is a major consumer of energy intensive goods and services from both domestic and foreign sources [2]. At the same time, the health system is confronted with growing demand for health services due to demographic changes, fast medical advances and increasingly by climate change [3–5]. These dynamics make health care both an important driver of and a system vulnerable to global climate change and suggest an inclusion of the health sector in any low carbon development strategy. Thus, quantifying the carbon footprint of the health sector is a prerequisite to determining its potential contribution to climate mitigation efforts and to guiding strategies to reduce adverse effects associated with health care delivery.

Content and objectives: We calculated for the first time the carbon (CO₂) footprint of the Austrian health sector, showed its development in an international comparison and identified the most climate-relevant areas of health care. The empirical results served as basis for developing options for action, which we discussed with policy experts. We decomposed the Austrian *health carbon footprint* (HCF) using various bottom up methods to add granularity to the aggregated results. Our detailed estimates include the carbon footprints of major goods and services purchased by hospitals, carbon emissions attributable to energy use, to the use of selected pharmaceuticals and medical goods and to induced private travel. We shared and discussed the empirical results with policy experts and stakeholders to help identify key action areas and develop policy recommendations for a future climate strategy for the Austrian health care system.

Method: We applied a mix of methods (top-down and bottom-up approaches), which required the use of multiple secondary data sources: The health carbon footprint was calculated using environmentally extended multi-regional input-output (EE-MRIO) analyses. National health expenditure from OECD statistics was linked to the EE-MRIO model Eora. For the detailed “bottom up” analyses we used carbon intensities derived from Eora and emission factors from life cycle assessments (LCA), which were linked with consumption and cost data from Austrian health statistics or data from special surveys. The calculations for Austria refer to the years 2005, 2010 and 2014/2015 (except for individual product examples); The system definition of the health sector is based on the System of Health Accounts (SHA) [6].

Results: In OECD countries, China, and India, health care on average accounts for 5% of the national CO₂ footprint (0.6 t CO₂ per capita, 2014) making the sector comparable in importance to the food sector. Austria is one of the countries that have seen reduced CO₂ emissions related to health care despite growing expenditures mirroring its economy wide emission trends. The health care sector thus has benefited from past decarbonization in the power sector in Austria and other countries. In Austria, the health carbon footprint caused by the consumption

of health services amounted to 6.8 megatons (Mt) CO₂ in 2014. This corresponds to a share of almost 7% of the national CO₂ footprint. Detailed results for Austria reveal that hospitals (2010: 32.4 %), medical retailers (20.4 %), and ambulatory health services (18.2 %) have the largest shares of the CO₂ footprint of the health sector. While major health care providers have experienced CO₂ emission reductions from energy use within the last decade, the direct emissions caused by private travel induced by the Austrian health sector have increased and are in the same order of magnitude as those CO₂ emissions from direct energy consumption. In hospitals, medical products and pharmaceuticals, followed by energy consumption, are the most climate-relevant product categories. Overall greenhouse gas (GHG) emissions from the use of anesthetic gases in hospitals have declined (39 kt CO₂eq in 2005 to 21 kt CO₂eq in 2015). In contrast, GHGs released from using pressurized metered dose inhalers have doubled since 2005 and are responsible for 26 kt of CO₂eq in 2015. The consumption of medical gloves in Austrian hospitals caused nearly 11 kt CO₂eq per year (2008-2015 average).

Conclusions: The reduction in the Austrian health footprint has been achieved in recent years primarily through improvements in the energy sector. Without effective climate mitigation measures in the energy sector, prospected increases in health service demand and health expenditure might lead to (perhaps even drastic) increases in the carbon emissions caused by health care. Overall, our empirical results indicate that important leverage points exist inside and outside the health sector to reduce the health carbon footprint. Based on the empirical results and the existing literature, we derived and systematized options for action that can help health providers reduce their carbon footprints and guide a future climate strategy of the health sector. Many of the suggested options for action do not compromise the quality of health care provision or would even improve public health. They comprise a set of measures to reduce carbon emissions as well as supporting measures that would empower health providers to develop strategies for systematic implementation and realization of the suggested measures. Thus, one of the most important conclusion of our study is that health sectors can and should extend their emission reduction efforts to the medical area, without undermining health care provision. The health sector can play a crucial role in supporting strategies to achieve the Austrian climate targets by systematically implementing effective mitigation measures in health care organizations and by putting more emphasis in promoting low-carbon and healthy life-styles.

HealthFootprint publications and supplementary information (SI)

Pichler, P.-P., Jaccard, I.S., Weisz, U., Weisz, H., 2019. International comparison of health care carbon footprints. *Environmental Research Letters* 14, 064004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab19e1> (with online available SI) [7]

Weisz, U., Pichler, P.-P., Jaccard, I.S., Haas, W., Matej, S., Bachner, F., Nowak, P., Weisz, H., (in Revision). Carbon emission trends and sustainability options in Austrian health care. *Special issue on Sustainable Health Care in Resources, Conservation & Recycling* (upon publication with online available SI and results data file [8])

3 Hintergrund und Zielsetzung

Ausgangslage und Motivation

Enge Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Gesundheit stellen den Gesundheitssektor vor eine doppelte Herausforderung: Klimawandel-bedingte Gesundheitsprobleme erhöhen die Nachfrage nach Gesundheitsleistungen in einer Zeit, in der der Sektor angesichts demografischer Veränderungen und der Zunahme an chronischen und Lebensstil-assoziierten Erkrankungen bereits mit erhöhtem Versorgungsbedarf und deren öffentlichen Finanzierbarkeit konfrontiert ist [4, 5, 9, 10]. Gleichzeitig tragen energieintensive Gesundheitsleistungen selbst zum Klimawandel bei [2, 3, 11]. Das bringt Gesundheitsanbieter in eine paradoxe Situation: Indem sie für die Gesundheit der Bevölkerung sorgen, tragen sie selbst zum Klimawandel und dessen gesundheitliche Folgen bei. In Österreich, wie in vielen anderen reichen Ländern, steigen die Gesundheitsausgaben und deren Anteil am Bruttoinlandsprodukt (BIP). Auch medizintechnische Fortschritte, neue Diagnose- und Therapiemöglichkeiten tragen zu dieser Entwicklung bei. Im Jahr 2014 betragen die Ausgaben des österreichischen Gesundheitssektors 34,5 Mrd. Euro. Das entspricht einem BIP-Anteil von 10,4%. Der OECD-weite Durchschnitt liegt bei 9% [5, 12].

Die international vereinbarten Klimaziele (Paris Agreement 2015) verlangen schnelle und drastische Reduktionen der Treibhausgasemissionen aller Sektoren [13]. Bislang wurde der Gesundheitssektor in entsprechenden Klimastrategien allerdings nicht berücksichtigt. Für den österreichischen Gesundheitssektor wurde bislang noch keine eigene Klimastrategie entwickelt. Auch in der internationalen Literatur werden negative Auswirkungen von Gesundheitsversorgung auf das Klima unzureichend behandelt. Internationale Organisationen appellieren an die Verantwortung und Vorbildwirkung des Gesundheitssektors im Kampf gegen den Klimawandel und betonen die Chancen klimafreundlicher Gesundheitsleistungen [14–16] (für Österreich [9]). Die Lancet Commission on Health and Climate Change empfiehlt den Kohlenstoff-Fußabdruck („carbon footprint“) von Gesundheitssektoren als Indikator in Assessments zu Klima und Gesundheit aufzunehmen [1].

Bis Februar 2020 liegen fünf nationale „Carbon Footprint“ Studien von Gesundheitssektoren [17–22]. Der weltweit erste internationale Vergleich des Kohlenstoff-Fußabdrucks von Gesundheitssektoren (34 OECD Länder, China und Indien) wurde im Rahmen von HealthFootprint publiziert [7]. Eine weitere internationale von Health Care Without Harm beauftragte Studie ist im Herbst 2019 erschienen [23].

. Diese Studien wenden um Umwelteffekte erweiterte („environmentally extended“) Multi-Regionale Input-Output-Analysen (EE-MRIO) [24] zur Berechnung des „health carbon footprint“ (HCF) an. MRIO-Ansätze sind für umfassende, konsistente und damit international vergleichbare Ergebnisse erforderlich. Allerdings sind die Ergebnisse aus diesen „top-down“ Analysen zu aggregiert, um daraus ausreichende Informationen für spezifische Klimaschutzmaßnahmen für einzelne Ländern und Gesundheitsanbietern zu

liefern. Demgegenüber liefern Life Cycle Assessments (LCA) spezifische Informationen zum Kohlenstoff-Fußabdruck einzelner Arzneimittel und anderer Medizinprodukten und zu medizinischen Behandlungen [25–29, 18, 30]. Diese „bottom-up“ Analysen dienen dazu alternative, klimafreundliche Produkte und Behandlungsformen zu identifizieren. Der Nutzen dieser Studien ist allerdings ebenfalls begrenzt, da aus dem medizinischen Bereich, nur für einige wenige der Tausenden medizinischen Produkte LCA Daten vorliegen, auch weil Daten zur Produktion, Preisen und Konsum – vor allem bei Arzneimittel – als Betriebsgeheimnis meist nicht transparent gemacht werden [31, 32]. Darüber hinaus sind LCA Studien mit methodischen Problemen behaftet, die eine Vergleichbarkeit erschweren z.B. [33, 34]. Die Kombination beider Ansätze ist daher geeignet Vollständigkeit und Konsistenz aus „top-down“ Analysen mit ausreichenden Details aus „bottom-up“ Berechnungen zu verbinden. Daher haben wir in HealthFootprint eine Kombination von MRIO und LCA-basierten Ansätzen vorgeschlagen.

Aufgabenstellung und Zielsetzung

HealthFootprint setzte sich zum Ziel erstmals den gesamten Kohlenstoff-Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors zu berechnen. Dieser umfasst alle indirekten (vorgelagerten) und direkten („on-site“) CO₂-Emissionen, die durch Gesundheitsleistungen verursacht werden. Detailanalysen dienen dazu klimarelevante Bereiche zu identifizieren. Die empirischen Ergebnisse wurden mit Gesundheits- und PolitikexpertInnen diskutiert, um Handlungsoptionen für eine zukünftige Klimastrategie des Gesundheitssektors zu entwickeln. Das übergeordnete Ziel von HealthFootprint war es eine zuverlässige Datenbasis für eine zukünftige Klimaschutzstrategie des österreichischen Gesundheitssektors zu schaffen.

HealthFootprint verfolgte sechs spezifische Ziele: (1) Berechnung des gesamten Kohlenstoff-(CO₂)-Fußabdrucks des österreichischen Gesundheitssektors in einem internationalen Vergleich in einer Zeitreihe über die letzten 10 Jahre. (2) Detailanalysen zu den CO₂-Emissionen durch den direkten Energieverbrauch großer Gesundheitsanbieter, (3) Aufgliederung des Kohlenstoff-Fußabdrucks von Krankenhäusern nach großen Produktkategorien, und 4) Abschätzungen der THG-Emissionen ausgewählter Arzneimittel und medizinischer Produkte. Darüber hinaus (5) Abschätzung der CO₂ Emissionen, die über privaten Verkehr vom Gesundheitssektor induziert werden. (6) Die empirischen Ergebnisse dienen als Grundlage für die Identifikation der klimarelevantesten Bereiche und die Entwicklung von Handlungsoptionen, die mit Gesundheits- und PolitikexpertInnen diskutiert wurden.

4 Projektinhalt und Ergebnisse

(max. 20 Seiten) Darstellung des Projektes, der Ziele und der im Rahmen des Projektes durchgeführten Aktivitäten. Darstellung der wesentlichen Arbeitspakete und Aktivitäten. Präsentation der Projektergebnisse.

4. 1 Darstellung des Projekts

- Überblick

Abb.1 gibt einen Überblick zu den Projektinhalten (Kreise: A-G) mit den beiden zentralen methodischen Ansätzen (Pfeile: MRIO, LCA) und wichtigsten Datenquellen zur Berechnung des gesamten Kohlenstoff-Fußabdrucks des Gesundheitssektors (Health Carbon Footprint; HCF: A, B) und den Detailerhebungen (C-E). In der Abgrenzung des Gesundheitssektors folgten wir der Definition des System of Health Accounts (SHA) [6]. Die vom Gesundheitssektor durch privaten Verkehr induzierte CO₂ Emissionen sind separat ausgewiesen, da sie Teil des Transportsektors sind (F).

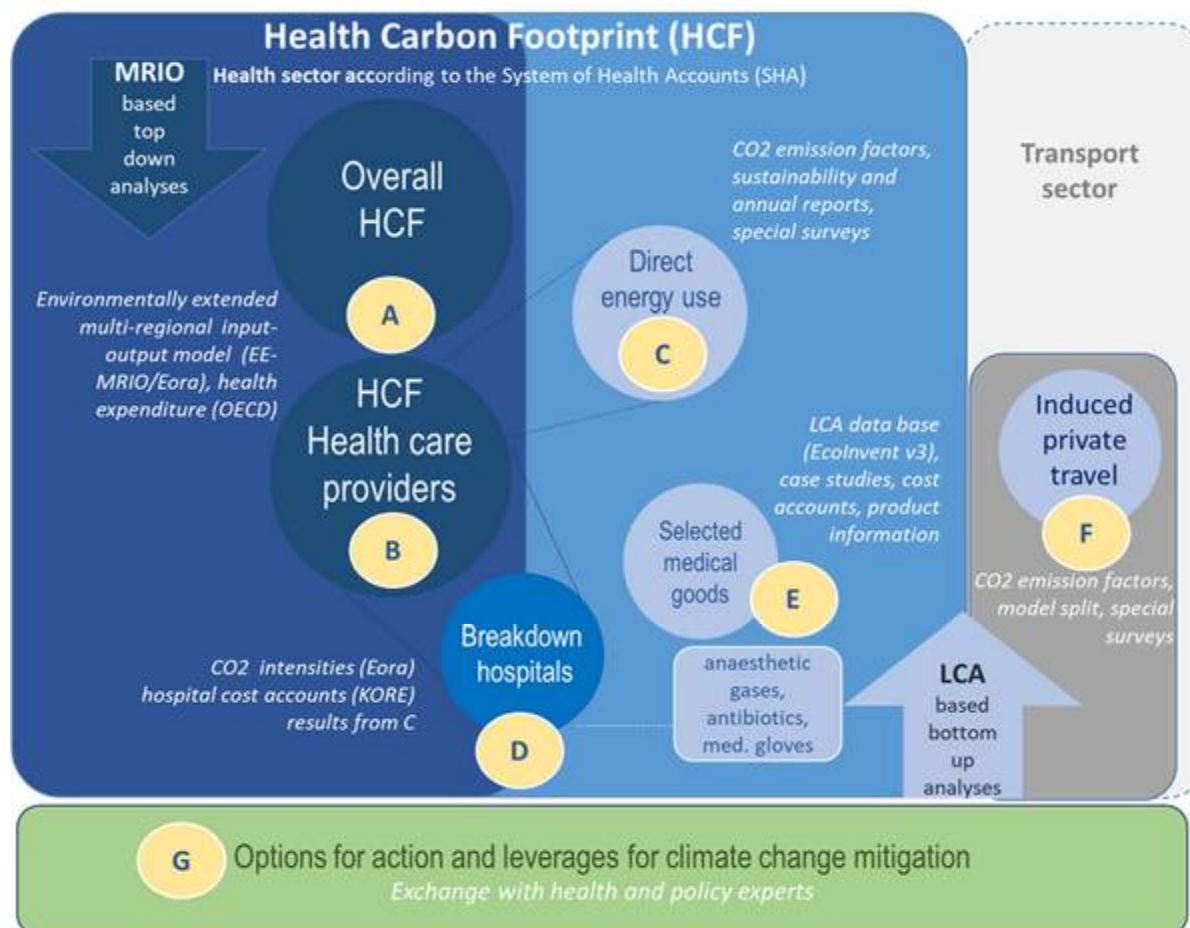


Abb. 1. HealthFootprint Überblick. Projektinhalte, Ansätzen und Datenquellen

Angewandt wurde ein Mix an Methoden: „Top-down“ MRIO Analysen (A: gesamter Kohlenstoff-Fußabdruck, B: Kohlenstoff-Fußabdruck nach Anbietern) und unterschiedliche LCA-basierte „bottom-up“ Berechnungsmethoden (C: Energie, E: medizinische Produktbeispiele, F: induzierter Verkehr), sowie eine Kombination

beider zur detaillierteren Darstellung des Kohlenstoff-Fußabdrucks der Krankenhäuser nach großen Produkt- und Servicekategorien(D). Die Ergebnisse lieferten die empirische Grundlage zur Identifikation von Handlungsfeldern und der Entwicklung von Handlungsoptionen für Klimaschutzmaßnahmen, die mit PolitikexpertInnen diskutiert und unter Berücksichtigung der relevanten Literatur systematisiert wurden (G).

- **Projektaktivitäten**

Neben einer Reihe von kleineren Treffen und Tele-Meetings innerhalb und zwischen den Arbeitspaketen, waren zentrale Projektaktivitäten die Partnertreffen (Milestone Meetings), der bilateraler Austausch mit PolitikexpertInnen, ein ExpertInnen-Workshop und eine öffentliche Abschlussveranstaltung, die vom österreichischen Klima- und Energiefonds organisiert wurde. Beraten wurden wir von einem Experten der University of Leeds (UK), der an der ersten „Carbon – Footprint“ Studie des NHS England beteiligt war. Wir standen in Austausch mit der Sustainable Development Unit (SDU) des National Health Service (NHS) England, der Vorsitzenden der Sustainable Health Care Coalition sowie mit AkteuerInnen und MitarbeiterInnen des internationalen Netzwerks Health Care Without Harm (HCWH) und wir vernetzten uns mit ForscherInnen der Yale University (US). Zudem brachten wir Inhalte des Projekts in die Arbeitsgruppe des Gesundheitsziels 4 „natürliche Lebensgrundlagen für alle Generationen sichern“ ein. Aktivitäten zur Verbreitung der Projektergebnisse beinhalteten zwei wissenschaftliche Artikel (Pichler et al. 2019, Weisz et al. in Revision), mehrere Konferenzbeiträge und weitere an unterschiedliche Interessensgruppen gerichtete Disseminierungsaktivitäten (eine genaue Auflistung findet sich in Kapitel 8).

- **Arbeitspakete**

Das Projekt wurde in acht Arbeitspaketen (Work Packages, WPs) organisiert. Neben dem Projektmanagement (WP1) stellten die eng aufeinander abgestimmten „Accounting WPs“ den Kern des Projekts dar: MRIO Analyse (WP2); Aufgliederung des Kohlenstoff-Fußabdrucks der Krankenhäuser und weitere LCA-basierte Detailberechnungen medizinischer Produktbeispielen (WP3), des direkten Energiekonsums großer Anbieter (WP4) und des durch den Gesundheitssektor induzierten Verkehrs (WP5). In WP 6 führte das Projektteam die empirischen Einzelergebnisse zusammen und interpretierte die Ergebnisse. WP7 organisierte den Austausch mit den PolitikexpertInnen und entwickelte und systematisierte Handlungsoptionen für den Gesundheitssektor. WP8 war für die Dissemination der Ergebnisse verantwortlich (siehe dazu auch den Überblick in Kapitel 7).

