

# Reduktion klimaschädlicher Treibhausgase durch Auswahl der Inhalatoren in der Therapie von Patienten mit Asthma und COPD

## Reduction of greenhouse gas emissions by inhaler choice in the therapy of asthma and COPD patients

### Autoren

Jakob Bickhardt<sup>1</sup>, Cornelia Czupalla<sup>2</sup>, Uta Bader<sup>1</sup>

### Institute

- 1 Pneumologische Gemeinschaftspraxis  
Dres. Bickhardt/Bader, Dresden, Germany
- 2 Verordnungs- und Prüfwesen, Kassenärztliche  
Vereinigung Sachsen, Dresden, Germany

### Schlüsselwörter

Asthmatherapie, COPD-Therapie, pMDI, DPI, CO<sub>2</sub>-Fußabdruck

### Keywords

Asthma therapy, COPD therapy, CO<sub>2</sub>-footprint, pMDI, DPI

eingereicht 23.11.2021

akzeptiert nach Revision 10.2.2022

online publiziert 22.4.2022

### Bibliografie

Pneumologie 2022; 76: 321–329

DOI 10.1055/a-1771-5292

ISSN 0934-8387

© 2022, Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,  
70469 Stuttgart, Germany

### Korrespondenzadresse

Jakob Bickhardt, Pneumologische Gemeinschaftspraxis  
Dres. Bickhardt/Bader, Königsbrücker Str. 57,  
01099 Dresden, Germany  
pneumo.logisch.dresden@t-online.de

### ZUSAMMENFASSUNG

**Hintergrund** Die Aufmerksamkeit für ökologische Aspekte als Teil des Gesundheitsschutzes nimmt bei Ärzten und Patienten zu. Dazu gehört auch der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck durch die Verordnung von Medikamenten. Das Treibhauspotential inhalativer Therapien hängt von der Art des Inhalationsgeräts ab. Die noch häufig verwendeten treibgashaltigen Dosieraerosole (pMDI) haben einen 10- bis 40-fach höheren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck im Vergleich zu treibgasfreien Pulverinhalatoren (DPI).

**Zielstellung** Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Umsetzbarkeit und die Relevanz der Umstellung von pMDI auf DPI hinsichtlich der Verringerung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks in einer pneumologischen Praxis unter Alltagsbedingungen zu untersuchen und eine Kostenabschätzung zu treffen.

**Methode** Ausgehend von exemplarischen Therapie-regimen verschiedener Intensität für drei Patienten einer pneumologischen Gemeinschaftspraxis (pGP) wurden der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und die Tagestherapiekosten untersucht. Auf Basis der Verordnungen des 1. Quartals 2020 (I/2020) und des 1. Quartals 2021 (I/2021) in dieser pGP wurde im Vergleich zum Ordnungsverhalten der Pneumologen in Sachsen und deutschlandweit ermittelt, in welchem Umfang und mit welchen Effekten auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eine Umstellung der Behandlung von pMDI auf DPI möglich ist.

**Ergebnisse** Für exemplarische Therapieregime bei Asthma- bzw. COPD-Patienten wurde bei Umstellung einer pMDI-basierten auf eine DPI-basierte Therapie in Abhängigkeit von der Therapieintensität sowie des verwendeten Treibgases ein Einsparpotential von 115–480 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent (CO<sub>2</sub>e) pro Jahr und Patient ermittelt. Bei 2.610 (I/2020) und 2.693 (I/2021) Behandlungsfällen wurden in der Praxis 184.297 bzw. 164.165 definierte durchschnittliche Tagesdosen (DDD) rezeptiert. Der Anteil der DPI konnte von 49,2% (I/2020) auf 77,8% (I/2021) erhöht werden. Insbesondere in der Monotherapie mit inhalativen Kortikosteroiden (ICS) war die Zunahme der DPI-Verordnungen (von 19,8 auf 74,1%) deutlich. Es konnten in der pGP im Vergleich der beiden ersten Quartale 2020 und 2021 35.000–40.000 kg CO<sub>2</sub>e eingespart werden. Eine Kostensteigerung war im Vergleich zum Bundesdurchschnitt nicht zu beobachten. Bei den Pneumologen in Sachsen und deutschlandweit fand keine wesentliche Veränderung im Ordnungsverhalten statt. Wenn die ambulant tätigen Pneumologen bundesweit 75% DPI verordneten, wäre eine Einsparung von 11.650 Tonnen CO<sub>2</sub>e pro Quartal bzw. 46.600 Tonnen CO<sub>2</sub>e pro Jahr möglich.

**Schlussfolgerung** Die inhalative Behandlung von Patienten mit Asthma bronchiale und COPD kann unter Alltagsbedingungen weitgehend von pMDI auf DPI umgestellt werden. Eine wesentliche Einsparung von Treibhausgasemissionen ist ohne relevante Kostensteigerung möglich.

## ABSTRACT

**Background** The global warming potential of inhaled medication depends on the applied inhaler. Pressurised metered dose inhalers (pMDI) contain green-house gases (GHG) and are associated with a 10 to 40 times higher CO<sub>2</sub>-footprint than GHG-free dry-powder inhalers (DPI).

**Aim** Feasibility and relevance of prescription conversion from pMDI to DPI were investigated in a pulmonology outpatient clinic regarding the CO<sub>2</sub>-footprint and the economic costs under real-world conditions.

**Methods** Based on exemplary therapy regimens of different intensity for three patients, the annual CO<sub>2</sub>-footprint and daily therapy costs were investigated. The effect of converting from pMDI to DPI on CO<sub>2</sub>-footprint and economic costs were calculated on the basis of prescriptions during the first quarter of 2020 compared to the first quarter of 2021.

**Results** Conversion of a pMDI-based inhalative therapy of exemplary asthma and COPD patients to a DPI-based therapy saved between 115 and 480 kg CO<sub>2</sub> equivalents (CO<sub>2</sub>e) per year and patient depending on intensity of therapy and

GHG used. A total of 184,297 and 164,165 defined daily doses (DDD) were prescribed by the clinic for 2,610 (January–March 2020) and 2,693 (January–March 2021) patients, respectively. The proportion of DPI prescribed increased from 49 to 78 % of total inhaler prescriptions. The increase in prescriptions for single-agent inhaled corticosteroids from 19.8 to 74.1 % of total inhaler prescriptions was particularly striking. Due to the conversion, emissions were reduced by 35,000 to 40,000 kg CO<sub>2</sub>e between January–March 2020 and January–March 2021 in our clinic. During the same period, there was no increase in costs compared to nationwide costs. The relation of prescribed DPI and pMDI in the same period did not change among the pulmonologists in Saxony nor nationwide in Germany. If all ambulant pulmonologists in Germany would prescribe 75 % DPI, CO<sub>2</sub>-emissions could be reduced by 11,650 tonnes CO<sub>2</sub>e per quarter and 46,600 tonnes CO<sub>2</sub>e per year, respectively.