Die Arbeit erfolgte in enger Kooperation zwischen den einzelnen Teams in gut aufeinander abgestimmten Schritten. Zentraler Austausch zwischen den Arbeitspaketen wurde in halbjährlichen Abständen durch ganztägige Partnertreffen (Milestone Meetings), interne Zwischenberichte und eine gemeinsame Datenbank gewährleistet.

4.2 Ergebnisse

Ziel des Projekts war es, die Ergebnisse des CO₂-Fußabdrucks des österreichischen Gesundheitssektors aus einem globalen EE-MRIO-Modell (Eora) um mehrere LCA-basierte „bottom-up“ Berechnungen zu ergänzen, die ein detaillierteres Bild der CO₂-Emissionen, die durch den österreichischen Gesundheitssektor verursacht werden, ergeben. Während es, wenn das EE-MRIO Modell einmal etabliert und validiert ist, vergleichsweise einfach ist, jährliche Zeitreihen des Kohlenstoff-Fußabdrucks mit dem EE-MRIO Modell zu berechnen, sind „bottom-up“ Analysen sehr arbeitsintensiv und durch die begrenzte Verfügbarkeit von sekundären Datenquellen limitiert. Zu Beginn der Studie haben wir daher beschlossen, diese „bottom-up“ Analysen für die Jahre 2005, 2010 und 2015 zu erstellen. Obwohl Eora den gesamten betrachteten Zeitraum von 2005 bis 2015 abdeckt, haben wir uns aufgrund von Problemen mit der Datenqualität entschieden die Ergebnisse für 2015 zu exkludieren und nur die Ergebnisse bis 2014 zu publizieren. Dies bedeutet, dass es eine unvermeidbare Inkonsistenz zwischen den Ergebnissen des Endjahres für die LCA-basierten Berechnungen (2015) und den EE-MRIO Analysen (2014) gibt. Da nicht davon auszugehen ist, dass sich die Kohlenstoff-Fußabdrücke zwischen 2014 bis 2015 stark geändert haben, sollte dies keinen grundsätzlichen Einfluss auf die Interpretierbarkeit der Ergebnisse haben. Für weitere Diskussionen siehe Weisz et al. (in Revision für Resources, Conservation & Recycling). Mit der Publikation dieses Artikels werden auch ein Supplementary Information File zu den Methoden und alle Ergebnisse in Form eines Daten Repositoriums online verfügbar sein. Für eine ausführliche Diskussion des internationalen Vergleichs siehe Pichler et al. 2019[7].

- [Der CO₂-Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors im internationalem Vergleich](#)

2014 betrug der gesamte CO₂-Footprint Österreichs 100,7 Megatonnen (Mt). Der österreichische Gesundheitssektor verursachte im selben Jahr 6,8 Mt CO₂ Emissionen und hatte damit einen Anteil von fast 7% am nationalen CO₂-Fußabdruck. Mit diesem Anteil liegt Österreich im internationalen Vergleich über dem OECD Durchschnitt und zwar an 6. Stelle nach den USA, Niederlanden, Belgien, Japan und Frankreich (siehe Abb. 2). Ebenfalls über dem OECD Durchschnitt liegen die gesundheitsbezogenen CO₂-Emissionen pro Kopf. Hier liegt Österreich mit 0,8 t CO₂/Kopf in 2014, siehe Abb. 2) an 8. Stelle (Abb. 3). Im Ländervergleich (OECD, China, Indien) liegt der Durchschnitt im selben Jahr bei 0,6 t CO₂/Kopf (Bandbreite: USA: 1,15 t CO₂/Kopf und Indien: 0,06t CO₂/Kopf: siehe Abb. 3). Ähnlich verhalten sich die österreichischen Gesundheitsausgaben. Österreich gibt mit 5.280 USD/pro Kopf (USD zu konstanten 2010 Preisen, hier und im Folgenden zu Zwecken des Vergleichs mit anderen OECD Ländern in USD ausgewiesen) knapp ein Drittel mehr für Gesundheitsleistungen aus als der Durchschnitt der OECD Länder (OECD Durchschnitt: 4.030 USD/pro Kopf, konstante 2010 Preise).

Der Gesundheitssektor ist damit im Median der OECD Länder der größte Verursacher von CO₂-Emissionen unter allen Dienstleistungssektoren und sein CO₂-Fußabdruck ist der sechstgrößte gesamtwirtschaftlich (unmittelbar hinter dem Nahrungsmittelsektor, der Platz 5 einnimmt) (Pichler et al. 2019 [7]).

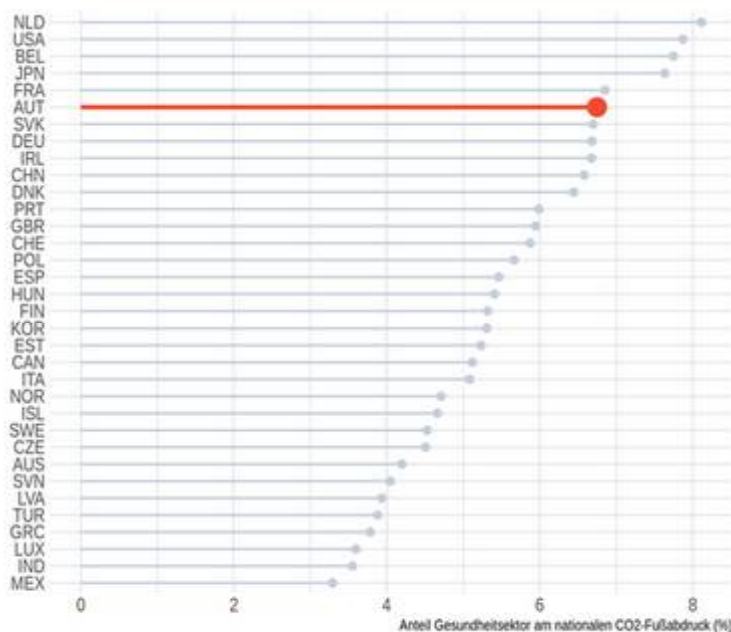


Abb. 2 Der österreichischen CO₂-Fußabdruck (% am nationalem Fußabdruck) im internationalem Vergleich 2014 (Quelle: Pichler et al. 2019, adaptiert)

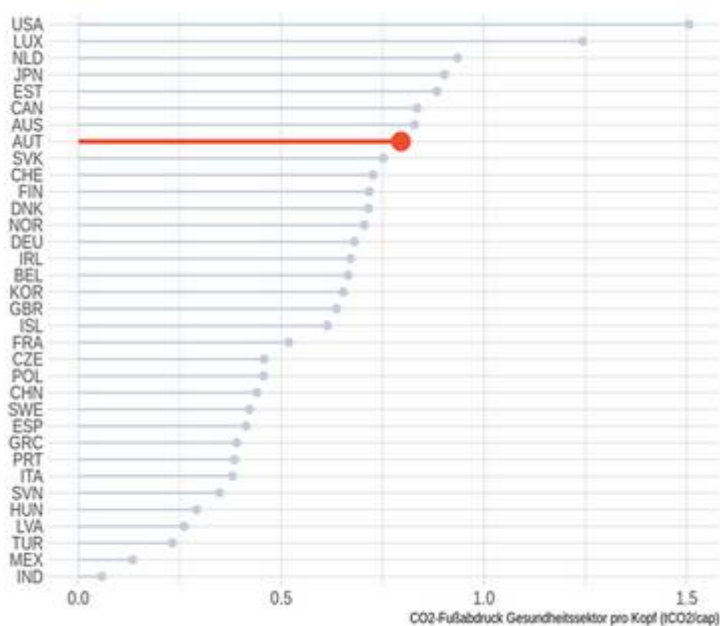


Abb. 3. Der österreichische CO₂-Footprint (t CO₂/Kopf) von Gesundheitssektoren im internationalem Vergleich 2014 (Quelle: Pichler et al. 2019, adaptiert)

Abb. 4 zeigt die Entwicklung dreier zentraler Indikatoren des Gesundheitssektors (zum CO₂-Fußabdruck und zu den Gesundheitsausgaben) in Österreich, Deutschland, den Niederlanden und Norwegen zwischen 2005 und 2014.

In diesen Ländern zeigt sich ein ähnlicher Trend: Während die Gesundheitsausgaben pro Kopf steigen (Abb. 4 links), sinken die CO₂-Emissionen pro Kopf (Abb. 4 rechts). In allen vier Ländern sinkt damit die CO₂-Intensität der Gesundheitsleistungen (das sind CO₂-Emissionen pro Geldeinheit, Abb. 4 Mitte). Österreich gehört dabei zu denjenigen Ländern, deren Fußabdruck den nationalen CO₂-Emissionen folgen.

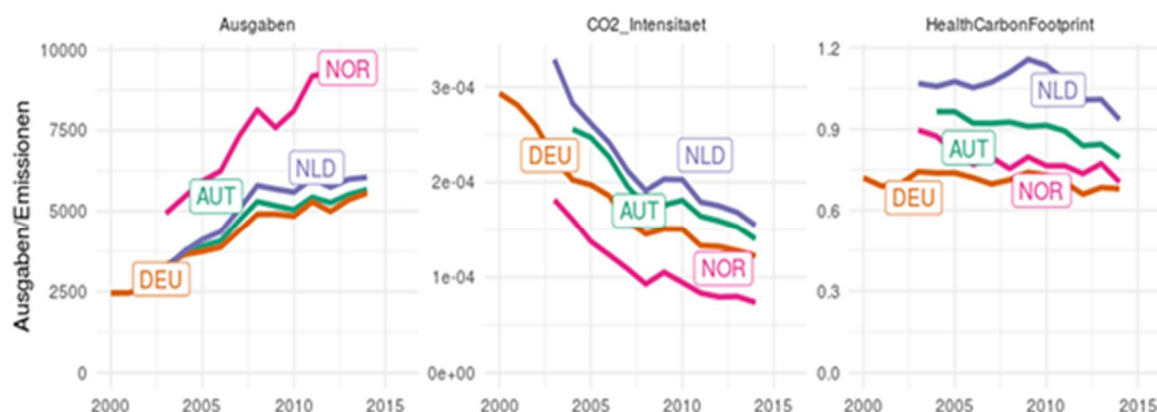


Abb. 4. Entwicklung des CO₂-Fußabdrucks des Gesundheitssektors, der Gesundheitsausgaben und der CO₂-Intensität von Gesundheitsleistungen in vier europäischen Ländern, 2005-2014 (Quelle: Pichler et al. 2019, adaptiert).

AUT: Österreich, DEU: Deutschland, NDL: Niederlande, NOR: Norwegen. Links: Gesundheitsausgaben in 1000 USD pro Kopf (konstante 2010 Preise). Mitte: CO₂-Intensität von Gesundheitsleistungen in t CO₂ pro 1000 USD. Rechts: CO₂-Fußabdruck des Gesundheitssektors in t CO₂ pro Kopf.

- CO₂-Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors im Überblick

Abb. 5 zeigt den CO₂-Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors für das Jahr 2010 unterteilt in Gesundheitsanbietern (nach dem System of Health Accounts [6]) und Investitionen als eigene Kategorie (innerer Kreis), wobei kleinere Kategorien unter „Andere“ zusammengefasst sind. In den Kategorien „Niedergelassener Bereich“ und „Krankenhäuser“ sind die CO₂-Emissionen aus dem direkten Energieverbrauch und die durch induzierten, privaten Verkehr. Krankenhäuser wurden weiter nach konsumierten Gütern und Dienstleistungen unterteilt (siehe Kapitel 6); medizinischer Einzelhandel („Einzelhandel“) in Arzneimittel und andere Medizinprodukte. Der Anteil der CO₂ Emissionen durch induzierten Privatverkehr wird in Relation zum CO₂-Fußabdruck des jeweiligen Anbieters, der den Verkehr verursacht ausgewiesen (äußere Bogenlinie). Die jeweiligen Prozentanteile dieser Subkategorien am gesamten CO₂-Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors, hier für das Jahr 2010 dargestellt, haben sich im Beobachtungszeitraum nur unwesentlich geändert.

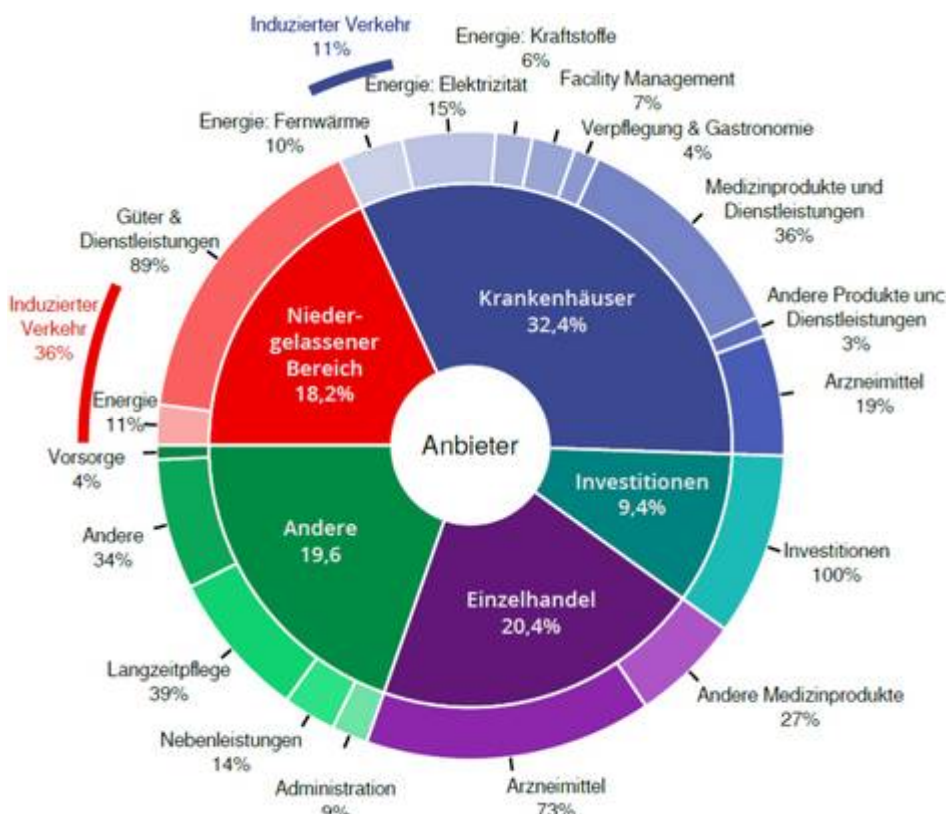


Abb. 5. HealthFootprint Überblick der Ergebnisse (Quelle: Weisz et al. in Revision). CO₂-Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors für das Jahr 2010 nach Gesundheitsanbietern (innerer Kreis), Subkategorien/ Produktgruppen (äußerer Kreis) und induzierten Verkehr (Bogenlinie)

- Die Entwicklung des CO₂-Fußabdrucks des österreichischen Gesundheitssektors

Jahr	HCF (Mt CO ₂)	HCF/Kopf (tCO ₂ /cap)	Anteil am nationalem CF (%)	Gesundheitsausgaben (Mill. Euro)
2005	7,93	0,96	7,1	25. 827
2010	7,64	0,91	7,4	31. 840
2014	6,80	0,8	6,7	36.485

Tab. 1. Entwicklung des CO₂-Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors und der Gesundheitsausgaben 2000, 2010, 2014 (Quelle: Pichler et al. 2019, Weisz et al. in Revision)

Legende: CO₂-Fußabdruck des Gesundheitssektors „health carbon footprint“ (HCF) in Megatonnen CO₂ (Mt CO₂), in Tonnen pro Kopf (tCO₂/cap), Anteil des HCF am nationalen CO₂-Fußabdruck (% CF); Gesundheitsausgaben (laufende Kosten) (OECD, 2017b).

2014 betrug der CO₂-Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors 6,08 Megatonnen (Mt). Das entspricht fast 7% des nationalen CO₂-Fußabdrucks

Österreichs und 0,8 t CO₂ pro Kopf. Zwischen 2005 und 2010 ist der Rückgang der durch Gesundheitsleistungen verursachten CO₂-Emissionen trotz steigender realer Gesundheitsausgaben knapp 4%, zwischen 2005 und 2014 beträgt er 14%. (siehe Tab. 1).

Der CO₂-Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors nimmt über die Jahre trotz steigender Gesundheitsausgaben ab und folgt, so zeigen unsere weiteren Analysen (Pichler et al. 2019), über den betrachteten Zeitraum dem nationalen Trend der CO₂ Emissionen. Die nationalen CO₂-Emissionen sind in Österreich nach einem Spitzenwert im Jahr 2005 gesunken, steigen aber seit 2014 wieder kontinuierlich an [35]. Das heißt: Der Gesundheitssektor hat hinsichtlich seiner CO₂ Emissionen bisher von der nationalen Entwicklung profitiert. Angesichts des Wiederanstiegs der nationalen CO₂ und Treibhausgasemissionen (THG), der prognostizierten Steigerung der Nachfrage nach Gesundheitsleistungen und der Steigerung der Gesundheitsausgaben [4, 12], wird der CO₂-Fußabdruck ohne verstärkte Klimaschutzanstrengungen sehr wahrscheinlich wieder - womöglich drastisch - ansteigen. Das spricht dafür, dass neben der Dekarbonisierung des Energiesektors, die langsam voranschreitet vgl. (Le Quéré et al., 2019) auch vom Gesundheitssystem selbst verstärkte Bemühungen zur Emissionsreduktion getroffen werden sollten (Weisz et al. in Revision), wie dies von internationalen Organisationen auch zunehmend gefordert wird [2, 3, 11, 16].

- CO₂-Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors nach Anbietern

Die größten Anteile am gesamten CO₂-Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors haben Krankenhäuser mit rd. 32% (siehe Abb.5, für das Jahr 2010). Die über den Einzelhandel abgegebenen Arzneimittel und medizinische Produkte () verursachten Emissionen verursachen rd. 20% (davon 73% Arzneimittel, 27% andere medizinische Produkte), der ambulante Versorgungsbereich (niedergelassener Bereich) folgt mit rd. 18%. Diese Anteile haben sich über dem Beobachtungszeitraum (2005-2014) nicht wesentlich geändert. Damit weisen diese drei Bereiche auf wichtige Handlungsfelder für Klimaschutzstrategien innerhalb des Gesundheitssektors hin.

Der große Beitrag von Krankenhäusern und medizinischen Einzelhändlern zum gesamten Gesundheits-CO₂-Fußabdruck wird auch in früheren Analysen des Gesundheits-CO₂ Fußabdrucks anderer Industrieländer bestätigt [17-20]. Diese Ergebnisse zeigen wichtige Handlungsfelder für Klimastrategien im Gesundheitssektor auf.

In Österreich, wie auch in vielen anderen Ländern mit hohem Einkommen, ist die Versorgung in Krankenhäusern die kostenintensivste Form der Krankenbehandlung und hat in der Vergangenheit kontinuierlich zugenommen [5, 12]. Österreich hat eine der höchsten Hospitalisierungsraten in der EU, und liegt auch bei der Anzahl an Krankenhausbetten und der Dauer von Krankenhausaufenthalten im europäischen Spitzenfeld [36]. Viele Krankenhauseinweisungen sind aber vermeidbar. Der Abbau dieser Formen der

Überversorgung durch die Verlagerung vom Krankenhaus auf kostengünstigere und weniger CO₂ intensive Formen der Versorgung (Primärversorgung) birgt erhebliche Kosteneinsparungen und ein noch nicht ausgeschöpftes Potenzial zur Verringerung des CO₂Kohlenstoff-Fußabdrucks des Gesundheitssektors.

Der Konsum von medizinischen Produkten und Arzneimitteln durch Krankenhäuser und anderen Gesundheitsreinrichtungen ist in dieser „top-down“ Analyse nicht getrennt ausweisbar und im Fußabdruck der Gesundheitseinrichtungen subsumiert. Das heißt: der Anteil der medizinischen Produkte/Arzneimittel am CO₂-Fußabdruck ist insgesamt noch wesentlich höher als in den Ergebnissen zum medizinischem Einzelhandel angezeigt (siehe Abb. 5). Unseren Abschätzungen zu Folge sind diese im österreichischen Krankensektor für den Großteil der gesamten CO₂-Emissionen verantwortlich (siehe Abb. 7). In den „top-down“ Analysen ebenfalls nicht ersichtlich sind die durch den direkten Energiekonsum verursachten CO₂-Emissionen, die wir daher eigens ermittelt haben.

- CO₂ Emissionen durch direkten Energiekonsum großer Anbieter

Erfasst wurden der direkte Energiekonsum

1. von Krankenhäusern (CO₂-Emissionen durch Verbrennung fossiler Energieträger, Nutzen von Fernwärme und Strom),
2. dem niedergelassenen Versorgungsbereich (CO₂-Emissionen durch Verbrennung fossiler Energieträger, Nutzen von Fernwärme und Strom),
3. von Krankentransportdiensten (CO₂-Emissionen durch Transport)
4. von mobilen Gesundheitsdiensten (CO₂-Emissionen durch Treibstoffe für Hausbesuche).

Diese Berechnungen umfassen mit den beiden größten Anbietern (1 und 2) den Großteil, aber nicht den gesamten direkten Energiekonsum des Gesundheitssektors, und sind demnach eine leichte Unterschätzung. Abb. 5 (äußerer Ring) zeigt den jeweiligen Anteil am Fußabdruck der Anbieter. Der Anteil am gesamten Kohlenstoff-Fußabdruck den der direkte Energiekonsum insgesamt verursacht betrug im Jahr 2015 rd. 13 %.

Die Entwicklung der CO₂-Emissionen durch den Energiekonsum der erfassten Anbieter 2005-2015 zeigt Abb.6. Der seit 2005 zu beobachtende Rückgang um 22% - von 949 Kilotonnen (kt) CO₂ auf 768 kt CO₂ - ist hauptsächlich durch geringeren Konsum von fossilen Energieträgern (vor allem Öl) im Krankenhausbereich bedingt. Allerdings hat der milde Winter im Jahr 2015 den Heizbedarf reduziert (um 15% weniger Heizgradtage gegenüber der Jahre 2005 und 2010). Die Reduktion des Energieverbrauchs und die Steigerung der Energieeffizienz (z.B. durch effizientere Heizsysteme, Gebäudesanierungen) sind wichtige Ansatzpunkte für Klimaschutzmaßnahmen auf die das Umweltmanagement von Gesundheitsorganisationen auch einen besonderen Schwerpunkt legt, siehe z.B. energieeffiziente/klimaaktive Krankenhäuser, internationale (HCWH, 2016) und österreichische Aktivitäten (APCC, 2018).

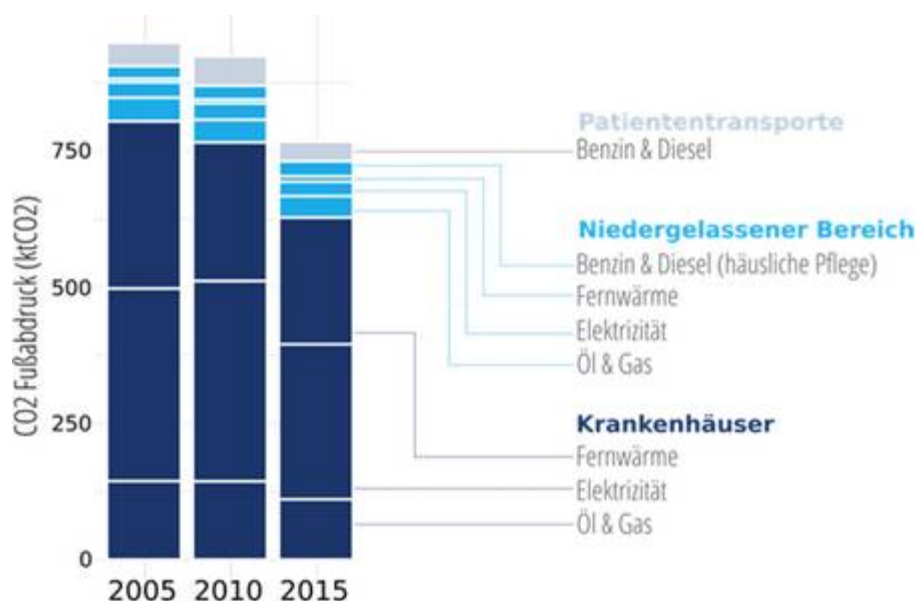


Abb. 6. CO₂-Emissionen durch den direkten Energiekonsum großer Gesundheitsanbieter des österreichischen Gesundheitssektors: 2005-2015 (Quelle: Weisz et al. in Revision)

- CO₂-Fußabdruck von Krankenhäusern nach Konsumkategorien

Detailanalysen von Gesundheitsanbietern sind auf Grund der Datenlage (Zugang zu detaillierten Kosten- und Verbrauchsdaten von Gesundheitsorganisationen, und verfügbaren Carbon-Intensitäten (LCA-Faktoren) aus Datenbanken oder der Literatur insbesondere für medizinischen Produkte/Arzneimittel nur begrenzt und hier nur für den österreichischen Krankenhausektor als eine erste, grobe Abschätzung möglich. Für die folgende Darstellung wurden Kostendaten von Krankenhäusern [37] mit Carbon-Intensitäten aus Eora verknüpft. Die Ergebnisse für Energie wurden unseren Berechnungen des direkten Energieverbrauchs entnommen (siehe Abschnitt oben).

Abb. 7 zeigt den CO₂-Fußabdruck der österreichischen Krankenhäuser differenziert nach acht aggregierten Produkt- und Dienstleistungskategorien für das Jahr 2010. Auch hier haben sich über den Beobachtungszeitraum die Anteile nicht wesentlich verändert. Die Ergebnisse stimmen in ihrer relativen Größenordnung mit den Studien des NHS-England weitgehend überein [38–40].

2010 betrug der CO₂-Fußabdruck der österreichischen Krankenhäuser 2,5 Megatonnen (Mt) CO₂. Medizinische Verbrauchsprodukte (Einmalprodukte und minderwertige Gebrauchsprodukte, Anlagegüter sind exkludiert) und Arzneimittel sowie der Energiekonsum stellen hinsichtlich ihrer CO₂-Emissionen, die sie verursachen, die wichtigsten Konsumgruppen dar. Dabei übersteigen die Emissionen durch Beschaffung (Produkte und Dienstleistungen aus anderen Sektoren) diejenigen des direkten Energiekonsums der Krankenhäuser bei weitem. Anders als bei den im Einzelhandel von den Haushalten direkt erworbenen medizinischen Produkten/Arzneimittel, sind es im Krankenhaus nicht die Arzneimittel, sondern die medizinischen Verbrauchsprodukte, die hinsichtlich ihres CO₂-Anteils überwiegen. Nicht-medizinische zugekaufte Dienstleistungen (extern

beauftragte bzw. ausgelagerte Dienstleistungen) umfassen eine heterogene Gruppe, die von relativ niedrigen (z.B. Beratungsleistungen) bis zu hohe Carbon-Intensitäten (z.B. Reinigung, Wäscherei, Abfallbehandlung) reichen. Diese Gruppe ist im MRIO Model Eora nicht weiter auflösbar und aus der österreichischen Krankenhausstatistik nur teilweise ersichtlich [37]. Nicht-medizinische Produkte und Lebensmittel spielen hinsichtlich ihrer indirekten CO₂-Emissionen eine geringe Rolle. Dabei ist zu beachten, dass die Klimarelevanz von Lebensmitteln durch THG-Emissionen bestimmt wird, die hier nicht erfasst wurden (vor allem Methan und Stickoxide [41]). Wie Studien aus England zeigen, ist der „carbon-footprint“ der durch Lebensmitteln und Catering im Gesundheitssektor verursacht wird, selbst dann vergleichsweise gering, wenn alle Kyoto-Gase berücksichtigt werden [38–40]. Die Relevanz von Nahrungsmitteln im Kontext von Gesundheitsversorgung/Krankenbehandlung und Klimaschutz liegt vielmehr in der Möglichkeit, gesunde und kohlenstoffarme Ernährung zu fördern [11, 42].

Investitionen (alle Anbieter) verursachten fast 10% des gesamten CO₂-Fußabdrucks des österreichischen Gesundheitssektors (siehe Abb.5). Es ist davon auszugehen, dass Krankenhäuser auch hier den größten Anteil haben, da öffentlichen Krankenhäusern kostenmäßig fast 50% der Investitionen des Gesundheitssektors zuordenbar sind (ibid).

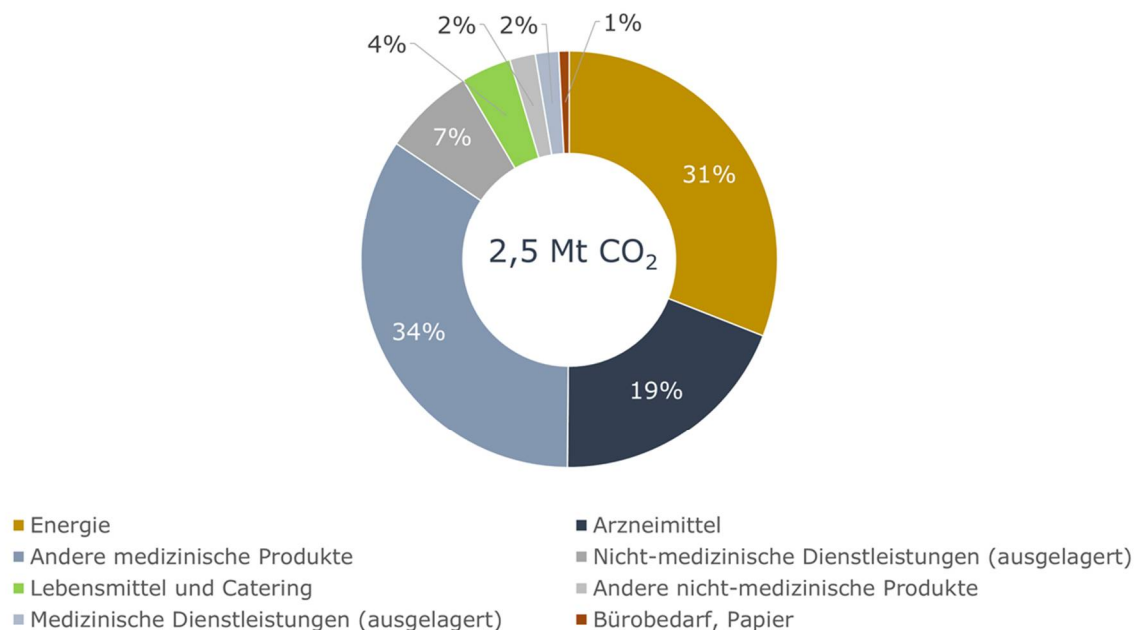


Abb. 7. CO₂-Fußabdruck österreichischer Krankenhäusern gesamt (Mt CO₂) und nach Anteilen großer Konsumkategorien 2010 (Quelle: Weisz et al. in Revision) (exkludiert sind Investitionen: Bauten und Investitionsgüter)

- CO₂-Emissionen durch vom Gesundheitssektor induzierten privaten Verkehr: Krankenhäuser, niedergelassener Bereich

Berechnet wurden die CO₂ Emissionen des induzierten privaten Verkehrs von PatientInnen, MitarbeiterInnen und BesucherInnen in den Jahren 2005, 2010, 2015.

Mit 66% ist der niedergelassenen Bereich - hauptsächlich bedingt durch Fahrten der PatientInnen- der Hauptverursacher dieser induzierten CO₂-Emissionen (siehe Abb.8). Auffallend ist, dass im Gegensatz zu den meisten anderen Ergebnissen unserer Studie, die Emissionen des induzierten Verkehrs über den Beobachtungszeitraum zunehmen. Ein Vergleich mit den CO₂-Emissionen, die durch den Energiekonsum von Gesundheitsanbietern verursacht werden (Abb. 6), zeigt: Die CO₂-Emissionen sind in ihrer Größenordnung vergleichbar, jedoch überwiegt bei den „induzierten Emissionen“ der Anteil des ambulanten Versorgungsbereichs (niedergelassenen Bereich), die über die Jahre zunehmen. 2015 übertreffen sie bereits die durch den Energiekonsum der Anbieter verursachten CO₂ Emissionen. Diese Zunahme ist vor allem durch eine Zunahme an gefahrenen Kilometer (ca. 12%, hpts. durch erhöhte Frequenz an Arztbesuchen) bedingt.

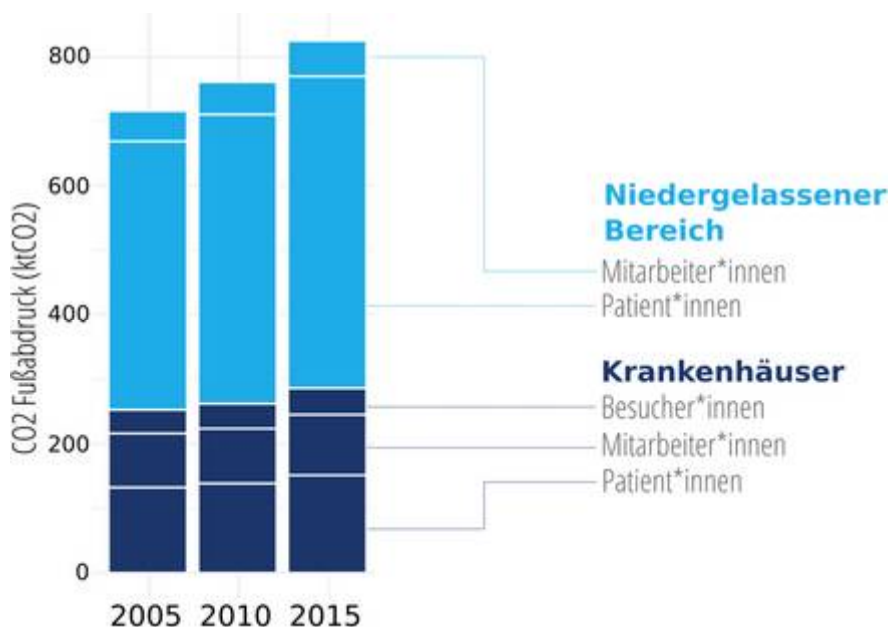


Abb. 8. Von großen Gesundheitsanbietern durch privaten Verkehr induzierte CO₂-Emissionen (Quelle: Weisz et al. in Revision)

Zudem (allerdings mit weniger starken Effekt) erhöhten sich die Emissionen pro gefahrenem Kilometer des österreichischen privat motorisierten Verkehrs zwischen 2010 und 2015. Gründe dafür sind eine Zunahme der durchschnittlichen Autogröße und damit verbundene Zunahme an Treibstoffverbrauch.

Insgesamt führten diese Faktoren zwischen den Jahren 2005 und 2015 zu einer 15% Zunahme dieser CO₂ Emissionen. In absoluten Zahlen entspricht das 110 kt CO₂. Um konkrete Vorschläge zu entwickeln, müssten die Einflussfaktoren dieser Entwicklung genauer analysiert werden. Grundsätzlich zeigen diese Ergebnisse die Bedeutung einer guten Anbindung der Gesundheitsanbieter an öffentlichen Verkehrsmittel auf. Dies stellt insbesondere ländliche Regionen, in denen die Dichte der Anbieter immer geringer wird durch die Alterung der Bevölkerung vor große soziale und ökologische Herausforderungen.

- Treibhausgasemissionen ausgewählter medizinischer Produkte

Erfasst wurden die Treibhausgasemissionen durch Produktion oder durch Verwendung von folgenden beispielhaft ausgewählten medizinischen Verbrauchsprodukten/Arzneimitteln (zu den Auswahlkriterien siehe Kapitel 6: Methodik): Vier einfache und in ihrer Wirkung ähnliche Wirkstoffe („active pharmaceutical ingredients“, kurz API) von Schmerzmitteln (Paracetamol, Ibuprofen, Acetylsalicylsäure und Naproxen), die in Österreich in großen Mengen konsumiert werden [43, 44], Antibiotika (eingeschränkt auf den direkten Energiekonsum der Produktion), THG-haltige Anästhesiegase und Dosier-Inhalatoren (eingeschränkt auf die THG, die in den Produkten; d.h. bei der Verwendung emittieren) und medizinische Handschuhe. Mit dieser Auswahl decken wir einige der im österreichischen Gesundheitssektor häufig konsumierten medizinischen Verbrauchsprodukte/Arzneimittel ab [44, 45] (weitere Quelle: Kostenrechnung aus Krankenhäusern: vertrauliche Informationen in Folge bezeichnet als „HA“).

Berechnet wurden THG-Emissionen (in CO₂eq), da entweder nur LCA-Faktoren in CO₂eq verfügbar waren oder im Falle der THG-haltigen Medikamente Nicht-CO₂ Treibhausgase dominieren. Je nach Datenverfügbarkeit erfolgten die Abschätzungen entweder für den gesamten österreichischen Gesundheitssektor oder für die österreichischen Krankenhäuser sowie für unterschiedliche Jahre.

Schmerzmittel, Antibiotika: Die THG-Intensität (gCO₂eq/gAPI) der vier Wirkstoffe (Schmerzmittel) beträgt zwischen 2,3 (Naproxen) und 7,8 (Paracetamol) gCO₂eq/gAPI (Tab. 2), die von Antibiotika (verursacht durch den direkten Energiekonsum in der Produktion) 14,3 gCO₂eq/gAPI (Tab.3). Diese THG-Intensitäten sind (mit Ausnahme von Naproxen) höher als beispielsweise die von Erdöl [46], obwohl in diesen Berechnungen nur ein Teil der Produktion berücksichtigt werden konnte.