**Conclusion** The type of inhalers can be converted from pMDI to DPI in a real-world setting. Thereby, a significant reduction of GHG emissions is possible without increased costs.

## Einleitung

Für Patienten mit obstruktiven Atemwegserkrankungen besteht die Möglichkeit einer direkten medikamentösen Behandlung am Ort des pathogenetischen Geschehens durch die Anwendung von Inhalatoren. Die inhalative Wirkstoffapplikation bei obstruktiven Atemwegserkrankungen kann sowohl mit Dosieraerosolen (pressurized Metered Dose Inhalers, pMDI) als auch mit Pulverinhalatoren (Dry Powder Inhalers, DPI) erfolgen.

Mit dem Montreal-Protokoll von 1987 wurde die Ablösung von die Ozonschicht zerstörenden Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) durch weniger schädliche Chemikalien beschlossen und in der Folge umgesetzt. Die seither u. a. als Treibgase in pMDI eingesetzten Hydrofluoralkane (HFA) werden für ihre gute Lungendeposition geschätzt, tragen jedoch als Treibhausgase zum Klimawandel bei. So hat Apafluran (Heptafluorpropan, HFA-227ea) im Vergleich zu CO<sub>2</sub> ein Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP) von 3.220 über 100 Jahre, während das GWP für Norfluran (Tetrafluorethan, HFA-134a) 1.430 beträgt [1]. Dabei ist CO<sub>2</sub>e eine Maßzahl für die Menge an unterschiedlichsten Treibhausgasen, die durch ihr GWP, d. h. die mittlere Erwärmungswirkung der Erdatmosphäre über einen definierten Zeitraum auf die Menge an Kohlendioxid skaliert wird, die eine ähnliche Treibhausgaswirkung hätte [2]. Insgesamt waren HFA, die neben medizinischen Anwendungen vor allem als Kühlmittel zum Einsatz kommen, für 1,7 % der Treibhausgasemissionen in Deutschland im Jahr 2020 verantwortlich [3]. Gemäß Kigali-Nachtrag zum Montreal-Protokoll von 2016 soll der Einsatz von HFA in Industriestaaten bis 2024 um 40 % und bis 2036 um 85 % im Vergleich zu 2011 bis 2013 reduziert werden. Einsparungen auch im medizinischen Bereich sind essentiell, um diese Ziele zu erreichen. Bei Inhalativa wirkt die Anwendung von DPI deutlich weniger klimaschädlich, denn

der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von pMDI liegt wegen der verwendeten Treibgase um den Faktor 10–37 höher als bei DPI [4]. Im internationalen Vergleich bestehen große Unterschiede in der Verwendung von pMDI bzw. DPI. So wurden in England im Jahr 2017 30 % DPI eingesetzt, während in Schweden 87 % der verwendeten Applikatoren DPI waren [5]. Im Sommer 2020 fiel aus ökologischen Gründen, angeregt durch diese Berechnungen in der pGP der Autoren die Entscheidung zum verstärkten Einsatz von DPI anstelle von pMDI.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Umsetzbarkeit und die Relevanz dieser Umstellung hinsichtlich der Verringerung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks in einer pneumologischen Praxis zu untersuchen und eine Kostenabschätzung zu treffen.

## Material und Methoden

### Datengrundlage

Basis der Verordnungsanalyse waren die bundesweiten krankenkassenübergreifenden Arzneiverordnungsdaten gemäß § 300 Abs. 2 SGB V, welche alle von den gesetzlich Krankenversicherten in Apotheken eingelösten Arzneimittelrezepte umfassen. Berücksichtigt wurden Verordnungen, die vom 01.01.2020 bis 31.03.2020 (I/2020) bzw. 01.01.2021 bis 31.03.2021 (I/2021) von Pneumologen (Zuordnung anhand der 8./9. Stelle der Lebenslangen Arztnummer) ausgestellt wurden. Anhand der Pharmazentralnummer (PZN) wurden den Arzneimitteln Wirkstoff (entsprechend der Anatomisch-Therapeutisch-Chemischen Klassifikation, ATC), Darreichungsform (entsprechend der Klassifikation nach dem Wissenschaftlichen Institut der AOK), Anzahl an Inhalatoren sowie definierte durchschnittliche Tagesdosen (DDD) zugeordnet. In der vorliegenden Verordnungsanalyse wurden „Mittel bei obstruktiven Atemwegser-

► **Tab. 1** Zuordnung der Wirkstoffklasse der Inhalativa anhand des ATC.

ATC-Code	Wirkstoffklasse	Abkürzung
R03AC	Beta2-Adrenorezeptoragonisten	BA
R03AC02–04	kurzwirksame Beta2-Adrenorezeptoragonisten	SABA
R03AK06–14	Kortikosteroide in Kombination mit Sympathomimetika	ICS + LABA
R03AL01–07	Sympathomimetika in Kombination mit Anticholinergika	BA + MA
R03AL08–12	Kortikosteroide in Kombination mit Sympathomimetika und Anticholinergika	ICS + LABA + LAMA
R03BA	Kortikosteroide	ICS
R03BB	Anticholinergika	MA

krankungen“ (ATC-Code R03) der Darreichungsformen DOS (Dosieraerosol) bzw. HKP (Hartkapsel), HPI (Hartkapsel mit Pulver zur Inhalation), IHP (Inhalationspulver), IKA (Inhalationskapsel) und PUL (Pulver) berücksichtigt und den pMDI bzw. DPI zugeordnet. Die Verordnung von Medikamenten im Respi-mat (Soft Mist Haler) wurde wegen der speziellen treibgas-freien Inhalationsform nicht berücksichtigt. Die Zuordnung zu Wirkstoffklassen erfolgte anhand ► **Tab. 1**.

Die Verordnungen von zwei Pneumologen einer pGP wurden mit den Ordinationen der sächsischen und aller Lungenärzte in Deutschland verglichen.

### CO<sub>2</sub>-Fußabdruck

Zur Abschätzung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks der Inhalatoren wurden pro DPI 1 kg CO<sub>2</sub>e sowie pro pMDI 10–25 kg CO<sub>2</sub>e (Inhalatoren mit Norfluran) bzw. 37 kg CO<sub>2</sub>e (Inhalatoren mit Apafluran) an-gesetzt [4]. Der Effekt verschiedener Maßnahmen zur Verringerung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks wurde anhand [5] und [6] berech-net.

### Kostenabschätzung

Die DDD-Kosten wurden auf Basis der von den Apothekenre-chenzentren gemeldeten Bruttoverordnungskosten berechnet. Rabatte und Zuzahlungen von Patienten wurden nicht berück-sichtigt.