API	gCO ₂ eq/gAPI	ktCO ₂ eq/Jahr
Paracetamol	7.8	0.40
Ibuprofen	3.1	0.10
Acetylsalicylsäure	4.9	0.16
Naproxen	2.3	0.03

Tab. 2. THG-Intensität (g CO₂eq/g API) und gesamte THG-Emissionen im Jahr 2014 von vier Wirkstoffen (API) in Schmerzmitteln

Der Kohlenstoff-Fußabdruck von Arzneimittel und deren APIs kann noch viel höhere Werte erreichen. Zwar sind die publizierten Daten auf Grund unterschiedlicher methodischer Zugänge und Systemabgrenzungen schwer vergleichbar, es kann aber geschlossen werden, dass die Bandbreite von API THG-Intensitäten hoch ist. Laut [32] liegt der Kohlenstoff-Fußabdruck eines „typischen“ Wirkstoffs bei 67,7 g CO₂eq/g API (der Name des API war vertraulich). Andere Wirkstoffe können einige 100 gCO₂eq/g API (z.B. Morphium) oder sogar einige 1000g CO₂eq/gAPI erreichen [29, 47]. Hinweise zur Klimarelevanz der

Arzneimittelproduktion finden sich in zwei kürzlich publizierten Studien zum „carbon footprint“ der pharmazeutischen Industrie [48, 49]. Grundsätzlich werden unsere Abschätzungen von umfassenderen Berechnungen bestätigt, die zum Ergebnis kommen, dass die THG-Emissionen, die durch die API Produktion entstehen mit der Anzahl der Syntheseschritte in der Herstellung korrelieren [29]. In Österreich verursachte der Konsum von Paracetamol und Antibiotika im Jahr 2014 allein 400t CO₂eq und 1000t CO₂eq. Der Wirkstoff Acetylsalicylsäure als Schmerzmittel (mit entzündungshemmender und fiebersenkende Wirkung) verursachte 160 t CO₂eq(siehe Tab. 2 und Tab. 3). Wird hier die Acetylsalicylsäure, die in gerinnungshemmenden Arzneimitteln Verwendung findet, dazu gerechnet, ergibt insgesamt 250 t CO₂eq. In der Interpretation dieser Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass wir in den Berechnungen keinen „cradel-to grave“ Ansatz verfolgten. Im Falle der Schmerzmittel beschränkten sich diese auf die Produktion der Wirkstoffe (ohne Hilfsstoffe, Sterilisation und weitere von der Applikationsform abhängigen Produktionsschritten, Verpackung, Transport, Entsorgung), im Falle der Antibiotika berücksichtigten wir nur den direkten Energiekonsum in der Produktion (Details siehe Kapitel 6).

API	gCO ₂ eq/gAPI	ktCO ₂ eq/Jahr
Antibiotika	14.3	1.0
Amoxicillin	*)	0.3

Tab. 3. THG-Intensität (g CO₂eq/gAPI) und gesamte THG-Emissionen im Jahr 2014 durch Antibiotika und Amoxicillin (API)

*) g CO₂eq/gAPI Antibiotika verwendet für den Wirkstoff Amoxicillin

Anästhesiegase: Die direkten Emissionen, die durch die Verwendung von THG-haltigen Anästhesiegasen in Krankenhäusern entweichen, haben im Beobachtungszeitraum (2010-2015) abgenommen (Tab. 4). Unseren Abschätzungen nach betragen sie im Jahr 2015 rd. 21 kt CO₂. Dieser rückläufige Trend ist in vielen Ländern beobachtbar und auf kürzere Narkosedauer und einem geringeren Einsatz von Allgemeinnarkose zu Gunsten lokaler Narkose zurückzuführen [50].

kt CO ₂ eq	2010	2015
Desflurane	1.6	0.6
Sevoflurane	1.2	1.3
N ₂ O	28.2	19.5
Sum	31.0	21.4

Tab. 4. Direkte THG-Emissionen durch die Verwendung von Anästhesiegasen in österreichischen Krankenhäusern

N₂O (bekannt als „Lachgas“) hatte mit 28,2 kt CO₂eq (2010) und 19,5 kt CO₂eq (2015) den weitaus größten Anteil an diesen THG-Emissionen (Tab.4). Dies entspricht fast 500 kg / Bett (2010) und 300 kg/ Bett (2015). Diese Werte sind

im Vergleich zum NHS England niedrig [51]. Die Ursachen dafür müssten in tiefergehenden Recherchen ermittelt werden.

TGH-haltige Dosierinhalatoren (Druckgas-Dosierinhalatoren; „pressurized metered-dose inhalers“, kurz: pDMI): Im Gegensatz zu den Anästhesiegasen steigen die THG-Emissionen, die durch die Verwendung von TGH-haltigen Dosierinhalatoren (pDMI) freigesetzt werden im Beobachtungszeitraum (2005-2015) an (Quelle: https://di.unfccc.int/detailed_data_by_party, Zugriff 15.10.2018). Diese THG Emissionen haben sich seit 2005 verdoppelt und verursachten in Österreich im Jahr 2015 26 kt CO₂eq. pDMI werden häufig in der Therapie pulmonologischer Erkrankungen verwendet, wie etwa bei chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen (COPD) und Asthma. Asthma steht in Zusammenhang mit der Klimawandel-bedingter Zunahme von Pollenallergien [52, 53]. Beide Erkrankungen nehmen weltweit und auch in Österreich zu [54]. Diese Zunahme der Krankheitslast könnte sich im Anstiege der THG-Emissionen durch pMDI spiegeln. Im Vergleich zu anderen Ländern ist die Verwendung von pDMI in Österreich allerdings noch gering [55].

Medizinische Handschuhe: Medizinische Handschuhe zählen zu den kostenintensivsten (d.h. Preis X Menge) Verbrauchsgütern in österreichischen Krankenhäusern (Quelle: „HA“) und in Gesundheitseinrichtungen anderer Länder [45]. In österreichischen Krankenhäusern belaufen sich die Kosten unseren Abschätzungen (aus Quelle HA) zu Folge auf jährlich 12 Millionen Euro, bei 450 Millionen verwendeten Einzelstücken (Durchschnitt der Jahre 2008-2015).

Die THG-Intensität von Latex- und Nitrilhandschuhen (97% aller verwendeten medizinischen Handschuhe lt. HA), beträgt 3,3 g CO₂eq/g für Latexhandschuhe und 11,7 g CO₂eq/g für Nitrilhandschuhe. Für die Berechnung wurden LCA-Faktoren aus der EcoInvent Datenbank der Produktbestandteile und Kernprozesse der Produktion herangezogen (Details siehe Kapitel 6). Die THG-Emissionen betragen fast 11 kt CO₂eq pro Jahr (Durchschnitt der Jahre 2008-2015, alle österreichischen Krankenhäuser). Es gibt Hinweise darauf, dass die Verwendung billigerer medizinischer Handschuhe von minderer Qualität, die oft aus Spargründen gewählt werden, letztlich zu einem höheren Verbrauch, höheren Kosten und höheren THG-Emissionen führt. Als Grund wird angeführt, dass als „Ausgleich“ für die schlechtere Qualität in der Praxis oft zwei oder drei Handschuhe übereinander verwendet werden [56]; vgl. das Beispiel „Einmaltücher“ [57].

- Ansatzpunkte zur Reduktion des Kohlenstoff-Fußabdrucks des Gesundheitssektors

Die empirischen Ergebnisse aus HealthFootprint wurden mit Politik- und GesundheitsexpertInnen diskutiert, um daraus Handlungsoptionen für den Gesundheitssektor und seinen AkteurInnen abzuleiten, und um Kernbotschaften zu formulieren, die die zentralen Ergebnisse aus unserer Studie auch für eine breitere Öffentlichkeit zusammenfassen (siehe Kapitel 5).

Die HealthFootprint Studie zeigt Ansatzpunkte zur Reduktion des CO₂-Fußabdrucks sowohl außerhalb als auch innerhalb des Gesundheitssektors auf.

Reduktionspotentiale, die außerhalb des Gesundheitswesens ansetzen, betreffen das Energiesystem und den Verkehrssektor, die zu den größten Verursachern von Treibhausgasemissionen zählen [35].

Hier, wie auch im Ernährungssektor, könnten zusätzlich zu den langfristigen positiven Effekten der Emissionsminderung Klimaschutzmaßnahmen zu relativ kurzfristig und lokal wirkenden positiven Auswirkungen auf die Gesundheit führen [9, 11, 58] und für das Gesundheitssystem und darüber hinaus volkswirtschaftlichen Nutzen bringen. Anders als in den Bereichen Energie, Mobilität und Ernährung stehen empirische Untersuchungen möglicher Zusatznutzen klimafreundlicher und gesundheitsfördernder Gesundheitsleistungen, international auch als „climate fit“ oder „climate smart health services“ bezeichnet, noch weitgehend aus (ibid., [16], Weisz et al. in Revision).

Der Gesundheitssektor wurde auf Grund seiner unverzichtbaren Leistungen für das Wohlergehen der Bevölkerung in Klimaschutzstrategien lange Zeit nicht berücksichtigt. Wie unsere Ergebnisse und die aktuelle Literatur aus der Umwelt- und Public Health-Forschung zeigen, gibt es viele Möglichkeiten den Kohlenstoff-Fußabdruck des Gesundheitssektors zu reduzieren, ohne die Gesundheitsversorgung der Bevölkerung negativ beeinflussen. In vielen Fällen würden Maßnahmen zur Treibhausgasreduktion sogar zu einer Verbesserung der Gesundheit der Bevölkerung führen [3, 11, 59].

- Handlungsoptionen zur Reduktion des Kohlenstoff-Fußabdrucks innerhalb des Gesundheitssektors

Die hier dargestellten Handlungsoptionen wurden aus unseren Ergebnissen und Erkenntnissen aus der relevanten Literatur in einem mehrstufigen Prozess abgeleitet, der auch die Diskussion von Zwischenergebnissen mit ExpertInnen aus dem Gesundheitssystem und der Gesundheitsverwaltung inkludiert. Wir strukturieren sie hier nach fünf Handlungsfeldern (1) Einsparpotenziale (nützen), (2) Versorgung (optimieren), (3) gesunde und klimafreundliche Lebensstile (fördern), (4) Kompetenzen und Forschung (stärken), und (5) Rahmenbedingungen (schaffen).

Einsparpotentiale nützen

(1) Energie- und Umweltmanagement in Gesundheitseinrichtungen

Zusätzlich zum Umstieg auf alternative Energieträger, sind hier alle Maßnahmen, die den direkten Energiekonsum von Gesundheitseinrichtungen senken, relevant. Diese stammen aus dem betrieblichen Energie- und Umweltmanagement, sind nicht spezifisch für den Gesundheitssektor (Weisz et al. in Revision) und werden im Gesundheitsbereich international und auch in Österreich vielfach bereits umgesetzt [9, 20, 60–63].

- Steigerung der Energieeffizienz: Gebäudesanierung (Wärmedämmung), Einsatz energieeffizienter Anlagen (z.B. Heiz- und Kühlsysteme), Beleuchtungssysteme, Geräte und Transportmittel

- Reduktion unnötigen Energieverbrauchs (z.B. „stand by“ Geräte, richtiges Lüften)
- Einsparmaßnahmen alltäglicher Verbrauchsgüter (wie Mineralwasser, Papier u.v.m.) und die Wahl umweltfreundlicher Produktalternativen (siehe Initiativen des ökologischen Beschaffungswesens).
- Anreizsysteme zur Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel und Förderung der aktiven Mobilität für MitarbeiterInnen, PatientInnen und BesucherInnen.

(2) Klimafreundliche Produkte und Verfahren

Angesichts des großen Beitrags der medizinische Produkte/Arzneimittel sowohl am gesamten Kohlenstoff-Fußabdruck des Gesundheitssektors als auch an dem der Krankenhäuser (siehe Abb. 5, Abb. 7) wird vorgeschlagen, dass Gesundheitsanbieter ihre Umweltstrategien auf den medizinischen Bereich ausdehnen [20, 45, 61, 64, 65].

- Entscheidungen, die unabhängig von medizinischen Entscheidungen getroffen werden können, beziehen sich auf die Reduktion von unangemessenen Packungsgrößen und die Verwendung von klimafreundlicheren Verpackungen [66, 67]. Auch die Reduktion von Kunststoffen (Plastik) wird zunehmend thematisiert [56, 68–70].

THG-Emissionen können auch durch weniger „carbon-intensive“ Behandlungsformen [27, 28, 71–73]) und klimafreundlichere Produktalternativen [26, 30, 61, 66] reduziert werden. Diese Maßnahmen betreffen medizinische Entscheidungen und müssen dementsprechend sorgfältig nach medizinischen, pflegerischen und/oder hygienischen Kriterien geprüft und abgewogen werden. Beispielhaft können hervorgehoben werden:

- Reduktion von Einmalprodukten: Einmalprodukte werden in der medizinischen Behandlung in großen Mengen konsumiert. Deren Reduktion und/oder der Umstieg auf Mehrweg-Produkte kann zu Emissionsreduktion beitragen [45, 74, 75]. Aber auch die Qualität der Produkte kann dabei helfen unnötigen Verbrauch reduzieren. So können beispielsweise medizinische Handschuhe von geringer Qualität unnötigen hohen Verbrauch induzieren, da sie leicht zusammenkleben oder reißen [56]. Ähnliche Effekte wurden für den Wechsel auf eine billigere Variante von „Einmaltüchern“ festgestellt [57] . Auch hier sind Fragen der PatientInnensicherheit bei Produktwechsel sorgfältig einzuschätzen.
- Emissionsarme Produkte und Darreichungsformen: Für THG-haltige Dosierinhalatoren (pDMI), deren Verwendung in Österreich zunimmt (siehe S. 21f) existieren klimafreundliche Produktalternativen (Trockeninhalatoren und Flüssigkeiten zur Verneblung), die nach ärztlichem Ermessen in bestimmten Fällen als Alternative in Frage kommen. Um die hier entstehenden THG Emissionen zu reduzieren empfiehlt das NHS England unnötige Verschreibungen von pDMI zu reduzieren und die Verwendung von klimafreundlichen Alternativen (sofern medizinisch sinnvoll) [26, 30]; aber auch verbesserte Schulungen von PatientInnen um Fehlanwendungen zu vermeiden, die nach [55] häufig vorkommen. Weiter, sollten die Rückgewinnungs- und Recyclingquoten für gebrauchte Treibmittelkanister erhöht und Produktalternativen entwickelt

werden (siehe „Carbon hot spots-reducing inhalers“ <https://www.sduhealth.org.uk/>)

Anästhesiegase sind hochpotente Treibhausgase. Sie sind auch in ihrer Herstellung klimarelevant [29] und gelten als „climate hot spots“. Ihr Verbrauch ist in vielen europäischen Ländern und auch in Österreich rückläufig. Dennoch wurden unseren Abschätzungen nach 2015 mehr als 21.000 t (21,4 kt) CO₂eq durch deren Verwendung direkt emittiert (siehe Tab. 4). Auch für THG-haltige Anästhesiegase gibt es Produktalternativen, die allerdings hauptsächlich aus Kostengründen nur selten zum Einsatz kommen [76].

- Minimalinvasive und ambulante chirurgischen Behandlungsverfahren sind in den letzten 20 Jahren in einigen Bereichen der Chirurgie entwickelt worden. Dabei wird eine möglichst kleine Verletzung beim chirurgischen Eingriff angestrebt. Dadurch kommt es zu weniger Komplikationen, schnelleren Heilungsverläufen und viele dieser Eingriffe können ambulant durchgeführt werden. So wurde ein Großteil der Kataraktoperationen in Österreich in die ambulante Versorgung verschoben und damit der Krankenhaussektor entlastet [5, 77].
- Telemedizinischen Versorgungsprozesse: Neue Informations- und Kommunikationstechnologien erlauben in einigen Bereichen, dass PatientInnen ohne Mobilitätsaufwand professionell betreut werden können [78]. Auch hier geht es um die Entlastung des Krankenhaussektors [79] und Möglichkeiten THG Emissionen zu reduzieren [27].
- Alle Maßnahmen, die helfen die Anzahl gekaufter (entweder verschriebener oder „over-the-counter“ OTC) und nicht eingenommener Arzneimittel zu reduzieren würden neue, ungenützte und in ihren Effekten noch weitgehend unerforschte Möglichkeiten zur Reduktion vom Gesundheitssektor verursachter THG-Emissionen, Umweltbelastungen und Kosten eröffnen (siehe dazu unten).

Versorgung optimieren

(1) Vermeidung unnötiger Leistungen und Produkte

Das Ausmaß unnötiger oder inadäquater Leistungen und Produkte dürfte in einigen medizinischen Bereichen überraschend hoch sein. Insbesondere inadäquate Medikation [59, 80] v.a. Polypharmazie bei älteren und multimorbiden Menschen [81, 82] oder verschriebene, aber nicht eingenommene Medikamente [83] führen zu hohen und unnötige Kosten, sind potentiell gesundheitsgefährdend und belasten das Klima (siehe die HealthFootprint Ergebnisse zu Arzneimittel). Daher ist die Vermeidung unnötiger Leistungen und ineffektiver Behandlungen wie beispielsweise Antibiotikagabe bei grippalen Infekten auch aus Klimaschutzperspektive eine wichtige Handlungsoption. Siehe dazu die internationale Initiative „choosing wisely“, die auch in Österreich aufgegriffen wurde (<https://www.awmf.org/medizin-versorgung/gemeinsam-klug-entscheiden.html>; [84]).

„Hot spots“ der Überversorgung, insbesondere die Überverschreibung von Antibiotika werden in den letzten Jahren in Österreich und international – auch im Zusammenhang der Erreichung der SDGs breit diskutiert [85–88].

Empfehlenswert wäre es auch Krebstherapien bei PatientInnen in der terminalen Phase, die auch aus ethischer Sicht bedenklich sind, kritisch zu hinterfragen. Klimaschutz kann hier, wie bei anderen medizinischen Entscheidungen, nicht das entscheidende Argument sein, könnte aber dabei helfen das Thema anzusprechen und einer Debatte zuzuführen.

(2) Versorgung auf der optimalen Versorgungsstufe

Die Versorgung auf der optimalen Versorgungsstufe bzw. am „best point of service“ wurde bereits in der österreichischen Gesundheitsreform „Zielsteuerung Gesundheit“ 2013 als zentraler Ansatzpunkt für eine ökonomisch nachhaltige Gesundheitsversorgung formuliert. Mit einer unmittelbaren Versorgung auf der optimalen Versorgungsstufe werden ressourcen- und kostenintensive Behandlungen reduziert z.B. [65].

Maßnahmen sind eine zielgerichtete Patientennavigation (z.B. www.1450.at/1450-die-gesundheitsnummer/), die Entwicklung optimaler Behandlungspfade für chronische nicht-übertragbare Erkrankungen (z.B. Diabetes, Bluthochdruck, COPD) unter Ausbau der ambulanten Versorgung. Weiter bildet der beschlossene flächendeckende Aufbau multiprofessioneller Primärversorgung [89] die Grundlage für eine umfassende, wohnortnahe, kontinuierliche Versorgung. Hier bieten sich Möglichkeiten der systematischen Integration von Gesundheitsförderung, Prävention und Gesundheitskompetenz im multiprofessionellen Team (z.B. durch social prescribing, motivational interviewing) [90].

Der bisher am wenigsten beachtete und gleichzeitig wichtige Versorgungsbereich „Gesundheitsstandort Haushalt“ (Laienversorgung) ist in Hinblick auf den Kohlenstoff-Fußabdruck des Gesundheitssystems zentral, weil hier die geringsten Aufwendungen für die Versorgung benötigt werden. Der „Gesundheitsstandort Haushalt“ braucht systematische Unterstützung insbesondere durch die Förderung der Gesundheitskompetenz der Bevölkerung. Hierzu können die multiprofessionelle Primärversorgung, Beratungen in der Apotheke, der Ausbau des öffentlichen Gesundheitsportals (www.gesundheit.gv.at), der Telefonservice 1450 und telemedizinische Angebote z.B. E-mail-Beratung, Video-Sprechstunden des Hausarztes) wesentlich beitragen.