## Ergebnisse

Zur Abschätzung des Potentials einer Therapieumstellung von pMDI auf DPI hinsichtlich der Verringerung des CO<sub>2</sub>-Fußab-drucks wurden zunächst ausgewählte Patienten einer pneumo-logischen Facharztpraxis betrachtet. In ► **Tab. 2** sind Therapiere-gime unterschiedlicher Intensität dargestellt. Patient X erhielt zur Therapie eines kontrollierten allergischen Asthmas zunächst eine pMDI-basierte ICS-Monotherapie mit SABA-Bedarfsme-dikation. Bei Umstellung der ICS-Behandlung auf DPI oder ICS/LABA-Kombination als DPI können 114 bzw. 117 kg CO<sub>2</sub>e pro

Jahr eingespart werden (► **Abb. 1 a**). Die Behandlung des teil-kontrollierten allergischen Asthmas von Patient Y mit Enerzair plus SABA-Bedarfsmedikation als DPI statt Flutiform 250 µg/10 µg zusammen mit Spiriva Respimat und SABA als pMDI führt aufgrund des besonders hohen GWP des in Flutiform enthalte-nen Treibgases Apafluran zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Belastung um 474 kg CO<sub>2</sub>e. Durch die Anwendung von Trimbow Nexthaler zu-sammen mit Berodual Respimat vermindern sich gegenüber dem Gebrauch von Trimbow Dosieraerosol zusammen mit Berodual als pMDI die emittierten CO<sub>2</sub>e um 266 kg pro Jahr bei Pa-tient Z. Der Effekt der Umstellung auf die Tagestherapiekosten ist in ► **Abb. 1 b** dargestellt. Während sich die Tagestherapiekos-ten bei den exemplarisch dargestellten Asthmapatienten um 14–29% verringerten, war durch die Intensivierung der COPD-Therapie bei Patient Z unabhängig vom Inhalationssystem ein Anstieg der Tagestherapiekosten zu verzeichnen.

Die pneumologische Facharztpraxis Dres. Bickhardt/Bader, Dresden versorgte im ersten Quartal 2020 und 2021 über 2.600 Patienten (I/2020: 2.610 und I/2021: 2.693), wobei der Anteil obstruktiver Atemwegserkrankungen bei 77,7% (I/2020) bzw. 74,9% (I/2021) lag. Die Verordnungen für diese Patienten beliefen sich auf 184.297 bzw. 164.165 DDD pMDI und DPI pro Quartal.

Das Ausmaß der Umstellungen von pMDI auf DPI wurde für das erste Quartal 2021 im Vergleich zum ersten Quartal 2020 ermittelt. Im Vergleichszeitraum 2020 betrug der Anteil der DPI (gemessen in DDD) 49,1% und lag damit sowohl unter dem sachsen- als auch bundesweiten Durchschnitt der Pneumologen von 59,6 bzw. 57,0%. Der Anteil konnte im Interven-tionszeitraum 2021 auf 77,8% der verordneten DDD gesteigert werden und übertraf die annähernd konstant gebliebenen Wer-te für Sachsen und die Bundesrepublik von 60,2 bzw. 56,2% deutlich (► **Abb. 2 a**). Noch klarer wird dieser Effekt bei ausschließlicher Betrachtung der am häufigsten verordneten Wirk-stoffklassen, der Beta2-Adrenorezeptoragonisten (BA), und ICS sowie der Kombinationen dieser Wirkstoffe (► **Tab. 3**). Wäh-rend hier die sachsen- und bundesweiten Werte ebenfalls konstant blieben, konnte der Anteil der DPI in der pGP von 40,6 auf 75,6% gesteigert und damit fast verdoppelt werden (► **Abb. 2 b**).

Zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Einsparungen wurden im Folgen-den statt der verordneten DDD die Anzahl der Inhalatoren betrachtet. Auch hier wurde der Anteil der DPI von 53,3 auf 78,5% und bei ausschließlicher Betrachtung der am häufigsten verordneten Wirkstoffklassen von 44,6 auf 76,0% gesteigert. Die Differenzen zur Analyse der DDD ergaben sich dadurch, dass es bei DPI bei einigen Präparaten Packungen mit gleicher Zahl an Inhalatoren aber unterschiedlicher Packungsgröße und damit DDD gab. Dennoch war der Effekt der Intervention so-wohl bei Betrachtung der verordneten DDD als auch der Anzahl der Inhalatoren vergleichbar groß.

Im Vergleichszeitraum 2020 wurden insgesamt 2.564 pMDI, davon 325 mit Apafluran, sowie 2.923 DPI verordnet. Das ent-sprach 37.000–71.000 kg CO<sub>2</sub>e. Im Interventionszeitraum 2021 betrug die Anzahl verordneter pMDI 1.023, davon 115 mit Apa-fluran. Die Anzahl verordneter DPI lag bei 3.734. Damit fielen 17.000–30.000 kg CO<sub>2</sub>e an. Die absolute Einsparung von CO<sub>2</sub>e

► **Tab. 2** Medikation beispielhafter Asthma- und COPD-Patienten.