Gesundheit fördern, klimafreundliche und gesunden Lebensstilen stärken

Priorisierung von Prävention und Gesundheitsförderung: Maßnahmen der Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung können das Ausmaß der Krankheitsbehandlung reduzieren helfen und verbessern die Gesundheit der Bevölkerung. Damit stellt die Priorisierung dieser Maßnahmen einen wesentlichen Beitrag zur zukünftigen Reduktion des Kohlenstoff-Fußabdrucks des österreichischen Gesundheitssystems dar. Österreich investiert absolut und im internationalen Vergleich sehr wenig in diesen Bereichen [5]. Insbesondere in Hinblick auf nicht-übertragbare und lebensstil-assoziierte chronische Erkrankungen (kardiovaskuläre Erkrankungen, chronisch obstruktive Lungenerkrankungen, Typ 2 Diabetes, Adipositas) besteht hoher Handlungsbedarf, auch hinsichtlich Früherkennung und Sekundärprävention (z.B. für Diabetes:

https://goeg.at/Colloquium_Diabetesversorgung). Zudem ist die Prävention von übertragbaren Erkrankungen durch systematische Impfprogramme nach wie vor wichtig. Insbesondere für ältere Personen ist die Förderung ihrer sozialen Netzwerke von entscheidender Bedeutung, die den Menschen helfen lange zuhause zu leben, rechtzeitig und gezielt auf Beschwerden oder gesundheitliche Risiken (z.B. Sturzprophylaxe) zu reagieren. Neben diesen verhältnisbezogenen Maßnahmen sind breite bevölkerungsbezogene Maßnahmen zur Stärkung der Gesundheitskompetenz zu gesunden Lebensstilen von zentraler Bedeutung (<https://oepgk.at/>).

Rahmenbedingungen für gesunde und klimafreundliche Lebensstile schaffen

Die Ergebnisse zu den CO₂ Emissionen des privaten Verkehrsaufkommens, der durch den Gesundheitssektor induziert wird, zeigen die Bedeutung der räumlichen Verteilung ambulanter Gesundheitsanbieter und die einer guten Anbindung von Krankenhäusern und Gesundheitszentren an den öffentlichen Verkehr bzw. an Radwegenetz. Generelle Anreizsysteme zum Wechsel von privaten, motorisierten Verkehr) auf öffentliche Verkehrsmittel sind in Städten allerdings viel leichter umsetzbar und finanzierbar (und werden dementsprechend auch forciert) als in ländlichen Regionen.

Die Förderung der aktiven Mobilität und Reduktion des motorisierten Verkehrs (siehe oben) und einer gesunden, klimafreundlichen Ernährung sind zentrale Bereiche der Gesundheitsförderung, die einen essentiellen Beitrag dazu liefern in den THG-intensiven Sektoren (Verkehr, Landwirtschaft) Emissionen zu reduzieren [2, 3, 9]. Handlungsoptionen zur Förderung der aktiven Mobilität inkludieren infrastrukturelle Maßnahmen zur Förderung von Gehen und Radfahren in den Städten, mehr Grünraum in der Stadt und Bewegungsangebote als bezahlte Krankenkassenleistung („social prescribing“ [91, 92]). Änderungen der Ernährungsmuster hin zur einer gesunden und klimafreundliche Ernährung [42] können über das Angebot von preisgünstigen (subventioniertem) gesunden Lebensmittel und Maßnahmen zur Reduktion von Fleisch, Fett, Zucker gefördert werden z.B. [2, 9, 93, 94].

Stärken von Kompetenzen und Forschung

Als grundlegende Voraussetzung zur Umsetzung von Handlungsoptionen im Gesundheitssektor gilt es den Angehörigen aller Gesundheitsberufsgruppen das aktuelle Wissen zum Thema Klima und Gesundheit verfügbar zu machen [2, 9]. Damit wird die gesundheitliche Klimakompetenz derjenigen erhöht, die tagtäglich Entscheidungen treffen, die mitunter hohe Klimarelevanz haben. Internationale Beispiele zeigen, dass Fragen des Klimawandels in die Ausbildungen und in Fort- und Weiterbildungsprogramme aller Gesundheitsberufe (Medizin, Pflege, Management) implementierbar ist (z.B. Charité Berlin, [9]).

In vielen Bereichen besteht hoher Forschungsbedarf (z.B. Life Cycle Assessment medizinischer Produktgruppen/Arzneimittel oder Folgekostenberechnungen z.B. [18]), siehe dazu auch die Empfehlungen in [9] und damit in Verbindung stehende Probleme der Datenverfügbarkeit und Zugang zu bestehenden Daten. Die

Stärkung dieser Forschung (z.B. über Förderprogramme) wäre sowohl aus Klima- als auch Gesundheitsperspektive empfehlenswert. Dem Vorschlag der Lancet Commission on Health and Climate Change [1] folgend sollte der Kohlenstoff-Fußabdruck von Gesundheitssektoren regelmäßig beobachtet werden. Das Projekt HealthFootprint hat den Vorschlag dazu in den österreichischen Gesundheitsziele-Prozess eingebracht.

Strategischen Rahmen setzen, in Veränderung investieren und Arbeitsstrukturen einrichten

Kernstück für die Einbeziehung des Gesundheitssektors in die Erreichung der Klimaziele ist die Entwicklung einer spezifische Klimaschutz-(und Anpassungs-) Strategie für das österreichische Gesundheitssystem [9]. Eine solche Strategie sollte darauf abzielen die THG-Emissionen des Gesundheitssystems zu reduzieren, Abfälle und Umweltverschmutzung zu minimieren und knappe Ressourcen bestmöglich zu nutzen. Sie würde helfen bestehende Initiativen der unterschiedlichen AkteurInnen auf Bundes-, Landes- und Organisationsebene im Gesundheitssystem zu bündeln und könnte auf internationale Modelle [38, 39] und auf den laufenden Arbeiten des Gesundheitsziels 4 (<https://gesundheitsziele-oesterreich.at/luft-wasser-boden-lebensraeume-sichern/>) aufbauen. Ein solcher Strategieentwicklungsprozess sollte in einem breiten partizipativen Prozess schrittweise entwickelt werden.

Für die gezielte und mittelfristige Umsetzung ist eine ständige Austauschstruktur (Plattformen, „community of practice“) unter Beteiligung von Bund, Ländern und Sozialversicherung essentiell, um den Veränderungsprozess zu unterstützen. Um die kontinuierliche Umsetzung effektiver Maßnahmen zu unterstützen, wird die Einrichtung einer nationalen Koordinations-, Kompetenz- und Unterstützungsstelle für Nachhaltigkeit und Gesundheit nach Vorbild der Sustainable Development Unit¹ des NHS England auch für Österreich empfohlen (z.B. Österreichische Plattform Gesundheitskompetenz ÖPGK, Bundesinstitut für Qualität im Gesundheitswesen). Maßnahmen zur Reduktion der THG-Emissionen, die durch pharmazeutische und medizinisch-technische Produkte verursacht werden, benötigen spezifische Aufmerksamkeit. Dafür könnte eine eigene intersektorale Arbeitsgruppe zu Klima und Pharmazeutika und medizinischen Produkten eingerichtet werden.

Schließlich sind mittel- und langfristig die Fragen der rechtlichen Verankerung von Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement (z.B. als gesetzlich verpflichtendes Qualitätsmerkmal im Krankenhaus; Krankenanstalten und Kuranstalten Gesetz, KAKuG, Gesundheitsqualitätsgesetz GQG) und Einkauf von medizinischen Produkten nach ökologischen Kriterien (z.B. Anästhesiegase, pMDI) als wesentliche Handlungsoptionen zu sehen, um den Kohlenstoff-Fußabdruck des Gesundheitssektors zu reduzieren. Dafür können auch (weiterentwickelte) Verfahren, wie Gesundheitsfolgenabschätzung und Umweltverträglichkeitsprüfung unterstützend eingesetzt werden.

¹ Sustainable Development Unit: www.sduhealth.org.uk

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Hauptaussagen zur Klimarelevanz des Gesundheitssektors

Der CO₂-Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors ist bedeutend.

In Österreich betrug der durch den Konsum von Gesundheitsleistungen verursachte CO₂-Fußabdruck im Jahr 2014 6,8 Megatonnen (0,8 t/Kopf). Das entspricht einem Anteil am nationalen CO₂-Fußabdruck von fast 7%. Damit liegt der Anteil des österreichischen Gesundheitssektors am nationalen CO₂-Fußabdruck ca. 16% über dem Durchschnitt aller OECD Länder. Der Gesundheitssektor ist damit im Median der OECD Länder der größte Verursacher von CO₂-Emissionen unter allen Dienstleistungssektoren und sein CO₂-Fußabdruck ist der sechstgrößte gesamtwirtschaftlich (unmittelbar hinter dem Nahrungsmittelsektor, der Platz 5 einnimmt).

Die CO₂-Intensität des Energiesektors, die Energie-Effizienz der Wirtschaft und die Gesundheitsausgaben haben den größten Einfluss auf den CO₂-Fußabdruck des Gesundheitssektors.

Rund die Hälfte der Unterschiede im CO₂-Fußabdruck des Gesundheitssektors in den OECD Ländern sind durch drei Faktoren zu erklären: die CO₂-Intensität des heimischen Energiesektors, die Energieeffizienz der heimischen Wirtschaft und die Gesundheitsausgaben. In Österreich, wie in vielen anderen OECD Ländern, sind die Gesundheitsausgaben gestiegen, während die CO₂-Intensität gesunken und die Energieeffizienz der inländischen Wirtschaft gestiegen ist. In Summe ergibt dies einen sinkenden CO₂-Fußabdruck.

Ein Wiederanstieg des CO₂-Fußabdrucks des Gesundheitssektors ist wahrscheinlich, wenn wirksame Klimaschutzmaßnahmen ausbleiben.

Die Abnahme des CO₂-Fußabdrucks des österreichischen Gesundheitssektors wurde in den letzten Jahren primär durch Verbesserungen im Energiesektor erreicht. Wenn allerdings in Zukunft wirksame Klimaschutzmaßnahmen im Energiesektor ausbleiben, wird die zunehmende Nutzung von Gesundheitsleistungen zu einer Erhöhung des CO₂-Fußabdrucks des Gesundheitssektors führen.

Beinahe ein Drittel des CO₂-Fußabdrucks verursachen Krankenhäuser, Arzneimittel zählen zu den klimarelevantesten Produktgruppen

Krankenhäuser (32% im Jahr 2010), der ambulante Versorgungsbereich (18%) und ambulant abgegebene Arzneimittel/medizinische Produkte (20%) haben in Österreich- wie auch in anderen OECD Ländern - die größten Anteile am gesamten CO₂-Fußabdruck des Gesundheitssektors. Die gegenwärtige Datenlage lässt es allerdings nicht zu, den gesamten Anteil von Arzneimitteln und anderen medizinischen Produkten am CO₂-Fußabdruck des Gesundheitssystems umfassend und für alle OECD Länder vergleichend zu bestimmen. Da viele dieser Produkte direkt in Krankenhäusern und anderen Gesundheitseinrichtungen verabreicht werden, sind sie in deren Anteil am CO₂-Fußabdruck inkludiert (siehe unten Detailanalyse österreichische Krankenhäuser). Das heißt, der Anteil von medizinischen Produkten und Arzneimitteln am CO₂-Fußabdruck ist insgesamt

wesentlich höher als die 20%, die von ambulant abgegebenen Produkten verursacht werden.

CO₂-Emissionen durch Energiekonsum relevanter Gesundheitsdienstleister sind seit 2005 rückläufig.

Krankenhäuser, ambulante Versorgung, Krankentransportdienste und mobile Pflegedienste konsumieren Energie in Form von Strom, Fernheizung, fossilen Treib- und Brennstoffen. Die dadurch verursachten CO₂-Emissionen betragen im Jahr 2015 rd. 13% des gesamten CO₂-Fußabdrucks des österreichischen Gesundheitssektors. Der seit 2005 zu beobachtende Rückgang der CO₂-Emissionen durch den Energiekonsum um 22% ist hauptsächlich durch geringeren Verbrauch fossiler Energieträger (vor allem Öl) im Krankenhausbereich bedingt. Allerdings hat der milde Winter im Jahr 2015 auch den Heizbedarf reduziert (um 15% weniger Heizgradtage als 2005 und 2010).

Der durch den Gesundheitssektor induzierte Verkehr verursacht beträchtliche und steigende CO₂-Emissionen.

Die CO₂-Emissionen des durch den Gesundheitssektor induzierten Verkehrs (privates Verkehrsaufkommen von PatientInnen, BesucherInnen und Personal) liegen in der gleichen Größenordnung wie die CO₂-Emissionen des Energiekonsums des Gesundheitssektors. Diese vom induzierten Verkehr verursachten CO₂-Emissionen steigen seit 2005 kontinuierlich an (2015: +15% gegenüber 2005).

Kernbotschaften und Empfehlungen

Trotz seiner Klimarelevanz ist der Gesundheitssektor noch kein Thema von Klimastrategien.

Die Bedeutung des Gesundheitssektors als Verursacher von CO₂-Emissionen wurde bisher in österreichischen und internationalen Klimastrategien nicht berücksichtigt. Empfohlen werden die Entwicklung einer Klimastrategie (integrierte Klima- und Anpassungsstrategie) des österreichischen Gesundheitssektors und die Integration des Gesundheitssektors in (inter)nationale Klima- und Energiestrategien.

In Krankenhäusern sind medizinische Produkte und Arzneimittel, gefolgt vom Energiekonsum, am klimarelevantesten. Umweltmanagement-Aktivitäten, die dem medizinischen Bereiche verstärkt Aufmerksamkeit geben, könnten weitere Emissionsminderungen bewirken.

Detailabschätzungen des CO₂-Fußabdrucks des österreichischen Krankenhausesektors zeigen, dass der Konsum von medizinischen Produkten und Arzneimittel den größten Anteil am CO₂-Fußabdruck hat. Die CO₂-Emissionen, die durch den Energiekonsum verursacht werden, stehen diesen Abschätzungen zu Folge an zweiter Stelle. Das weist darauf hin, dass Klimaschutzstrategien von Gesundheitsanbietern über herkömmliche Maßnahmen des Umweltmanagements zur Reduktion des direkten Energiekonsums hinausgehen könnten und sollten; weitere Emissionsminderungen wären durch verstärkte Aufmerksamkeit auf medizinische Produkte und Arzneimittel erzielbar.

Obwohl klimarelevant, ist die Datenlage zu medizinischen Produkten und Arzneimitteln ungenügend. Transparenz bei Kosten- und Verbrauchsdaten ist Voraussetzung für einen gezielten Klimaschutz /gezielte Klimaschutzmaßnahmen

Ausgewählte Beispiele von Arzneimitteln und häufig verwendeten, kostenintensiven medizinischen Verbrauchsprodukten illustrieren die Klimarelevanz der umfangreichen pharmazeutischen/medizinischen Produktpalette. So weist die CO₂-Intensität pharmazeutischer Produkte eine hohe Bandbreite auf und liegt eigenen sowie Abschätzungen aus der Literatur zu Folge zwischen 2-10g CO₂-Äquivalent (CO₂eq/g) und mehreren 1000g CO₂eq/g. Im Vergleich dazu beträgt die CO₂-Intensität von Erdöl durchschn. etwa 3 g CO₂eq/g.

Klimafreundlichere Produktalternativen sollen bekannt gemacht und nach medizinischen und hygienischen Kriterien sorgfältig geprüft werden.

Bekannt und in der Literatur zunehmend in Diskussion sind Alternativen zu Treibhausgas-haltigen Anästhesiegasen und Dosierinhalatoren, deren Verwendung allein in Österreich jeweils über 20 Kilotonnen CO₂eq pro Jahr direkt emittieren. Ob klimafreundliche Alternativen zum Einsatz kommen, ist jedenfalls eine Entscheidung, die nach medizinischen und hygienischen Kriterien sorgfältig geprüft werden muss. ÄrztInnen und PflegerInnen sollten jedenfalls über klimafreundliche Produktalternativen informiert werden.

Klimaschutz ist eine multisektorale Anstrengung. Ansatzpunkte zur Senkung des CO₂-Fußabdrucks der Gesundheitsversorgung liegen außerhalb und innerhalb des Gesundheitssektors. Handlungsoptionen unterstützen Reformstrategien des Gesundheitswesens und nachhaltige Lebensstile, die beidem nützen: dem Schutz des Klimas und der Gesundheit der Bevölkerung.

Ansatzpunkte für Klimaschutz gehen über den Gesundheitsbereich hinaus und betreffen das Energie- und Verkehrssystem. Handlungsoptionen innerhalb des Gesundheitssektors reichen von energieeffizienten Gebäuden, klimafreundlichem Beschaffungswesen, minimiertem Einsatz von klimawirksamen Anästhesiegasen über die Reduktion unnötiger Mehrfachleistungen und Überverschreibungen, bis hin zu Strategien den Krankenhaussektor zu entlasten und Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung zu priorisieren. In diesem Zusammenhang bedeutend ist die Förderung gesunder und klimafreundlicher Lebensstile insbesondere im Bereich Mobilität und Ernährung. Hier könnte der Gesundheitssektor eine Vorreiterrolle einnehmen und gleichzeitig seinen eigenen Kohlenstoff-Fußabdruck senken.

Die WHO fordert eine klimafreundliche Gesundheitsversorgung zum Schutz des Klimas und der Gesundheit der Bevölkerung.

Um die globalen Klimaziele zu erreichen, sind alle wirtschaftlichen Sektoren gefordert, ihren Beitrag zu leisten. Die Weltgesundheitsorganisation betont in diesem Zusammenhang die Bedeutung klimafreundlicher Gesundheitssysteme und Gesundheitsservices. Als zentral gilt, dass internationale und nationale Klimastrategien auch den Gesundheitssektor explizit adressieren und die Entwicklung des „carbon footprint“ von Gesundheitssektoren beobachten, wie es die Lancet Commission on Health and Climate Change vorschlägt.

C) Projektdetails

6 Methodik

(max. 10 Seiten) Begründung und Darstellung des gewählten Forschungsansatzes

Die Berechnungen des gesamten Kohlenstoff-Fußabdrucks des österreichischen Gesundheitssektors beziehen sich auf die Zeitreihe 2005-2014. Das Jahr 2015 wurde auf Grund von Datenprobleme im EE-MRIO Modell Eora aus der Zeitreihe exkludiert. Die Detailberechnungen beziehen sich Großteils auf die Jahre 2005, 2010 und 2015 (siehe dazu auch Kapitel 4.2 Vorbemerkung). Ausnahme stellen die THG-Emissionsberechnungen einiger medizinischer Produkte dar, wo die begrenzte Datenverfügbarkeit andere Basisjahre erforderte. Wir geben hier einen Überblick über die Methoden und Datenquellen der unterschiedlichen Berechnungen. Detailliertere Informationen und eine genaue Beschreibung der Limitationen der einzelnen Ansätze sind den beiden auf dieser Studie beruhenden wissenschaftlichen Artikeln Pichler et al. (2019) und Weisz et al. (in Revision) als Supplementary Information beigefügt.