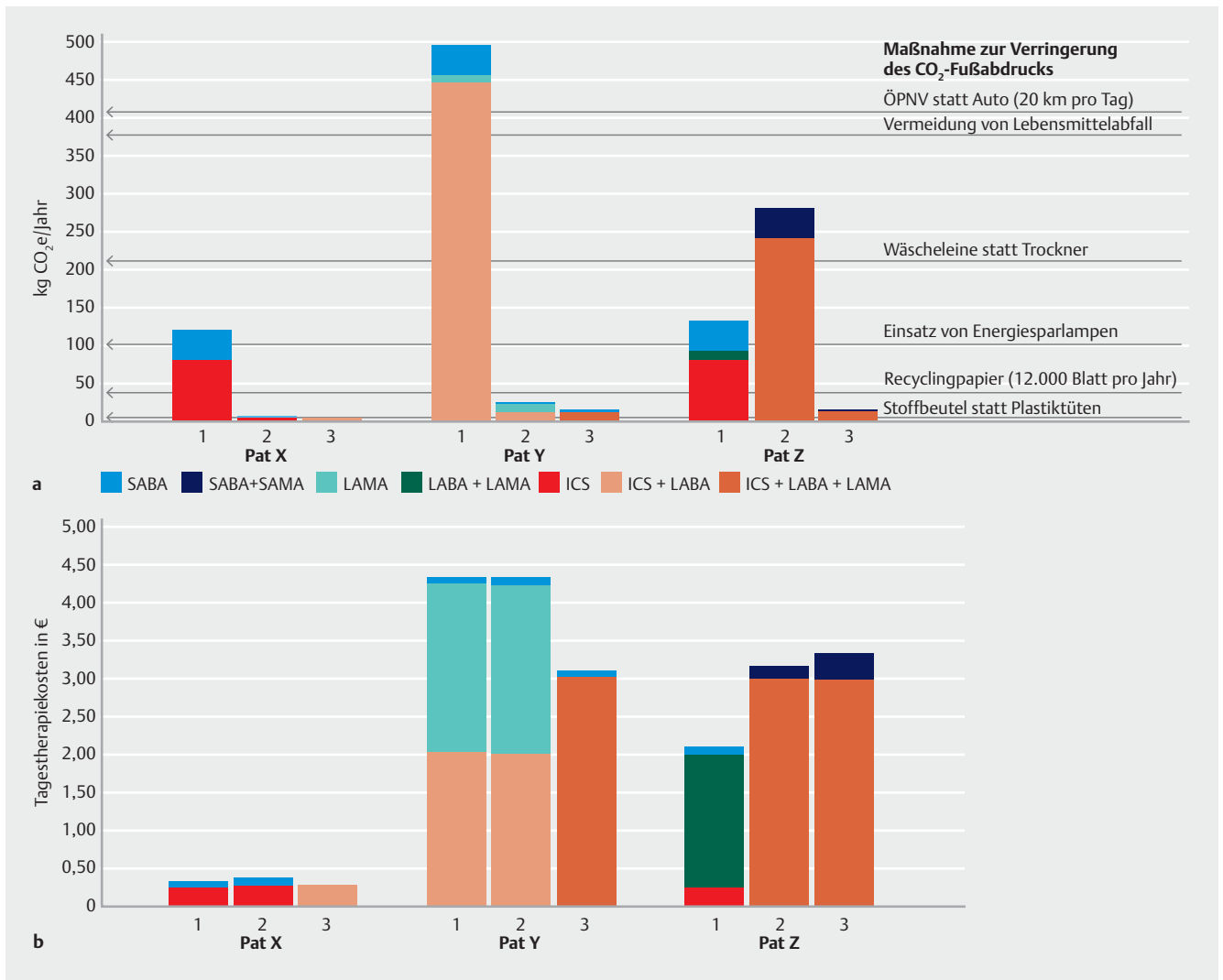
Therapieregime	Präparat	Dosierung	Inhalationssystem	Wirkstoffklasse	Inhalatoren/Jahr
<b>Pat X – kontrolliertes allergisches Asthma</b>					
1	Junik 100 µg Autohaler	2×1 Hub	pMDI (Norfluran)	ICS	4
	Salbutamol-ratiopharm N	bei Bedarf	pMDI (Norfluran)	SABA	2
2	Budenosid Easyhaler 0,2 mg	2×1 Hub	DPI	ICS	4
	Salbu Easyhaler 0,2 mg	bei Bedarf	DPI	SABA	2
3	Symbicort Turbohaler 160/4,5 µg	bei Bedarf	DPI	ICS + LABA	3 (á 60 Hub)
<b>Pat Y – teilkontrolliertes allergisches Asthma</b>					
1	Flutiform 250 µg/10 µg	2×2 Hub	pMDI (Apafluran)	ICS + LABA	12
	Spiriva Respimat	1×2 Hub	Respimat	LAMA	12
	Berotec N	bei Bedarf	pMDI (Norfluran)	SABA	2
2	DuoResp 320 µg/9 µg Spiromax	2×1 Hub	DPI	ICS + LABA	12
	Spiriva Respimat	1×2 Hub	Respimat	LAMA	12
	Salbu Easyhaler 0,2 mg	bei Bedarf	DPI	SABA	2
3	Enerzair Breezhaler	1×1 Hub	DPI	ICS + LABA + LAMA	12
	Ventilastin Novolizer	bei Bedarf	DPI	SABA	2
<b>Pat Z – COPD GOLD 3B mit Eosinophilie</b>					
1	Anoro Ellipta	1×1 Hub	DPI	LABA + LAMA	12
	Junik 100 µg Autohaler	2×1 Hub	pMDI (Norfluran)	ICS	4
	Bronchospray Autohaler	bei Bedarf	pMDI (Norfluran)	SABA	2
2	Trimbow 87 µg/5 µg/9 µg	2×2 Hub	pMDI (Norfluran)	ICS + LABA + LAMA	12
	Berodual N	bei Bedarf	pMDI (Norfluran)	SABA + SAMA	2
3	Trimbow 88/5/9 µg Nexthaler	2×2 Hub	DPI	ICS + LABA + LAMA	12
	Berodual Respimat	bei Bedarf	Respimat	SABA + SAMA	3

betrug demnach 20.000–40.000 kg innerhalb eines Quartals. Unter Berücksichtigung der um ca. 15 % geringeren Gesamtzahl verordneter Inhalatoren im Interventionszeitraum war der Effekt auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck pro Verordnung entsprechend geringer und betrug dann 17.500–35.000 kg CO<sub>2</sub>e.

Die ambulant tätigen Pneumologen verordneten bundesweit in I/2021 79,6 Millionen DDD Inhalativa. Bei Ordination von etwa 75 % als DPI wäre eine Einsparung von 11.650 Tonnen CO<sub>2</sub>e pro Quartal, respektive etwa 46.600 Tonnen CO<sub>2</sub>e pro Jahr möglich.

Zum genaueren Verständnis der Umstellungen von pMDI auf DPI wurden die einzelnen Wirkstoffklassen detailliert betrach-

tet. Im Vergleichszeitraum 2020 wurden bei Anticholinergika sowie Kombinationen aus BA und Anticholinergika bzw. aus ICS und LABA bereits hauptsächlich DPI verordnet. Im Unterschied dazu war der Anteil der DPI bei Verordnungen von ICS und BA als Monotherapie sowie den mengenmäßig eine untergeordnete Rolle spielenden Dreifachkombinationen niedrig (► **Tab. 3**). Im Interventionszeitraum 2021 konnte der Anteil der DPI in allen Wirkstoffklassen zum Teil sehr deutlich gesteigert werden und lag zwischen 52,3 und 100 % (► **Abb. 3**). Innerhalb der Kombinationen aus ICS und LABA konnte die Steigerung des Anteils der DPI v. a. durch den Verzicht auf ein Fluticason-Formoterol-Kombinationspräparat als pMDI (325 versus



► **Abb. 1** **a** CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und **b** Tagestherapiekosten verschiedener Therapieregime beispielhafter Asthma- und COPD-Patienten sowie Vergleich mit anderen Maßnahmen zur Verringerung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks. Pat X: 62 Jahre, kontrolliertes allergisches Asthma; Pat Y: 65 Jahre, teilkontrolliertes allergisches Asthma; Pat Z: 64 Jahre, COPD GOLD 3B mit Eosinophilie. Details zur Medikation sind in ► **Tab. 2** aufgeführt.

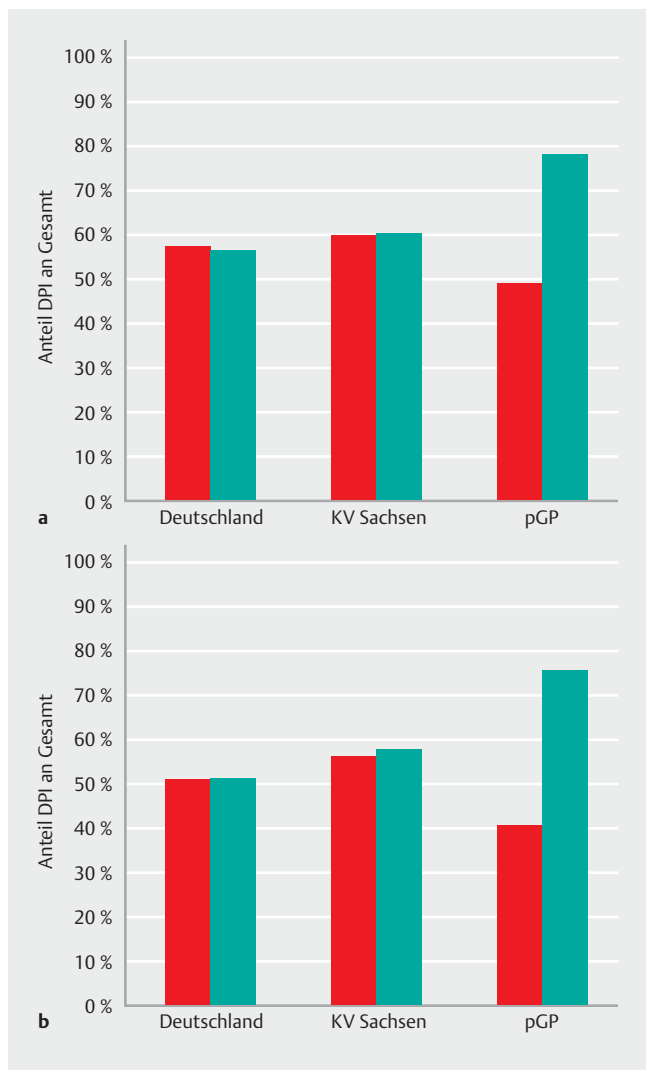
115 Inhalatoren im Vergleichs- und Interventionszeitraum) erzielt werden. Dies war besonders bedeutsam, da einzig dieses Präparat in den untersuchten Wirkstoffklassen das deutlich klimaschädlichere Apafuran als Treibmittel enthält. Bei ICS-Monotherapie erfolgte eine Umstellung von beclometasonhaltigen pMDI als Autohaler auf meist budenosidhaltige DPI. In der pGP wurden im Bereich der ICS im Beobachtungszeitraum die pMDI-Verordnungen von 965 auf 249 (-74%) reduziert und die Ordination von DPI von 239 auf 713 (+66%) erhöht. Bei den SABA wurden die DPI-Verordnungen von 1,4 auf 47% erhöht.

Schließlich wurde der Effekt der bevorzugten Verwendung von DPI auf die Therapiekosten betrachtet. Im Vergleichszeitraum 2020 lagen die Kosten für Inhalativa sowohl in der pGP als auch in Sachsen mit 1,28 bzw. 1,27 €/DDD unter dem Bundesdurchschnitt der Pneumologen von 1,33 €/DDD. Im Interventionszeitraum 2021 stiegen die Kosten in Sachsen sowie in der Bundesrepublik auf 1,32 bzw. 1,38 €/DDD, obwohl der Anteil der DPI unverändert blieb. In der pGP war ein stärkerer

Anstieg der DDD-Kosten auf 1,38 €/DDD und damit auf den bundesweiten Durchschnitt zu verzeichnen. Betrachtet man jedoch ausschließlich die am häufigsten verordneten Wirkstoffklassen, bei denen in der pGP auch der größte Zuwachs an DPI zu verzeichnen war, so sanken die DDD-Kosten 2021 sogar leicht von 1,10 auf 1,08 €/DDD und lagen sowohl unter dem bundes- als auch sachsenweiten Durchschnitt von 1,16 bzw. 1,13 €/DDD. Damit ist die Umstellung von pMDI auf klimafreundlichere DPI nicht per se mit einer Kostensteigerung verbunden und daher ökologisch von Vorteil ohne negative ökonomische Auswirkungen.

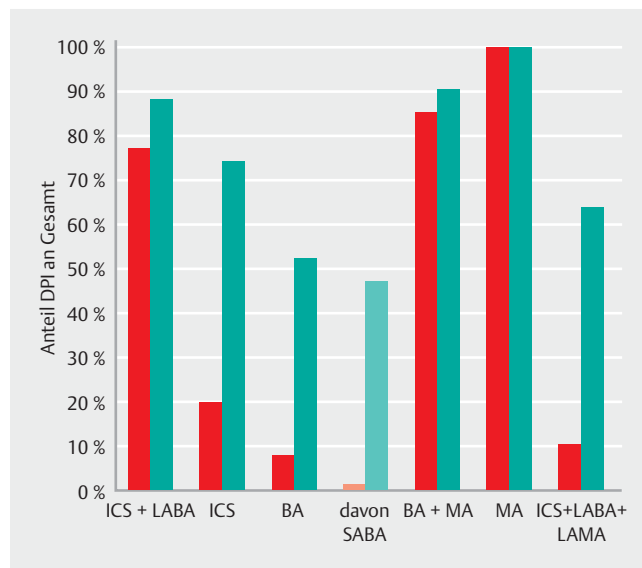
## Diskussion

Seit mehreren Jahren und aktuell sind die Wechselwirkung zwischen Klimaveränderungen und der Gesundheitssituation auf Bevölkerungsebene und in nahezu allen Fachbereichen der Medizin beschrieben [7, 8, 9]. Im Klimaschutzabkommen von Paris



► **Abb. 2** Anteil der von Pneumologen verordneten DPI innerhalb aller Inhalatoren (DPI und pMDI), gemessen in DDD im jeweils 1. Quartal 2020 (rot) und 2021 (grün). (a) alle Wirkstoffe, (b) nur BA, ICS, ICS+BA.

haben sich 191 Staaten verpflichtet, die Erderwärmung durch Reduzierung der Treibhausgasemissionen (gegenüber 1990 um 40% bis 2030 und um 80–95% bis 2050) auf deutlich unter 2 °C, möglichst 1,5 °C zu senken [10]. Eine Anfang 2021 in Lancet Planetary Health veröffentlichte Studie hat aufgezeigt, dass



► **Abb. 3** Anteil der in der pGP verordneten DPI innerhalb aller Inhalatoren (DPI und pMDI) nach Wirkstoffklassen, gemessen in Anzahl im jeweils 1. Quartal 2020 (rot) und 2021 (grün).

in Deutschland bis zum Jahr 2040 etwa 150.000 Menschenleben pro Jahr gerettet würden, wenn dieses Ziel eingehalten wird [11].

Inzwischen sind auch auf Deutschland bezogene spezifische Empfehlungen erschienen, die den im deutschen Gesundheitssystem entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen von etwa 70 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e, entsprechend 5,2% der gesamten nationalen Emissionen, Rechnung tragen [8, 12]. In aktuellen Studien wird auf den Beitrag der in der Pneumologie verordneten treibgas-haltigen Inhalatoren am CO<sub>2</sub>-Fußabdruck verwiesen. Innerhalb von 12 Monaten bis Juni 2019 wurden weltweit 480 Millionen Packungen an pMDI verkauft, das entspricht etwa 2.400 Inhalationshüben pro Sekunde [13]. Der Effekt von DPI auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ist etwa 10- bis 40-fach geringer.