Konzeptionelle und terminologische Klärungen

Kohlenstoff (CO₂) Fußabdruck („carbon footprint“): Der Kohlenstoff-Fußabdruck umfasst die kumulierten jährlichen Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) der gesamten globalen Vorleistungskette, die auf einen definierten Endkonsum zugerechnet werden können [95]. Der Kohlenstoff-Fußabdruck umfasst dabei direkte („on-site“, produktionsbezogen) und indirekte (vorgelagerte oder „embodied“) Emissionen. Wir inkludieren nur CO₂-Emissionen, andere Kyoto-TGH wurden nicht berücksichtigt außer im Fall einzelner Produkte. Wie in den meisten anderen Kohlenstoff-Fußabdruck Studien, exkludieren wir auch Emissionen aus Landnutzung/ Landnutzungsveränderungen („LUC emissions“) auf Grund ihrer inhärenten Unsicherheiten [96].

Definition des Gesundheitssektors: Wir beziehen uns auf das international harmonisierte System of Health Accounts (SHA) [6], das alle öffentlichen und privat finanzierten Gesundheits- bzw. Krankenbehandlungsaktivitäten und Gesundheitsleistungen (das sind: „curing, caring, promoting, and preventing“), Hilfsleistungen und unterstützende Leistungen umfasst. Wellness, und andere gesundheitsrelevante Aktivitäten, wie Investitionen in die öffentliche Sicherheit sind wie auch Forschung nicht inkludiert. Die genauen Systemgrenzen sind im SHA-Handbuch beschrieben [6]. Im SHA werden 10 Hauptkategorien von Gesundheitsanbietern („health provider“) nach Finanzierung (öffentlich/privat) unterschieden und in Untergruppen differenziert.

Methoden

Die Kombination von MRIO Analysen mit verschiedenen „bottom-up“ Ansätzen erforderte die Verwendung unterschiedlicher sekundären Datenquellen aus offiziellen Statistiken, öffentlich nicht zugänglichen Kosten- und Verbrauchsdaten,

aus der Literatur sowie teilweise nicht veröffentlichten Sondererhebungen. Anders als bei der „top-down“ Analyse, konnten wir bei den „bottom-up“ Berechnungen nicht auf Standardmethoden zurückgreifen und waren auf unterschiedliche, teilweise auf öffentlich nicht zugängliche Datenquellen mitunter auf vertrauliche Informationen angewiesen.

- CO₂-Fußabdruck des Gesundheitssektors

Der CO₂-Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors wurde anhand der Vollversion (v199.82) des um Umwelteffekte erweiterten („environmentally extended“) multiregionalen Input-Output (EE-MRIO)-Modells Eora [24, 97] berechnet. Eora ist ein handelsverknüpftes globales EE-MRIO-Modell, das 14.839 Produktionssektoren in 190 Ländern in Zeitreihen (1990-2015) abbildet. Input-Output-Tabellen quantifizieren alle monetären Transaktionen zwischen den Produktionssektoren eines bestimmten Landes und Jahres und werden verwendet, um die globalen Vorleistungen einer Produktionseinheit für alle Sektoren zu berechnen. Die Umwelterweiterungen liefern für das jeweilige Jahr Daten zu den direkten physischen Mengen der Treibhausgasemissionen der einzelnen Produktionsbereiche in der Tabelle.

In der HealthFootprint Studie haben wir nur direkte CO₂-Emissionen verwendet, wie sie von Eora aus der Emissionsdatenbank für globale Atmosphärenforschung [98] entnommen wurden, die Biomasseverbrennung und Landnutzungsänderung ausschließt. Dividiert man diese direkten CO₂-Emissionen pro Sektor durch die Gesamtproduktion pro Sektor, erhält man die direkten Emissionsintensitäten (direkte CO₂-Emissionen pro USD sektoralem Produktionsoutput). Durch Multiplikation mit der Leontief-Inversen erhält man einen Vektor der sektoralen Emissionsintensitäten entlang der gesamten globalen Lieferkette. Durch Multiplikation mit dem Vektor der Ausgaben der Endnachfrage werden die absoluten Emissionen entlang der gesamten globalen Lieferkette berechnet.

Da nicht alle österreichischen Gesundheitsausgaben in den Endnachfragetabellen von Eora erfasst sind, wurden die externen Gesundheitsausgaben aus der OECD-Onlinedatenbank verwendet [12]. Diese Daten werden vom Österreichischen Statistischen Bundesamt an die OECD-Datenbank übermittelt und nach Ausgabenkategorien nach SHA [6] gegliedert.

Bevor die OECD Gesundheitsausgaben mit den in Eora berechneten Emissionsintensitäten multipliziert werden, müssen die SHA-Ausgabenkategorien dem entsprechenden Eora-Produktionssektor zugeordnet werden. Die SHA-Ausgabenkategorien und Produktionssektoren in Eora entsprechen einander nicht „eins zu eins“, deshalb haben wir eine sogenannte Konkordanz-Matrix erstellt. 1 gibt an, dass eine Ausgabenkategorie sich in einem bestimmten Eora-Produktionssektor abbildet und eine 0 bedeutet, dass sie dies nicht tut. Wenn eine Ausgabenkategorie mehr als einem Eora-Sektor zugeordnet wird, wird die Konkordanz-Matrix nach [19, 24] normalisiert indem die Endnachfrage zur Gewichtung herangezogen wird.

Da sich die Ausgaben des SHA auf den aktuellen Euro-Einkäuferpreis beziehen während die Eora-Tabellen auf den aktuellen US-Dollar-Basispreis (und damit auch auf die gesamten Emissionsintensitäten) bezogen sind, wurden die Emissionsintensitäten auf Dollar Einkäuferpreise und die SHA-Ausgaben von Euro auf aktuelle USD Einkäuferpreise umgerechnet.

Wichtigste Limitationen: Klassifikation und Vollständigkeit der österreichischen Gesundheitsausgaben-Statistik und die geringe sektorale Auflösung der österreichischen I-O Tabelle im Eora Modell sowie die Zuverlässigkeit der THG-Extensionen. Zum Zeitpunkt der Berechnungen waren die verfügbaren Extensionen der Nicht-CO₂ Kyoto Gase von unzureichender Qualität, daher mussten wir unsere Berechnungen auf CO₂ Emissionen beschränken und alle anderen Kyoto-THG exkludieren. Detailliertere Ausgaben- und MRIO-Daten würde eine detaillierte Darstellung des Kohlenstoff-Fußabdrucks des Gesundheitssektors ermöglichen.

- CO₂-Emissionen durch direkten Energiekonsum großer Anbieter

Erfasst wurde der Energiekonsum folgender Gesundheitsanbieter

- 1) Krankenhäuser (CO₂-Emissionen durch Verbrennung fossiler Energieträger, Nutzen von Fernwärme und Strom)
- 2) Ambulanter (niedergelassener) Versorgungsbereich (CO₂-Emissionen durch Verbrennung fossiler Energieträger, Nutzen von Fernwärme und Strom),
- 3) Krankentransportdienste (CO₂-Emissionen durch Treibstoff für Rettung und Transportdienste) und
- 4) Mobile Gesundheitsdienste (CO₂-Emissionen durch Treibstoffe für Hausbesuche).

Für diese wurden spezifische Energieverbrauchsdaten aus folgenden Datenquellen erhoben:

Krankenhäuser: Verbrauchsdaten von den öffentlichen Krankenanstalten-Trägern aus Wien, der Steiermark und Kärnten, die zusammen 40% der österreichischen Krankenhauskosten ausmachen, wurden erfasst. Datenquelle: KAGES [99–102], KABEG [103, 104] und KAV Wien (Umweltdatenbank des Wiener KAV, öffentlich nicht zugänglich). Die Ergebnisse wurden auf den gesamten österreichischen Krankenhaussektor basierend auf Endkosten (von KABEG und KAGES) hochgerechnet.

Ambulanter Versorgungsbereich: Für den niedergelassenen Bereich liegen keine Primärdaten vor. Nach persönlicher Kommunikation mit GesundheitsexpertInnen haben wir den Energieverbrauch anhand des durchschnittlichen Energieverbrauchs der Haushalte geschätzt [105].

Krankentransportdiensten: Zur Berechnung wurden Daten zum Krankentransport (Ausgaben pro gefahrenem Kilometer) aus den Jahresberichten des Roten Kreuz

herangezogen [106, 107] herangezogen. Diese sind erst ab dem Jahr 2010 verfügbar. Für 2005 wurden ein deflationierter Wert angenommen [108].

Mobile Dienste: Die CO₂-Emissionen wurden auf Basis von Ausgaben und jährlichen Betriebsstunden [109, 110] unter der Annahme des durchschnittlichen Betriebsstundenbedarfs pro Fahrt und unter Verwendung der Durchschnittsgeschwindigkeit für den österreichischen motorisierten Individualverkehr geschätzt [111].

Zur Berechnung der Emissionen wurden CO₂eq-Emissionsfaktoren wie sie in der österreichischen Umweltstatistik verwendet werden herangezogen.: Energieverbrauch der Krankenhäuser und des niedergelassenen Bereichs [112], Emissionsfaktoren für Transport [113, 114]. Die erforderliche Umrechnung in CO₂-Emissionen erfolgte über die Verwendung des durchschnittlichen CO₂ zu CO₂eq Emissionsverhältnisses des Transportsektors (ibid).

Wichtigste Limitationen: Aus Gründen der Datenverfügbarkeit umfassen die Berechnungen mit den größten Anbietern von Gesundheitsleistungen den Großteil, aber nicht den gesamten direkten Energiekonsum des Gesundheitssektors und sind demnach eine leichte Unterschätzung.

- CO₂-Emissionen durch vom Gesundheitssektor induzierten privaten Verkehr: Krankenhäuser, niedergelassener Bereich

Die Berechnungen umfassen die CO₂-Emissionen, die durch privaten Verkehr von Krankenhäuser und dem ambulanten Versorgungsbereich (niedergelassene ÄrztInnen) induziert und durch Fahrten von MitarbeiterInnen, PatientInnen und BesucherInnen verursacht werden. Erfasst wurden die CO₂-Emissionen durch den direkten Energieverbrauch des Transports. Für diese Abschätzungen sind die räumliche Verteilung der Gesundheitsdienste und die Nutzung von intra- und extramuraler Gesundheitsleistungen relevant. Daten wurden bezogen von [37, 115, 116]

In einem ersten Schritt wurden für die drei Personengruppen die gefahrenen Kilometer pro Jahr ermittelt. Für die weitere Berechnung wurden Daten zum Modal Split und transport-spezifische Emissionsfaktoren verwendet. Für die drei Personengruppen wurde derselbe Modal Split angenommen. Datenquellen wurden bezogen von [111, 117–119]. Durch Multiplikation der gefahrenen Kilometer mit den transportspezifischen-Emissionsfaktoren wurden die durch den privaten Verkehr induzierten CO₂-Emissionen berechnet. Verwendete Emissionsfaktoren für Transport: wie oben [113, 114].

Wichtigste Limitationen: Auf Grund fehlender Daten konnten Berechnungen für andere Gesundheitsanbieter (z.B. stationäre Langzeitpflege) und der durch Privatordinationen induzierte Verkehr nicht berechnet werden.

- CO₂-Fußabdruck der Krankenhäuser nach Konsumkategorien

Zur Aufgliederung des CO₂-Fußabdrucks der Krankenhäuser nach großen Konsumgruppen wurden Kostendaten aus der österreichischen

Krankenhauskostenstatistik mit aus Eora abgeleiteten CO₂-Emissionsintensitäten multipliziert. Die Krankenhauskostenstatistik stammt aus einer öffentlich nicht zugänglichen Datenbank [37] und beinhaltet die jährlichen Endkosten der öffentlichen Krankenanstalten, die den Großteil der Kosten des Krankensektors ausmachen (rd. 95% des österreichischen Krankensektors). Die Daten sind in Hauptkostengruppen dargestellt, die in unterschiedlicher Auflösung verfügbar sind. Aus diesen Statistiken ist die Anzahl bzw. die Menge der konsumierten Einheiten (in Stück oder in physikalischen Einheiten) nicht verfügbar. Wir exkludierten diejenigen Kosten, die keinen Einfluss auf den Kohlenstoff-Fußabdruck haben (hpts. Personalkosten) sowie Investitionskosten, um Doppelzählungen zu vermeiden. Zusätzlich erhielten wir Daten zu ausgewählten Untergruppen (Arzneimittel, Lebensmittel, Reinigungsmittel, Büromaterial und Papier und ausgelagerte Dienstleistungen, wie z.B. Wäscherei, Reinigung und medizinische ausgelagerte Dienstleistungen), die wir gesondert betrachtet haben. In Abb.7 sind diese in acht Kostenkategorien zusammengefasst: Arzneimittel und andere medizinische Verbrauchsprodukte (alle medizinischen Verbrauchprodukte und minderwertige Verbrauchsprodukte), Lebensmittel, Reinigungsmittel, Bürobedarf und Papier sowie andere nicht-medizinische Verbrauchprodukte, medizinische Dienstleistungen und nicht-medizinische Dienstleistungen (Catering, Wäscherei, Reinigungsdienstleistungen, Wartungen).

Zur Abschätzung der CO₂-Emissionen wurden für diese Konsumkategorien die jeweiligen Kosten mit CO₂-Intensitäten (gCO₂/Euro) aus Eora multipliziert. Der gesamte CO₂-Fußabdruck der Krankenhäuser (aus den MRIO-Berechnungen) diente dabei als Referenzgröße. Die Ergebnisse für Produktgruppen wurden entsprechend hochskaliert. Dies war erforderlich, da die verwendeten Emissionsintensitäten auch Kosten enthalten, die keinen Einfluss auf die CO₂-Emissionen haben (hpts. Personalkosten). Die Ergebnisse wurden basierend auf Endkosten für den gesamten Krankensektor (öffentliche und private Krankenhäuser) hochgerechnet. (Die verwendeten CO₂-Emissionsintensitäten finden sich in Weisz et al. in Revision: SI).

Die CO₂-Emissionen durch den direkten Energieeinsatz von Krankenhäusern wurden aus unseren Berechnungen entnommen (siehe oben).

Wichtigste Limitationen: Die wichtigsten Einschränkungen beziehen sich auf die Datenverfügbarkeit. Verfügbare Konsumdaten sind zu hoch aggregiert und in physischen Einheiten nicht vorhanden. LCA-Daten für die wichtigsten, d.h. für medizinische Produktkategorien/Arzneimittel sind nur für einzelne Beispiele verfügbar. Wir verwendeten daher hochaggregierte CO₂-Emissionsintensitäten (gCO₂/Euro) aus den „top-down“ Ergebnissen bzw. aus Eora abgeleiteten CO₂-Emissionsintensitäten. Weiter bestehen Inkonsistenzen zwischen den Kostendaten aus der Krankenhausstatistik mit den OECD-Gesundheitsausgabendaten, die ohne detaillierte Informationen nicht auflösbar sind. Damit sind die absoluten Ergebnisse mit erheblichen Unsicherheiten behaftete und als bestmögliche Abschätzung zu sehen, wie sie auf Grund der bestehenden Datenlage zurzeit

möglich ist. Die relativen Ergebnisse, d.h. die Anteile der dargestellten Konsumkategorien, sind mit den Ergebnissen der NHS-England „carbon footprint“ Studie vergleichbar (siehe oben).

- Treibhausgasemissionen ausgewählter medizinischer Produkte

Angesichts der hohen Anzahl und Heterogenität an medizinischen Produkten und Arzneimitteln, waren Abschätzungen des Kohlenstoff-Fußabdrucks hier nur beispielhaft möglich. Die Berechnungen waren dadurch stark limitiert, dass nur vereinzelt Life Cycle Assessments und damit Carbon-Intensitäten (gTHG/g Produkt) von medizinischen Produkten/Arzneimitteln verfügbar sind und zudem der Medizinsektor und insbesondere der pharmazeutische Sektor von einer hohen Intransparenz (Kosten, Preise, Produktion, Konsum) geprägt ist [29, 32, 120].

In der Auswahl der Beispiele orientierten wir uns an Ergebnissen früherer Studien zu „carbon hot-spots“ im Gesundheitssystem sowie Empfehlungen der Sustainable Development Unit (SDU) des NHS England [26, 45, 64, 76], Hinweisen zu hohem Verbrauch im österreichischen Gesundheitssektor [43] zit in [44] (sowie der vertraulichen Quelle „HA“: siehe oben); weiter an Hinweisen für Überverschreibungen oder zu häufiger Verwendung [81, 88, 121] und dem Vorhandensein von Interventionsmöglichkeiten und Alternativen z.B. [26, 30, 76] und grundsätzlich an der Verfügbarkeit von Daten (LCA-Faktoren von Komponenten, Produktions- und Daten zu Konsummengen), die für die jeweiligen Berechnungen benötigt werden.

Diese Berechnungen umfassten neben CO₂ auch andere THG-Emissionen, da entweder andere THG als CO₂ relevant sind (Anästhesiegase, pDMI) oder nur LCA-Faktoren für THG verfügbar waren. Die Ergebnisse werden in CO₂eq ausgedrückt und sind – je nach Datenlage – für den gesamten österreichischen Gesundheitssektor oder für die österreichischen Krankenhäuser (öffentliche und private) dargestellt.

Anästhesiegase: Berechnet wurden die THG-Emissionen, die während der Verwendung entweichen. Datengrundlagen waren 1) Verbrauchsdaten aus Kostendaten von österreichischen Krankenhäusern (Quelle: „HA“; 14% der österreichischen Krankenhäuser nach Endkosten). Diese wurde auf Basis der Endkosten auf den österreichischen Krankenhausesektor (öffentliche und private Krankenhäuser) hochgerechnet [37]. 2) Produktinformationen der Produzenten (Beipackzettel) 3) Global Warming Potential (GWP) von N₂O („Lachgas“) Desflurane und Isoflurane nach IPCC AR5. Zur Berechnung wurden die jeweiligen THG-Mengen der unterschiedlichen Produkte erfasst und mit dem entsprechenden GWP multipliziert.

THG-haltige Dosierinhalatoren (pDMI): THG Mengen für den österreichischen Gesundheitssektor wurden der UNFCCC Datenbank entnommen (https://di.unfccc.int/detailed_data_by_party).

Wirkstoffe von Schmerzmitteln: Zur Berechnung der CO₂-Emissionen, die durch die Produktion der chemisch hergestellten Wirkstoffe (APIs) Paracetamol, Ibuprofen,

Acetylsalicylsäure und Naproxen in Schmerzmittel (mit entzündungshemmender und fiebersenkender Wirkung) verursacht werden, wurde ein stöchiometrischer Ansatz verwendet, der auf der chemischen Reaktion bei der Wirkstoffsynthese beruht und einzelne Komponenten mit LCA-Faktoren der Komponenten aus der Ecoinvent Datenbank (Version 3.2) verbindet [29, 32, 122]. Die Herstellung von Hilfsstoffen, in der Herstellung bestimmter Arzneimittel, die diese Wirkstoffen enthalten, weitere Produktionsschritte wie Sterilisation, Verpackung und Transport wurden nicht berücksichtigt. Die berechneten LCA-Faktoren ($\text{gCO}_2\text{eq/g API}$) wurden mit österreichischen Verbrauchsdaten multipliziert, die für das Jahr 2014 verfügbar waren [43] zit in [44].

Antibiotika: Die Abschätzungen beschränken sich auf den direkten Energieverbrauch der Produktion und wurden in einem ersten Schritt pro g API dargestellt. Daten zum Energieverbrauch und Angaben zur Menge der API Produktion wurden aus dem Nachhaltigkeitsbericht des österreichischen Standorts eines pharmazeutischen Unternehmens, das auf Antibiotika Herstellung spezialisiert ist, entnommen [123]. Die Ergebnisse werden für das Jahr 2014 für die gesamte API Produktion und für Amoxicillin getrennt ausgewiesen (der häufigste verschriebene antibiotische Wirkstoff in Österreich [44], indem der berechnete Emissionsfaktor für Antibiotika ($\text{gCO}_2\text{eq/ gAPI}$) verwendet wurde.

Medizinische Handschuhe: Wir berechneten die THG-Emissionen der Herstellung von Nitril- und Latexhandschuhen. Diese Handschuhe bilden den weitaus größten Anteil aller medizinischen Handschuhen, die in österreichischen Krankenhäusern verwendet werden (97% in Bezug zur Stückzahl) und zählen zu den kostenintensivsten (Menge X Preis) medizinischen Verbrauchsprodukten (Quelle: „HA“; [45]). Wir folgten im Wesentlichen dem Ansatz des NHS England [45] und ordneten LCA-Faktoren aus der Ecoinvent Datenbank (Version 3.2) den Hauptbestandteilen und dem Kernproduktionsprozess beider Handschuhtypen zu. Weitere Produktionsschritte (wie Sterilisieren und Verpackung) sind wie Transport und Abfallbehandlung nicht berücksichtigt. Die sich daraus ergebende Emissionsfaktoren ($\text{g CO}_2\text{eq/g Produkt}$) wurden mit den verbrauchten Mengen in Krankenhäusern pro Jahr (Durchschnitt der Jahre 2008, 2010, 2015) multipliziert. Dafür wurde ein durchschnittliches Gewicht pro Stück für Nitril- und Latexhandschuhe verwendet.

Wichtigste Limitationen: Die verfügbaren LCA-Faktoren basieren auf unterschiedliche Systemabgrenzungen, was in der LCA-Literatur ein häufiges Problem darstellt. Daher war es nicht möglich, die Berechnungen dieser Produktbeispiele methodisch konsistent durchzuführen. Folglich sind die Ergebnisse nicht direkt vergleichbar, geben aber Hinweise auf die Größe der Effekte.

7 Arbeits- und Zeitplan

(max. 1 Seite) Kurze Übersichtsdarstellung des Arbeits- und Zeitplans (keine Details).

Abb. 9 gibt einen Überblick zum Arbeits- und Zeitplan des Projekts, das in acht Arbeitspakete organisiert war: Gesamtkoordination („Organization“: WP1), empirischer Teil („Accounting“: WP2, WP3, WP4, WP5), Austausch mit ExpertInnen und Dissemination („Intervention“: WP 6, WP7, WP8).

Zwischenergebnisse wurden in einem Workshop mit Gesundheits- und PolitikexpertInnen diskutiert (Oktober 2018), die auch Textentwürfe kommentierten. Die Ergebnisse der Studie wurden in einer öffentlichen Veranstaltung, die vom österreichischen Klima- und Energiefonds organisiert wurde, präsentiert. (26. März 2019; <https://www.klimafonds.gv.at/press/erstmals-erhoben-co2-fussabdruck-des-gesundheitssystems-betraechtlich/>).

Work and time schedule, milestones

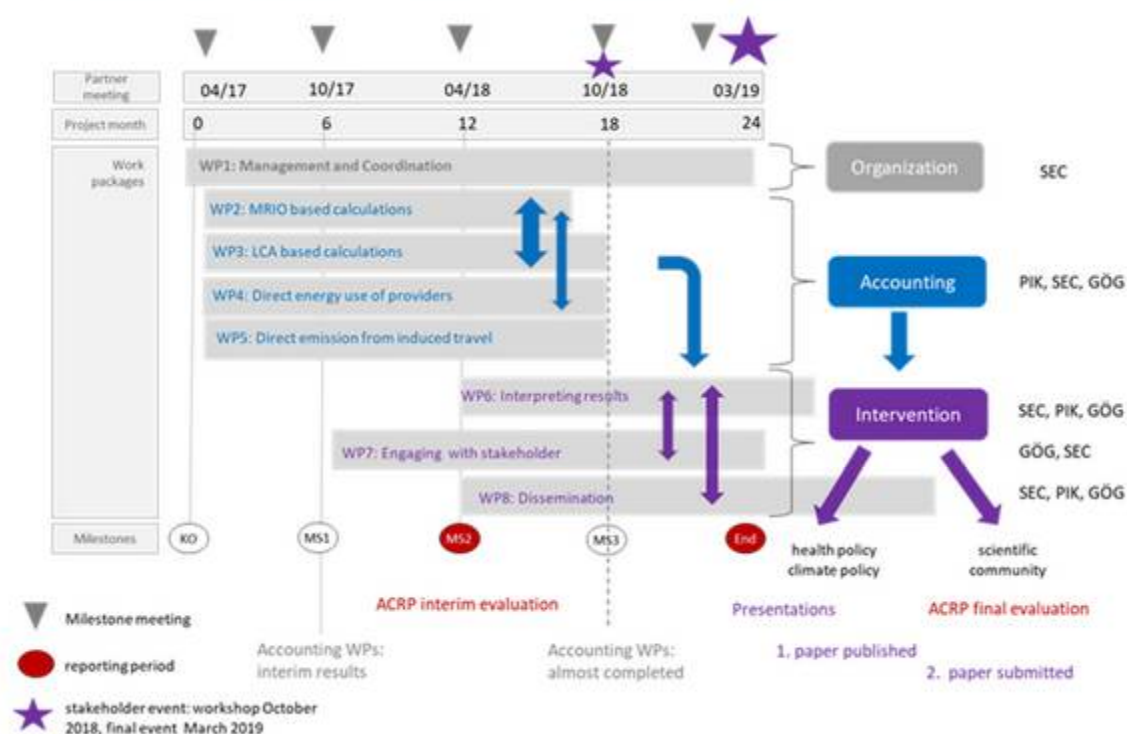


Abb. 9. Arbeits- und Zeitplan mit Milestones des HealthFootprint Projekt

(Quelle: Präsentation des WP1, am 5. Milestone-Partner Treffen, PIK Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, 26. Februar 2019)

8 Publikationen und Disseminierungsaktivitäten

Tabellarische Angabe von wissenschaftlichen Publikationen, die aus dem Projekt entstanden sind, sowie sonstiger relevanter Disseminierungsaktivitäten.

- **Wissenschaftliche Publikationen**

Pichler, P.-P., Jaccard, I.S., Weisz, U., Weisz, H.*, 2019. International comparison of health care carbon footprints. *Environmental Research Letters* 14: 064004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab19e1> (open access)

Weisz, U., Pichler, P.-P. Jaccard, I.S., Haas, W., Matej, S., Nowak, P., Bachner, F., and Weisz, H.* Carbon emission trends and sustainability options in Austrian health care (in Revision für *Resources, Conservation and Recycling*)

- **Wissenschaftliche Vorträge**

Jaccard, S. I. (2019). International Comparison of Health Care Carbon Footprints. Presentation at the 13th Conference of the Socio-Economic Metabolism Section of the International Society for Industrial Ecology (ISIE), 13th -15th May, Berlin

Weisz, U. 2019. Klimarelevanz des Österreichischen Gesundheitssektors. 22. Wissenschaftliche Tagung der Österreichischen Gesellschaft für Public Health. 22.-23. May, Wien, Österreich

Weisz U. et al. (2018). HealthFootprint. Carbon Footprint des österreichischen Gesundheitssektors. Poster presentation at the 19th Austrian Climate Day, ACRP session, 23th -25th April, Salzburg

Ausgewählte Ergebnisse des Projekts, präsentiert im Rahmen von Plenarvorträgen und Podiumsdiskussionen:

Weisz, U. (2020). Climate Change & Health. The Healthcare Paradox. Presentation at the international Meeting "Health and Wellbeing. Addressing today´s Global Paradox", 06.02.2020, University of Innsbruck, Austria

Haas, W (2019): Klimawandel: Riskieren wir unsere Gesundheit oder nutzen wir die Chancen? Forum Alpbach, Partner Session 04: Unsere Gesundheit in der Doppelmühle von Klimakrise und Demografie 20.08.2019, Alpbach

Haas, W (2019): Gesundheit im Anthropozän, einer Epoche zunehmend menschengemachter Umwelt. 21. Österreichische Gesundheitsförderungskonferenz 06.06.2019, Innsbruck

Haas, W (2019): Klimawandel und/oder „Gesundheit für alle“? Keynote bei 22. wissenschaftlicher Tagung der Österr. Gesellschaft für Public Health, 22.05.2019, Wien

Haas, W (2018): Gesundheit, Demographie und Klimawandel. Pflegekongress 2018 "pflege:entwicklung:pflügen", 29-30.11.2018, Vienna

Fuchsig, H. (Umweltreferent der Tiroler Ärztekammer) (2019). Umweltmedizin und Klimaschutz. Key Note, PRAEVENIRE Gesundheitstage 2019, 16. Mai, Seitenstetten

Weitere Disseminierungsaktivitäten, gerichtet an

- **Klima- und GesundheitsexpertInnen**

Nowak, P. (2020). Der ökologische Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssystems – erste Ergebnisse legen strategischen Handlungsbedarf nahe. Editorial, Newsletter Februar 2020, LBI Health Technology Assessment, Wien²

Weisz, U. (2020). Carbon-Fußabdruck des Gesundheitssektors. Impulsreferat. Workshop Ressourcenschonung im Gesundheitssektor. Fraunhofer Forum Berlin, 16.01.2020, Berlin

Weisz, U., Weisz, H. Haas, W., Nowak, P. (2019). Öffentliche Abschlussveranstaltung HealthFootprint. Präsentation der Studie Carbon-Footprint des österreichischen Gesundheitssystems. Organisiert durch den Österreichischen Klima-und Energiefonds. 26.03.2019, Wien

ExpertInnen Workshop, 09. 10 2018, Gesundheit Österreich, Wien. Nach dem 4. Milestone Treffen des Projekts, präsentierten Ulli Weisz (SEC/BOKU), Peter Nowak (GÖG) und Ingram S. Jaccard (PIK) die vorläufigen Ergebnisse und diskutierten Handlungsoptionen mit Gesundheits- und PolitikexpertInnen.

Interview Ulli Weisz zum Carbon-Fußabdruck des österreichischen Gesundheitssektors. In „Morgenbesprechung“. Das Österreichische Gesundheitswesen (ÖKZ), 60. Jg.(2019), 5, Schaffler Verlag

- **Studierende**

Weisz, U. (2019). Klimawandel als Chance. Die Rolle des Gesundheitssystems. Lectures4Future, 03.12. 2019, Veterinärmedizinische Universität Wien

Ulli Weisz diskutierte erste Ergebnisse aus dem Projekt mit Studierenden der Pflegewissenschaft im Rahmen der Lehrveranstaltung "Nachhaltigkeit in der Krankenbehandlung". University of Applied Science, Faculty of Social Science/ (22. 01. 2018, 6. 11.2018)

- **Politik**

August 2019: Die Arbeitsgruppe des Gesundheitsziel 4 (AG GZ4: Luft, Wasser, Boden und alle Lebensräume für künftige Generationen sichern) hat den Kohlenstoff-Fußabdruck von Gesundheitssektoren in seinen Arbeitsplan als eine der GZ4 Maßnahmen aufgenommen. Ulli Weisz (BOKU/SEC) und Willi Haas (BOKU/SEC) wurden als Mitglieder der AG nominiert.

² <https://hta.lbg.ac.at/page/editorial-der-oekologische-fussabdruck-des-oesterreichischen-gesundheitssystems-erste-ergebnisse-legen-strategischen-handlungsbedarf-nahe/de>

Februar 2019: Ulli Weisz und Peter Nowak präsentierten Ergebnisse aus HealthFootprint in der Sektion Klima, BMNT, unter Beteiligung des Klima- und Energiefonds (27. 02.2019)

April 2018: Antrag an die AG GZ4 um Aufnahme des Kohlenstoff-Fußabdrucks des österreichischen Gesundheitssektors in den Arbeitsplan der AG.

- **Medien/Presse**

Basierend auf einem Interview mit Helga Weisz, Paul-Peter Pichler und Ulli Weisz (Juni 2019): Gabbatiss, Josh. 2019. CO₂ emissions from healthcare in the world's largest economies account for about 5% of their national carbon footprints. *CarbonBrief*, UK.³

Interview mit Paul P. Pichler in de Volkskrant, Netherlands: Klopt dit wel? 'Zorgsector is verantwoordelijk voor 5 procent van CO₂-uitstoot op aarde' (April 2019)⁴

Klimafonds Presseausendung (März 2019).

<https://www.klimafonds.gv.at/press/erstmals-erhoben-co2-fussabdruck-des-gesundheitssystems-betraechtlich/>

APA Presseausendung, basierend auf einem Interview mit Ulli Weisz im Rahmen des Österreichischen Klimatags (April 2018).

Medien Reaktionen: ORF Science (<https://science.orf.at/stories/2909124/>), Der Standard (<https://www.derstandard.at/story/2000078674015/warum-medikamente-den-klimawandel-vorantreiben>), Tiroler Tageszeitung u.a.

³ https://www.carbonbrief.org/healthcare-in-worlds-largest-economies-accounts-for-4-of-global-emissions?utm_content=bufferb7d16&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer

⁴ <https://www.volkskrant.nl/wetenschap/klopt-dit-wel-zorgsector-is-verantwoordelijk-voor-5-procent-van-co2-uitstoot-op-aarde~b594239d/>

Literatur

- [1] Watts N, Adger WN, Ayeb-Karlsson S, et al. The Lancet Countdown: tracking progress on health and climate change. *The Lancet* 2017; 389: 1151–1164.
- [2] Watts N, Amann M, Arnell N, et al. The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. *The Lancet* 2018; 392: 2479–2514.
- [3] WHO. *COP24 Special Report. Health & Climate Change*. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO., Geneva: World Health Organization, 2018.
- [4] EC. *The 2018 ageing report. Economic and Budgetary Projections for the 28 EU Member States (2016-2070)*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018.
- [5] OECD. *Health at a Glance 2017: OECD Indicators*. OECD Publishing. Epub ahead of print 10 November 2017. DOI: 10.1787/health_glance-2017-en.
- [6] OECD, Eurostat, WHO. *A System of Health Accounts 2011: Revised edition*. Paris: OECD Publishing, 16 March 2017.
- [7] Pichler P-P, Jaccard IS, Weisz U, et al. International comparison of health care carbon footprints. *Environmental Research Letters* 2019; 14: 064004.
- [8] Weisz U, Pichler P-P, Jaccard IS, et al. Carbon emission trends and sustainability options in Austrian health care. *RC&R*.
- [9] APCC (ed). *Österreichischer Special Report Gesundheit, Demographie und Klimawandel (ASR18)*. Wien: Austrian Panel on Climate Change (APCC), Österreichische Akademie der Wissenschaften, 2018.
- [10] BMG. *Rahmen-Gesundheitsziele. Richtungsweisende Vorschläge für ein gesünderes Österreich*. Langfassung, Wien: Bundesministerium für Gesundheit, 8 January 2012.
- [11] Watts N, Amann M, Arnell N, et al. The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *The Lancet* 2019; 394: 1836–1878.
- [12] OECD. OECD Health Statistics 2017, https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/data/oecd-health-statistics_health-data-en (2018, accessed 12 July 2018).
- [13] IPCC. *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, <http://www.ipcc.ch/report/sr15/> (2018, accessed 17 October 2019).
- [14] WHO. *Operational framework for building climate resilient health systems*. Geneva: WHO, 2015.
- [15] WHO Europe. *Towards environmentally sustainable health systems in Europe. A review of the evidence*. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for

- Europe, http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0012/321015/Towards-environmentally-sustainable-HS-Europe.pdf?ua=1 (2016).
- [16] World Bank Group. *Climate-Smart Healthcare: Low-Carbon and Resilience Strategies for the Health Sector*. Washington, D.C., <http://documents.worldbank.org/curated/en/322251495434571418/pdf/113572-WP-PUBLIC-FINAL-WBG-Climate-smart-Healthcare-002.pdf> (2017).
- [17] Eckelman MJ, Sherman JD, MacNeill AJ. Life cycle environmental emissions and health damages from the Canadian healthcare system: An economic-environmental-epidemiological analysis. *PLOS Medicine* 2018; 15: e1002623.
- [18] Eckelman MJ, Sherman J. Environmental Impacts of the U.S. Health Care System and Effects on Public Health. *PLoS ONE* 2016; 11: e0157014.
- [19] Malik A, Lenzen M, McAlister S, et al. The carbon footprint of Australian health care. *The Lancet Planetary Health* 2018; 2: e27–e35.
- [20] SDU. *Reducing the use of natural resources in health and social care. 2018 report*. Cambridge, UK: NHS England, Sustainable Development Unit, Public Health England, 2018.
- [21] Nansai K, Fry J, Malik A, et al. Carbon footprint of Japanese health care services from 2011 to 2015. *Resources, Conservation and Recycling* 2020; 152: 104525.
- [22] Wu R. The carbon footprint of the Chinese health-care system: an environmentally extended input-output and structural path analysis study. *The Lancet Planetary Health* 2019; 3: e413–e419.
- [23] HCWH, ARUP. *Health care’s climate footprint. How the health sector contributes to the global crises and opportunities for action*. 1, HealthCare Without Harm, 2019.
- [24] Lenzen M, Kanemoto K, Moran D, et al. Mapping the Structure of the World Economy. *Environ Sci Technol* 2012; 46: 8374–8381.
- [25] Sherman JD, Schonberger RB, Eckelman MJ. Estimate of carbon dioxide equivalents of inhaled anesthetics in the United States. In: *Proceedings of the American Society of Anesthesiologists Annual Meeting, New Orleans, La*. 2014, pp. 11–15.
- [26] Hillman T, Mortimer F, Hopkinson NS. Inhaled drugs and global warming: time to shift to dry powder inhalers. *BMJ* 2013; 346: f3359–f3359.
- [27] Holmner Å, Ebi KL, Lazuardi L, et al. Carbon Footprint of Telemedicine Solutions - Unexplored Opportunity for Reducing Carbon Emissions in the Health Sector. *PLoS One* 2014; 9: e105040.
- [28] MacNeill AJ, Lillywhite R, Brown CJ. The impact of surgery on global climate: a carbon footprinting study of operating theatres in three health systems. *The Lancet Planetary Health* 2017; 1: e381–e388.
- [29] Parvatker AG, Tunceroglu H, Sherman JD, et al. Cradle-to-Gate Greenhouse Gas Emissions for Twenty Anesthetic Active Pharmaceutical Ingredients Based on Process Scale-Up and Process Design Calculations. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. Epub ahead of print 12 March 2019. DOI: 10.1021/acssuschemeng.8b05473.