Nach Janson et al. wird in England 70% der inhalativen Therapie als pMDI verordnet, während in Schweden der Anteil der pMDI nur bei 17% liegt. Hochgerechnet könnte eine Änderung der Behandlungsstrategie in England entsprechend dem Verordnungsmuster von Schweden 550.000 Tonnen CO<sub>2</sub>e pro Jahr sparen [5]. Eine solche Therapieänderung erscheint sicher und kostenneutral. In einer englischen Studie wurde bei 1.958 Asthmapatienten die Umstellung der inhalativen Behandlung auf

► **Tab. 3** Anzahl der in der pGP verordneten Inhalatoren und Anteil der DPI nach Wirkstoffklassen.

		ICS + LABA	ICS	BA	davon SABA	BA + MA	MA	ICS + LABA + LAMA
Anzahl Inhalatoren	I/2020	2.042	1.204	1.007	937	928	229	77
	I/2021	1.658	962	759	682	857	166	355
Anteil DPI	I/2020	77,2%	19,8%	8,0%	1,4%	85,3%	99,6%	10,4%
	I/2021	88,0%	74,1%	52,3%	47,1%	90,2%	100,0%	63,7%



Easyhaler als DPI mit der Beibehaltung der vorherigen Therapie verglichen. Die Umstellung erfolgte bei 62,3% von pMDI und bei 18,6% von pMDI als atemzuggesteuerten DA. Ein Unterschied hinsichtlich Parametern der Asthmakontrolle und der Exazerbationsrate war nicht festzustellen. Eine Kostensteigerung ist nicht eingetreten [14]. In offenen, nicht randomisierten Studien ergab sich die klinische Nichtunterlegenheit der Anwendung von DPI bei Wechsel von verschiedenen Inhalatoren sowohl bei der Kombination von Budesonid/Formoterol als auch Salmeterol/Fluticason [15, 16]. Umgekehrt zeigte sich allerdings auch die Umstellung der Behandlung von DPI auf pMDI bei kombinierter ICS/LABA-Therapie als klinisch effektiv [17], sodass die in solchen Untersuchungen nachgewiesene höhere Adhärenz durch intensivierete Patienteninstruktion und durch Übung der korrekten Nutzung des Inhalationsgerätes für den Effekt ausschlaggebend sein dürfte [18]. Auch wenn von verschiedenen Autoren für sehr junge Patienten sowie für ältere Menschen oder auch Patienten mit sehr schlechter Lungenfunktion die Notwendigkeit der Verfügbarkeit von pMDI gesehen wird, so sind doch DPI auf dem Markt, bei denen bei einem Atemfluss von etwa 30 l/min noch eine effektive Dosisabgabe möglich ist [19].

Ausgehend von diesen Arbeiten erschien eine Umstellung der inhalativen Therapie hin zu einem höheren Anteil an DPI für die Patienten unserer pGP mit vergleichbarem klinischen Outcome bei erheblicher Reduktion des GWP möglich. Die Analyse von Therapiestrategien bei konkreten Patienten ergab ein erhebliches Einsparpotential von 115–480 kg CO<sub>2</sub>e pro Patient und Jahr. Im Vergleich zu anderen Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen ist die Umstellung der Inhalatoren relevant (► **Abb. 1 a**). Die in den Leitlinien zur Behandlung von Patienten mit Asthma und COPD empfohlenen Wirkstoffe stehen sämtlich als DPI, meist in verschiedenen Geräten zur Verfügung [20, 21]. Die Möglichkeiten zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks sind bei inhalativen Kortikoiden (als Mono- oder Kombinationspräparate) und bei kurzwirksamen Bronchodilatoren am höchsten. Neben der Anwendung von SABA als DPI ist nach den aktuellen Empfehlungen bei Asthmapatienten die bedarfsweise Inhalation eines Kombinationspräparates aus ICS und Formoterol zu propagieren. Dies ist therapeutisch und sowohl bezüglich der Treibhausgasreduktion als auch hinsichtlich der Kosten sinnvoll (► **Abb. 1**, Patient X) [20]. Bei ICS/LABA-Kombinationstherapie sollte auf die bezüglich des GWP besonders ungünstige Ordination von apafuranhaltigen pMDI verzichtet werden. Die einmal tägliche Anwendung eines DPI mit ICS, LABA und Anticholinergikum ist hinsichtlich CO<sub>2</sub>e und der Kosten für Patienten der Therapiestufe vier am günstigsten (► **Abb. 1**, Patient Y). Die bei COPD-Patienten angewendeten LABA/LAMA-Kombinationspräparate sind überwiegend als DPI auf dem Markt. Wenn neben der bronchodilatativen Behandlung bei COPD ICS indiziert sind, kann durch die Wahl einer Tripletherapie als DPI eine deutliche Reduktion der CO<sub>2</sub>-Belastung gegenüber der Verwendung von Dosieraerosolen erreicht werden (► **Abb. 1**, Patient Z).

Da der Anteil der in der pGP verordneten DPI sowohl im Vergleich zum Anteil in Sachsen als auch deutschlandweit und insbesondere in Schweden niedrig war, erfolgte ab Sommer 2020

fortlaufend die Intervention in der pGP, die hier im Vergleich zweier Quartale gemessen wurde. Die Umstellung der inhalativen Therapie in unserer Erhebung erfolgte im Routinesprechstundenablauf und beachtete neben den dargestellten ökologischen auch pharmakologische Gesichtspunkte. Ausgangslungenfunktion, Anwenderfreundlichkeit, Vorhandensein eines Dosiszählers, persönliche Präferenz des Patienten und Rabattverträge waren weitere Kriterien, die in die Therapieentscheidung einbezogen wurden. Das Vorgehen wurde mit den Patienten offen besprochen, inklusive der ökologischen Aspekte. Die ausgewählten DPI wurden demonstriert und die Anwendung geübt. Wenn Patienten einen frühen kräftigen Atemstrom nicht aufbringen konnten, wurde die Verordnung der pMDI beibehalten oder ein äquivalentes Präparat im Respimat verordnet. Die initial insbesondere bei ICS-Monotherapie bestehenden niedrigen Verordnungsraten an DPI gehen auf pMDI mit Autohalertechnik zurück, die daher und wegen der feinen Teilchen eine hohe periphere Deposition aufweisen [22]. Patienten, die im 1. Quartal 2021 zur Ausstellung eines Wiederholungsrezepts gekommen sind, konnten aus Zeitgründen nicht immer auf DPI umgestellt werden. Dies betrifft v. a. die Verordnung von SABA.