- [30] Wilkinson AJK, Braggins R, Steinbach I, et al. Costs of switching to low global warming potential inhalers. An economic and carbon footprint analysis of NHS prescription data in England. *BMJ Open* 2019; 9: e028763.
- [31] De Soete W, Dewulf J, Cappuyens P, et al. Exergetic sustainability assessment of : a cohesive analysis at three different levels. *Green Chemistry* 2013; 15: 3039.
- [32] Wernet G, Conradt S, Isenring HP, et al. Life cycle assessment of fine chemical production: a case study of pharmaceutical synthesis. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 2010; 15: 294–303.
- [33] Henriksson PJG, Heijungs R, Dao HM, et al. Product Carbon Footprints and Their Uncertainties in Comparative Decision Contexts. *PLOS ONE* 2015; 10: e0121221.
- [34] Reap J, Roman F, Duncan S, et al. A survey of unresolved problems in life cycle assessment: Part 1: goal and scope and inventory analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 2008; 13: 290–300.
- [35] UBA. *Austria's National Inventory Report 2019. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol.* REP-0677, Vienna: Umweltbundesamt (Environmental Agency Austria), <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0677.pdf> (2019, accessed 14 September 2019).
- [36] Bachner F, Bobek J, Habimana K, et al. *Austria. Health System Review.* Health Systems in Transition 20 (3), 2018.
- [37] BMASGK. Österreichische Gesundheitsstatistik. Dokumentations- und Informationssystem für Analysen im Gesundheitswesen. non-public data base (letzter Zugriff 7.6.2019), non-public data base (accessed 7.6.2019) (2018, accessed 6 July 2019).
- [38] SDU. *Reducing the use of natural resources in health and social care.* London: Sustainable Development Unit for NHS England and Public Health England, 2018.
- [39] NHS, SDU. *Saving Carbon. Improving Health. NHS Carbon Reduction Strategy for England.* Cambridge, UK: NHS England, Sustainable Development Unit, 2009.
- [40] NHS, SDU. *NHS England Carbon Footprint (published 2012).* n.p.: NHS England, Sustainable Development Unit, 2012.
- [41] Vermeulen SJ, Campbell BM, Ingram JSI. Climate Change and Food Systems. *Annual Review of Environment and Resources* 2012; 37: 195–222.
- [42] Willett W, Rockström J, Loken B, et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* 2019; 393: 447–492.
- [43] IMS HEALTH. *DPMÖ/DPMÖK Sonderstudie für das Umweltbundesamt: Arzneimittelverbrauch 2014.* Wien: Institut für medizinische Statistik, 2015.
- [44] UBA. *Arzneimittelrückstände in der Umwelt.* REPORT REP-0573, Wien: Umweltbundesamt, 2016.
- [45] SDU, ERM. *Identifying High Greenhouse Gas Intensity Procured Items for the NHS in England.* n.p.: Sustainable Development Unit, Environmental Resources Management, 2017.

- [46] UBA. Berechnung von Treibhausgas (THG)-Emissionen verschiedener Energieträger, <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.html> (2017, accessed 5 April 2019).
- [47] McAlister S, Ou Y, Neff E, et al. The Environmental footprint of morphine: a life cycle assessment from opium poppy farming to the packaged drug. *BMJ Open* 2016; 6: e013302.
- [48] Belkhir L, Elmeligi A. Carbon footprint of the global pharmaceutical industry and relative impact of its major players. *Journal of Cleaner Production* 2019; 214: 185–194.
- [49] Gao Z, Geng Y, Wu R, et al. Analysis of energy-related CO₂ emissions in China's pharmaceutical industry and its driving forces. *Journal of Cleaner Production* 2019; 223: 94–108.
- [50] EEA. *Austrian National Inventory Report 2019*. European Environmental Agency, 2019.
- [51] SDU. Carbon Footprint from Anaesthetic gas use, <https://www.sduhealth.org.uk/areas-of-focus/carbon-hotspots/anaesthetic-gases.aspx> (2013, accessed 20 January 2018).
- [52] Beggs PJ, Bambrick HJ. Is the Global Rise of Asthma an Early Impact of Anthropogenic Climate Change? *Environmental Health Perspectives* 2005; 113: 915–919.
- [53] Hamaoui-Laguel L, Vautard R, Liu L, et al. Effects of climate change and seed dispersal on airborne ragweed pollen loads in Europe. *Nature Climate Change* 2015; 5: 766–771.
- [54] Nowak P, Geißler W, Holzer U, et al. *Themenqualitätsbericht COPD. Band 1 der Berichtsreihe Fokus Qualität*. Wien: Gesundheit Österreich GmbH / Geschäftsbereich BIQG, 2013.
- [55] Lavorini F, Corrigan CJ, Barnes PJ, et al. Retail sales of inhalation devices in European countries: So much for a global policy. *Respiratory Medicine* 2011; 105: 1099–1103.
- [56] HCWH. *Reducing the carbon footprint of healthcare through sustainable procurement*. Brussels: Health Care Without Harm Europe, 2018.
- [57] Weisz U, Heimerl K. *Sustainable Care: Gesundheits- und KrankenpflegeschülerInnen erforschen die Potenziale einer nachhaltigen Sorgeskultur. Projektmappe zum Projektabschluss*. Wien, June 2016.
- [58] Smith KR, Woodward A, Campbell-Lendrum D, et al. Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ, et al. (eds) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014, pp. 709–754.
- [59] OECD. *Tackling Wasteful Spending on Health*. Paris: OECD Publishing. Epub ahead of print 10 January 2017. DOI: 10.1787/9789264266414-en.

- [60] Francis D, Cohen G, Bhatt J, et al. How healthcare can help heal communities and the planet. *BMJ* 2019; I2398.
- [61] HCWH. *Reducing Health Care's Climate Footprint. Opportunities for European Hospitals and Health Systems*. Brussels: HealthCare Without Harm, 2016.
- [62] McGain F, Naylor C. Environmental sustainability in hospitals – a systematic review and research agenda. *Journal of Health Services Research & Policy* 2014; 19: 245–252.
- [63] Weisz U. Zur Arbeit an der Natur im Krankenhaus. Perspektiven nachhaltiger Krankenbehandlung. In: Barth T, Jochum G, Littig B (eds) *Nachhaltige Arbeit: soziologische Beiträge zur Neubestimmung der gesellschaftlichen Naturverhältnisse*. Frankfurt: Campus Verlag, 2016, pp. 267–288.
- [64] SDU, ERM. *Identifying High Greenhouse Gas Intensity Prescription Items for NHS in England. Final Report*. n.p.: Sustainable Development Unit, Environmental Resources Management, 2014.
- [65] Weisz U, Haas W, Pelikan JM, et al. Sustainable Hospitals: A Socio-Ecological Approach. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* 2011; 20: 191–198.
- [66] Belboom S, Renzoni R, Verjans B, et al. A life cycle assessment of injectable drug primary packaging: comparing the traditional process in glass vials with the closed vial technology (polymer vials). *The International Journal of Life Cycle Assessment* 2011; 16: 159–167.
- [67] Raju G, Sarkar P, Singla E, et al. Comparison of environmental sustainability of pharmaceutical packaging. *Perspectives in Science* 2016; 8: 683–685.
- [68] Chauhan MN, Majeed T, Aisha N, et al. Use of Plastic Products in Operation Theatres in NHS and Environmental Drive to Curb Use of Plastics. *World J Surg Surgical Res*; 2.
- [69] Lee B-K, Ellenbecker MJ, Moure-Eraso R. Analyses of the recycling potential of medical plastic wastes. *Waste Management* 2002; 22: 461–470.
- [70] Stringer R, Ferrer F, Tolibas M, et al. *Plastics in Health Care. Health professionals as advocates to reduce plastic pollution. Technical Report*. HealthCare Without Harm Asia, <https://drive.google.com/file/d/1kdC9qr3BhHFsydPDz5VvGWDVK6gfIYhK/view> (2018, accessed 5 August 2019).
- [71] Brown LH, Buettner PG, Canyon DV, et al. Estimating the life cycle greenhouse gas emissions of Australian ambulance services. *Journal of Cleaner Production* 2012; 37: 135–141.
- [72] Connor A, Lillywhite R, Cooke MW. The carbon footprint of a renal service in the United Kingdom. *QJM* 2010; 103: 965–975.
- [73] Venkatesh R, van Landingham SW, Khodifad AM, et al. Carbon footprint and cost-effectiveness of cataract surgery. *Current Opinion in Ophthalmology* 2016; 27: 82–88.

- [74] Champion N, Thiel CL, Woods NC, et al. Sustainable healthcare and environmental life-cycle impacts of disposable supplies: a focus on disposable custom packs. *Journal of Cleaner Production* 2015; 94: 46–55.
- [75] Eckelman MJ, Mosher M, Gonzalez A, et al. Comparative Life Cycle Assessment of Disposable and Reusable Laryngeal Mask Airways: *Anesthesia & Analgesia* 2012; 114: 1067–1072.
- [76] Charlesworth M, Swinton F. Anaesthetic gases, climate change, and sustainable practice. *The Lancet Planetary Health* 2017; 1: e216–e217.
- [77] Rosian-Schikuta I, Ostermann H, Renner A-T, et al. *Verlagerung von Kataraktoperationen in Tageskliniken. Evidenz, Ist-Stand, Budgetauswirkung*. Wien: Im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit. Gesundheit Österreich GmbH, 2013.
- [78] Renner A-T, Bobek J, Zuba M, et al. Ökonomische Evaluation der Einrichtung von bundesweiten telemedizinischen Gesundheitsdiensten.
- [79] Dorsey ER, Topol EJ. State of Telehealth. *New England Journal of Medicine* 2016; 375: 154–161.
- [80] Beitel C, Labek A, Dragosits A, et al. *Performancemessung im österreichischen Gesundheitswesen - Schwerpunkt: Outcomes. SV-Analysenbericht. Machbarkeitsstudie zur Analyse von Wirkketten für PYLL (Potenziell verlorene Lebensjahre) und PIM (Potenziell inadäquate Medikation von Älteren)*. Wien, Linz: Oberösterreichische Gebietskrankenkasse, Hauptverband der österreichischen Sozialversicherungsträger, 2016.
- [81] Gogol M, Siebenhofer A. Choosing Wisely – Gegen Überversorgung im Gesundheitswesen – Aktivitäten aus Deutschland und Österreich am Beispiel der Geriatrie. *Wiener Medizinische Wochenschrift* 2016; 166: 155–160.
- [82] Hajjar ER, Cafiero AC, Hanlon JT. Polypharmacy in elderly patients. *The American Journal of Geriatric Pharmacotherapy* 2007; 5: 345–351.
- [83] SVR Gesundheit. *Bedarfsgerechtigkeit und Wirtschaftlichkeit - Band I bis III: Zur Steigerung von Effizienz und Effektivität der Arzneimittelversorgung in der gesetzlichen Krankenversicherung (GKV). Addendum zum Gutachten 2000/2001*. Bonn: Sachverständigenrat für die Konzertierte Aktion im Gesundheitswesen, 2002.
- [84] Cassel CK. Choosing Wisely: Helping Physicians and Patients Make Smart Decisions About Their Care. *JAMA* 2012; 307: 1801.
- [85] Broom A, Gibson A, Kirby E, et al. The private life of medicine: accounting for antibiotics in the 'for-profit' hospital setting. *Social Theory & Health*. Epub ahead of print 12 February 2018. DOI: 10.1057/s41285-018-0063-8.
- [86] Ghafur A. Overconsumption of antibiotics. *The Lancet Infectious Diseases* 2015; 15: 377.
- [87] IACG. *No Time to Wait: Securing the Future From Drug-Resistant Infections Report to the Secretary-General of the United Nations*. UN IACG - Interagency Coordination Group on Antimicrobial Resistance, <https://www.who.int/antimicrobial-resistance/interagency-coordination-group/final-report/en/> (2019, accessed 11 September 2019).

- [88] Morrill HJ, LaPlante KL. Overconsumption of antibiotics. *The Lancet Infectious Diseases* 2015; 15: 377–378.
- [89] BMG. "Das Team rund um den Hausarzt". Konzept zur multiprofessionellen und interdisziplinären Primärversorgung in Österreich. Beschlossen in der Bundes-Zielsteuerungskommission am 30. Juni. Bundesgesundheitsagentur & Bundesministerium für Gesundheit, Wien, 2014.
- [90] Rojatz D, Nowak P, Rath S, et al. *Primärversorgung: Krankheitsprävention, Gesundheitsförderung und Gesundheitskompetenz. Grundlagen und Eckpunkte eines Idealmodells für PVE-Team und Finanzierungspartner*. Wien: Gesundheit Österreich, 2018.
- [91] Bertotti M, Frostick C, Hutt P, et al. A realist evaluation of social prescribing: an exploration into the context and mechanisms underpinning a pathway linking primary care with the voluntary sector. *Prim Health Care Res Dev* 2018; 19: 232–245.
- [92] Woodall J, Trigwell J, Bunyan A-M, et al. Understanding the effectiveness and mechanisms of a social prescribing service: a mixed method analysis. *BMC Health Services Research* 2018; 18: 604.
- [93] Jaacks LM. Taxes on saturated fat, salt, and sugar improve the healthiness of grocery purchases, but changes are frustratingly small. *The Lancet Public Health* 2019; 4: e363–e364.
- [94] Summers LH. Taxes for health: evidence clears the air. *The Lancet* 2018; 391: 1974–1976.
- [95] Hertwich EG, Peters GP. Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis. *Environmental Science & Technology* 2009; 43: 6414–6420.
- [96] IPCC. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014.
- [97] Lenzen M, Moran D, Kanemoto K, et al. Building Eora: A Global Multi-Region Input-Output Database at High Country and Sector Resolution. *Economic Systems Research* 2013; 25: 20–49.
- [98] EDGAR. EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research. Emissions Data and Maps., <https://edgar.jrc.ec.europa.eu/> (2018, accessed 4 September 2019).
- [99] KAGES. Umweltbericht 2006, http://www.kages.at/cms/dokumente/10101595_1698406/41ecc604/KAGes%20Umweltbericht%202006.pdf (2006).
- [100] KAGES. Programm Klimaschutz. Version 2010, http://www.kages.at/cms/dokumente/10221607_1698406/651786d6/KAGes%20PROgramm%20KLIMAschutz_Druckversion.pdf (2010, accessed 11 October 2019).
- [101] KAGES. *Klimaschutzbericht*. Graz: Steiermärkische Krankenanstaltengesellschaft m. b. H, 2013.

- [102] KAGES. KAGes-Spitäler sind ökologische Musterschüler, <http://www.kages.at/cms/beitrag/10315082/9239463/> (2015, accessed 11 October 2019).
- [103] KABEG. Erste Umwelterklärung 2011 mit den Umweltkennzahlen 2007 bis 2010, <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/pzDisplayUE.pl?numUEKey=2645> (2011).
- [104] KABEG. *Umwelterklärung 2017*. Klagenfurt: Landeskrankenanstalten-Betriebesellschaft-KABEG, http://www.kabeg.at/fileadmin/user_upload/kabegmanagement/Unternehmen/OEKologie/KABEG_UE_2017_final.pdf (2017, accessed 11 October 2019).
- [105] OECD. OECD.Stat. Epub ahead of print 3 February 2014. DOI: 10.1787/data-00900-en.
- [106] ÖRK. Jahresbericht Rotes Kreuz Österreich 2005, https://www.roteskreuz.at/fileadmin/user_upload/PDF/Taetigkeitsbericht/wichtigsteZahlen2006.pdf (2007).
- [107] ÖRK. Jahresbericht Rotes Kreuz 2010, https://www.roteskreuz.at/fileadmin/user_upload/PDF/Taetigkeitsbericht/OERKJB_10.pdf (2010).
- [108] Wirtschaftskammer Österreich. *Verbraucherpreisindex (VPI) - Indexentwicklung. VPI 86 Basis 1986=100*, <https://www.wko.at/service/zahlen-daten-fakten/verbraucherpreisindex.html> (2019, accessed 11 October 2019).
- [109] Grabner I, Juraszovich B, Nemeth C, et al. Betreuungs- und Pflegeangebote in Österreich. Darstellung der Pläne der Bundesländer bis 2020.
- [110] Statistik Austria. *Mobile Betreuungs- und Pflegedienste 2011 bis 2016*, http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/soziales/sozialeleistungen_auf_landesebene/betreuungs_und_pflegedienste/index.html (2017, accessed 5 April 2019).
- [111] BMVIT. Österreich unterwegs 2013/2014. Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätserhebung 'Österreich unterwegs 2013/2014', https://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/oesterreich_unterwegs/downloads/oeu_2013-2014_Ergebnisbericht.pdf (2016, accessed 10 October 2018).
- [112] Umweltbundesamt. Berechnung von Treibhausgas (THG)-Emissionen verschiedener Energieträger, <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.html> (2017).
- [113] Umweltbundesamt. Emissionskennzahlen Datenbasis 2010.
- [114] Umweltbundesamt. Emissionskennzahlen Datenbasis 2015.
- [115] APA-OTS. Wahlärzte in Niederösterreich durchaus versorgungsrelevant, https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20160721_OTS0080/wahlaerzte-in-niederosterreich-durchaus-versorgungsrelevant (2016, accessed 11 October 2019).

- [116] BMGF. Personal in Krankenanstalten. Personal (VZÄ). *Krankenanstalten in Zahlen*, <http://www.kaz.bmgf.gv.at/ressourcen-inanspruchnahme/personal.html> (2017, accessed 2 October 2017).
- [117] BMVIT. Verkehr in Zahlen—Ausgabe 2007, https://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/downloads/viz07_kap6.pdf (2007).
- [118] BMVIT. (Verkehr in Österreich. Ausgangslage und Blick in die Zukunft, https://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/gvp/downloads/gvp_kapitel2.pdf (2010, accessed 11 October 2019).
- [119] European Commission. *Statistical pocketbook 2017 EU transport in figures*. Luxembourg: Publications office of the European union, 2017.
- [120] De Soete W, Jiménez-González C, Dahlin P, et al. Challenges and recommendations for environmental sustainability assessments of pharmaceutical products in the healthcare sector. *Green Chemistry* 2017; 19: 3493–3509.
- [121] Serper M, Wolf MS, Parikh NA, et al. Risk Factors, Clinical Presentation, and Outcomes in Overdose With Acetaminophen Alone or With Combination Products: Results From the Acute Liver Failure Study Group. *Journal of Clinical Gastroenterology* 2016; 50: 85–91.
- [122] Wernet G, Hellweg S, Fischer U, et al. Molecular-Structure-Based Models of Chemical Inventories using Neural Networks. *Environmental Science & Technology* 2008; 42: 6717–6722.
- [123] Sandoz GmbH . *Sustainability Report 2017 with integrated Environmental Statement. Sandoz GmbH for the Kundl and Schafftenau plants. Updated data to 2016*. Kundl, Austria: Sandoz, Novartis, 2017.

Diese Projektbeschreibung wurde von der Fördernehmerin/dem Fördernehmer erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte sowie die barrierefreie Gestaltung der Projektbeschreibung, übernimmt der Klima- und Energiefonds keine Haftung.

Die Fördernehmerin/der Fördernehmer erklärt mit Übermittlung der Projektbeschreibung ausdrücklich über die Rechte am bereitgestellten Bildmaterial frei zu verfügen und dem Klima- und Energiefonds das unentgeltliche, nicht exklusive, zeitlich und örtlich unbeschränkte sowie unwiderrufliche Recht einräumen zu können, das Bildmaterial auf jede bekannte und zukünftig bekanntwerdende Verwertungsart zu nutzen. Für den Fall einer Inanspruchnahme des Klima- und Energiefonds durch Dritte, die die Rechteinhaberschaft am Bildmaterial behaupten, verpflichtet sich die Fördernehmerin/der Fördernehmer den Klima- und Energiefonds vollumfänglich schad- und klaglos zu halten.