Im 1. Quartal 2021 war ein Rückgang der absoluten Verordnungen in unserer pGP zu verzeichnen. Ursächlich sind hier fallzahlrelevante telefonische Beratungen zur COVID-19-Erkrankung ohne Ausstellung eines Rezeptes, aber auch der häufigere Einsatz von bedarfsweiser Fixkombinationen nach der Arbeit von O'Byrne et al. sowie den Empfehlungen der GINA und der Nationalen Versorgungsleitlinie Asthma bei der Behandlung von Asthmapatienten in der Stufe I und II [20, 23, 24]. Weiterhin wirkte sich die Zusammenführung von Kombinationsbehandlungen mit ICS/LABA und Anticholinergika in die nunmehr verfügbare Therapie mit Einzelinhalator aus.

Insgesamt ist bereits bei Betrachtung der Verordnungen nur eines Quartals eine erhebliche Reduktion der CO<sub>2</sub>e gelungen. Unter der Annahme, dass im Flugverkehr 10,5 kg CO<sub>2</sub>e pro 100 Personenkilometer verbraucht werden [25], entsprechen die in der pGP erzielten jährlichen Einsparungen etwa 100–220 Flügen von Frankfurt/Main nach New York. Die bundesweit möglichen Einsparungen der ambulant tätigen Pneumologen von 46.600 Tonnen CO<sub>2</sub>e pro Jahr würden demnach etwa 200 mit 364 Personen vollbesetzten Jumbo-Jet-Flügen von Frankfurt/Main nach New York entsprechen.

Wilkinson et al. untersuchen die Verordnungen von Inhalativa in England im Jahr 2017 und stellen fest, dass der Wechsel von pMDI zu DPI nicht nur ökologisch nachhaltiger, sondern auch ökonomisch sinnvoll ist. Die Autoren empfehlen für diejenigen Patienten, bei denen die Notwendigkeit eines pMDI besteht, die Verwendung von Inhalatoren mit HFA-134a statt HFA-227ea, das einen deutlich stärkeren Treibhauseffekt hat [4]. In Italien wird an weniger klimaschädlichen Treibgasen für medizinische Inhalatoren (z. B. HFA-152a) gearbeitet, die ab 2025 eingesetzt werden sollen und bezüglich des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks in der gleichen Größenordnung wie DPI liegen [26]. Allerdings sind für dieses Treibgas strenge, bisher nicht vollständig realisierte Sicherheitsanforderungen u. a. bezüglich der Entflammbarkeit zu erfüllen [13].

Bezüglich der Kostenentwicklung der inhalativen Therapie ist zu berücksichtigen, dass durch die deutliche Reduktion von Treibgasen im nichtmedizinischen Bereich eine etwa 5-fache Preissteigerung der pMDI in den kommenden Jahren zu erwarten ist. Nach aktuellen Erhebungen sind derzeit bei Umstellung der Inhalativa auf DPI in Deutschland bei den SABA Kostensteigerungen und bei den ICS Kostensenkungen zu erwarten [13]. In der eigenen Erhebung sind die Kosten der inhalativen Therapie geringfügig angestiegen und haben im 1. Quartal 2021 den Bundesdurchschnitt der Pneumologen erreicht. Dabei lag in der pGP der Anteil der verordneten DPI deutlich höher als bundesweit. Insofern ist davon auszugehen, dass durch die Anhebung des Anteils der DPI zulasten der pMDI letztlich keine relevante Kostensteigerung eintritt.

Bei allen Überlegungen zur Treibhauswirkung von inhalativen Behandlungen bei Patienten mit Asthma oder COPD muss die Stabilität des klinischen Verlaufs im Vordergrund stehen. Dies ist nicht nur medizinisch geboten, sondern auch bzgl. der Kosten und des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks erforderlich. Es wird davon ausgegangen, dass eine stationär behandlungspflichtige Exazerbation (mit einer Verweildauer von 3,3 Tagen) inklusive notärztlicher Einweisung, selbständiger Heimfahrt und einem zusätzlichen Termin poststationär beim Hausarzt einen größeren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck hinterlässt als ein halbes Jahr täglicher pMDI-Anwendung eines typischen HFA-134a-pMDI [27]. So betonen auch Keeley et al., dass Asthmapatienten im kontrollierten Status und COPD-Patienten ohne Exazerbationen durch den reduzierten Gebrauch an Akutspray nicht nur klinisch, sondern auch ökologisch und ökonomisch am besten gestellt sind. Intensive Unterweisung im Gebrauch der Inhalatoren und Patientenschulung zu besserem Krankheitsverständnis tragen zusätzlich wesentlich zur Stabilität der Patienten bei [28]. Bei Wechsel des Inhalationssystems besteht zur Erzielung einer guten Adhärenz vor allem bei Patienten unter 50 Jahren, Berufstätigen und Patienten, die generell zu ihrer Erkrankung und der Wirkungsweise der Medikamente subjektiv zu wenig informiert sind, ein hoher Gesprächsbedarf [29]. Es ist zu empfehlen, mittels aut idem-Kennzeichnung die Abgabe desjenigen Inhalators durchzusetzen, auf den der Patient geschult ist, mit dem nach Lungenfunktion und Handhabung die beste Deposition zu erreichen ist, der eine gute Adhärenz erwarten lässt und der die geringste Treibhausgaswirkung entfaltet [30].

Die gesetzlichen Krankenkassen werden aufgefordert, ihre Rabattverträge bezüglich der Umweltverträglichkeit der inhalativen Therapie zu überprüfen, da so eine weitere Verbesserung der Kosten inhalativer Medikamente und Reduktion des Treibhausgasanteils der Inhalativa möglich ist.

## Schlussfolgerung

Die Umstellung der inhalativen Behandlung von Patienten mit Asthma bronchiale und COPD von pMDI auf DPI ist leitliniengerecht im Praxisalltag umsetzbar und ohne Kostensteigerung in Relation zum Bundesdurchschnitt realisierbar. Die dabei erzielte Reduktion der Emissionen von Treibhausgasen liegt für eine pneumologische Gemeinschaftspraxis mit etwa 2.600 Behandlungsfällen im Quartal bei 35.000–40.000 kg CO<sub>2</sub>e.

## Danksagung

Wir bedanken uns für redaktionelle Unterstützung bei Prof. Dr. Martin Kolditz, Dresden und Dr. Naomi Dyer, Liverpool.

## Interessenkonflikt

JB erhielt Vortragshonorare der Firma Boehringer Ingelheim Pharma GmbH, der Firma Novartis Pharma GmbH und ist Mitglied der Allianz Klimawandel und Gesundheit e.V. CC hat keine Interessenkonflikte. UB erhielt Vortragshonorare der Boehringer Ingelheim Pharma GmbH und der Firma AstraZeneca GmbH.

## Literatur

- [1] United Nations Climate Change. Report of the Conference of the Parties on its nineteenth session, held in Warsaw from 11 to 23 November 2013. Zugriff am 16.11.2021: <https://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/eng/10a03.pdf>
- [2] Pandey D, Agrawal M, Pandey JS. Carbon footprint: current methods of estimation. *Environ Monit Assess* 2011; 178: 135–160 doi: 10.1007/s10661-010-1678-y
- [3] Bundesumweltamt. Treibhausgas-Emissionen in Deutschland 2021. Zugriff am 08.11.2021: <https://www.umweltbundesamt.de> doi: 10.1016/j.ejca.2021.05.040
- [4] 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 doi: 10.1136/bmjopen-2018-028763
- [5] Janson C, Henderson R, Löfdahl M et al. Carbon footprint impact of the choice of inhalers for asthma and COPD. *Thorax* 2020; 75: 82–84 doi: 10.1136/thoraxjnl-2019-213744
- [6] co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH. Mein Klimaschutz. Zugriff am 29.01.2022: <https://www.mein-klimaschutz.de/unterwegs/>
- [7] Costello A, Abbas M, Allen A et al. Managing the health effects of climate change: Lancet and University College London Institute for Global Health Commission. *Lancet* 2009; 373: 1693–733 doi: 10.1016/S0140-6736(09)60935-1
- [8] 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. *Lancet* 2019; 394: 1836–1878 doi: 10.1016/S0140-6736(19)32596-6
- [9] Traidl-Hoffmann C, Schulz C, Herrmann M et al. Planetary health. Klima, Umwelt und Gesundheit im Anthropozän. 1. Aufl. Berlin: Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2021
- [10] United Nations Climate Change. The Paris Agreement 2015. Zugriff am 16.11.2021: <https://unfccc.int>
- [11] Hamilton I, Kennard H, McGushin A et al. The public health implications of the Paris Agreement: a modelling study. *Lancet Planet Health* 2021; 5: e74–e83 doi: 10.1016/S2542-5196(20)30249-7
- [12] The Lancet Countdown on Health and Climate Change 2019: Policy Brief für Deutschland 2019. Zugriff am 16.11.2021: [https://storage.googleapis.com/lancet-countdown/2019/11/Lancet-Countdown\\_Policy-brief-for-Germany\\_DEUTSCH\\_FINAL.pdf](https://storage.googleapis.com/lancet-countdown/2019/11/Lancet-Countdown_Policy-brief-for-Germany_DEUTSCH_FINAL.pdf)
- [13] Pritchard JN. The Climate is Changing for Metered-Dose Inhalers and Action is Needed. *Drug Des Devel Ther* 2020; 14: 3043–3055 doi: 10.2147/DDDT.S262141
- [14] Price D, Thomas V, von Ziegenweid J et al. Switching patients from other inhaled corti-costeroid devices to the Easyhaler(): historical,



- matched-cohort study of real-life asthma patients. *J Asthma Allergy* 2014; 7: 31–51 doi: 10.2147/JAA.S59386
- [15] Gálffy G, Szilasi M, Tamási L. Effectiveness and Patient Satisfaction with Budesonide/Formoterol Easyhaler Among Patients with Asthma or COPD Switching from Previous Treatment: a Real-World Study of Patient-Reported Outcomes. *Pulm Ther* 2019; 5: 165–177 doi: 10.1007/s41030-019-0097-7
- [16] Vinge I, Syk J, Xanthopoulos A et al. A non-interventional switch study in adult patients with asthma or COPD on clinical effectiveness of salmeterol/fluticasone Easyhaler in routine clinical practice. *Ther Adv Respir Dis* 2021; 15: 1–12 doi: 10.1177/17534666211027787
- [17] Park HS, Yoon D, Lee HY et al. Real-life effectiveness of inhaler device switch from dry powder inhalers to pressurized metered-dose inhalers in patients with asthma treated with ICS/LABA. *Respirology* 2019; 24: 972–979 doi: 10.1111/resp.13559
- [18] Bloom CI, Douglas I, Olney J et al. Cost saving of switching to equivalent inhalers and its effect on health outcomes. *Thorax* 2019; 74: 1076–1084 doi: 10.1136/thoraxjnl-2018-212957
- [19] Lavorini F, Chudek J, Gálffy G et al. Switching to the Dry-Powder Inhaler Easyhaler: A Narrative Review of the Evidence. *Pulm Ther* 2021; 7: 409–427 doi: 10.1007/s41030-021-00174-5
- [20] Bundesärztekammer (BÄK), Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV), Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). Nationale Versorgungs-Leitlinie Asthma – Langfassung. 4. Aufl. Version 1. 2020. doi: 10.6101/AZQ/000469
- [21] Zugriff am 29.01.2022: <https://www.leitlinien.de/themen/copd>
- [22] Leach CL, Davidson PJ, Boudreau RJ. Improved airway targeting with the CFC-free HFA-beclomethasone metered-dose inhaler compared with CFC-beclomethasone. *Eur Respir J* 1998; 12: 1346–53 doi: 10.1183/09031936.98.12061346
- [23] Global Initiative for Asthma. Global Strategy for Asthma Management and Prevention 2021. Zugriff am 16.11.2021: <https://ginasthma.org/>
- [24] O'Byrne PM, FitzGerald JM, Bateman ED et al. Inhaled Combined Budesonide–Formoterol as Needed in Mild Asthma. *N Engl J Med* 2018; 378: 1865–76 doi: 10.1056/NEJMoa1715274
- [25] Lufthansa Group. Treibstoffverbrauch und Emissionen. Zugriff am 19.11.2021: <https://www.lufthansagroup.com/de/verantwortung/klima-umwelt/treibstoffverbrauch-und-emissionen.html>
- [26] Panigone S, Sandri F, Ferri R et al. Environmental impact of inhalers for respiratory diseases: decreasing the carbon footprint while preserving patient-tailored treatment. *BMJ Open Res* 2020; 7: e000571 doi: 10.1136/bmjresp-2020-000571
- [27] AstraZeneca. Investing in a sustainable future for patients with respiratory disease 2020. Zugriff am 25.10.2021: <https://www.astrazeneca.com/media-centre/articles/2020/investing-in-a-sustainable-future-forpatients-with-respiratory-disease.html>
- [28] Keeley D, Scullion JE, Usmani OS. Minimising the environmental impact of inhaled therapies: problems with policy on low carbon inhalers. *Eur Respir J* 2020; 55: 2000048 doi: 10.1183/13993003.00048-2020
- [29] Andres J, Hellmann A, Hering T et al. Therapieadhärenz bei Asthma bronchiale – Versorgung unter Alltagsbedingungen in der pneumologischen Praxis. *Pneumologie* 2014; 68: 315–321 doi: 10.1055/s-0034-1365285
- [30] Hering T, Andres J, Mohrlang C et al. Aut-idem-Regelung und Inhalatorauswahl bei inhalativer Therapie in pneumologischen und hausärztlichen Praxen unter Alltagsbedingungen – Einschätzung und Umsetzung durch Pneumologen und Hausärzte. *Pneumologie* 2018; 72: 197–206 doi: 10.1055/s-0043-118401