



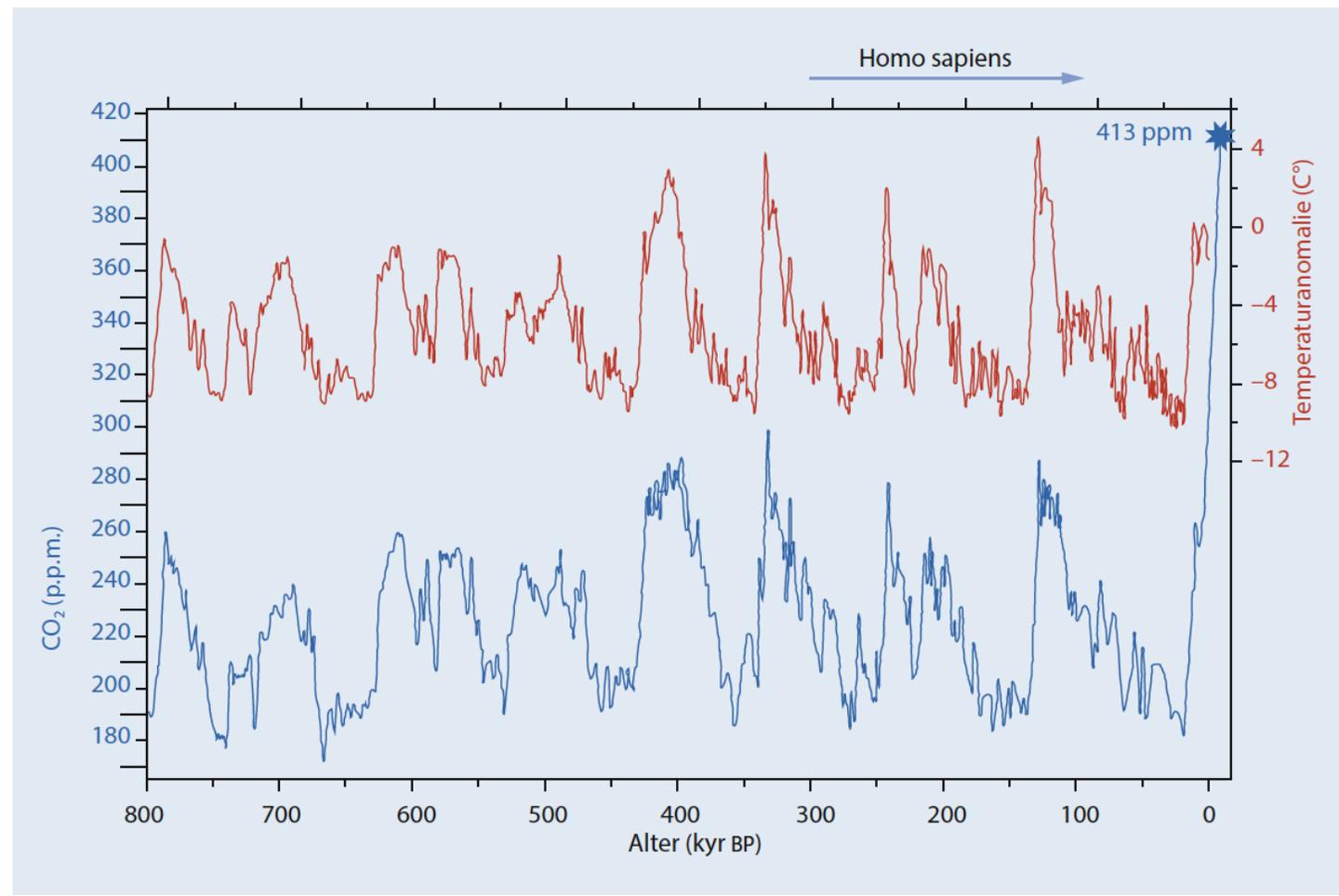
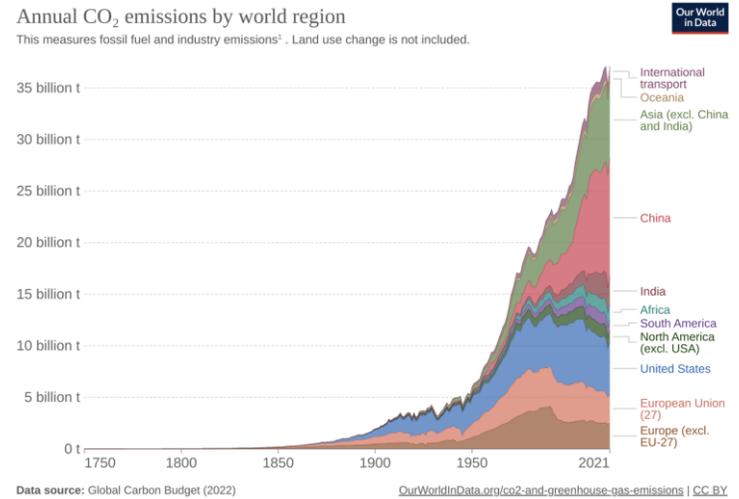
„Go Green“
Anästhesie und Intensivmedizin
Landeskrankenhaus Feldkirch



Reinhard Germann
Go Green
21.5.2024

Klimawandel

Ein Thema für die Anästhesie und Intensivmedizin?



Verlauf der Kohlendioxid (CO₂) - Konzentration (ppm) und Temperatur, bezogen auf den Mittelwert (°C) der letzten 800.000 Jahre, basierend auf Eisbohrkernuntersuchungen mehrerer Forschungsgruppen im Rahmen des „European Project for Ice Coring in Antarctica“ (EPICA) Kyr Kilojahre (1000 Jahre), BP „before present“, blauer Stern = aktuell gemessene CO₂-Konzentration von 413 ppm in der Atmosph.re. (Modifiziert nach Luthi et al. [7])

Global greenhouse gas emissions by gas

Greenhouse gas emissions are converted to carbon dioxide-equivalents (CO₂eq) by multiplying each gas by its 100-year 'global warming potential' value: the amount of warming one tonne of the gas would create relative to one tonne of CO₂ over a 100-year timescale. This breakdown is shown for 2016.

Our World
in Data



FKW's

OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Source: Climate Watch, the World Resources Institute (2020).

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

- N₂O, **Lachgas**: grösster Anteil stammt aus der Landwirtschaft (Stickstoffdünger), 1-3% aus anästhesiologischer Nutzung
- Fluorierte Gase:
 - HFCs (Fluorkohlenwasserstoffe, FKW; englisch Hydrofluorocarbons. Kühlmittel, Klimatisierung, Schäume, Aerosole,... Grösstes CO₂e in der EU. Über Montreal Protocol „Phase Down“ seit 2019. Narkosegase **Sevoflurane und Desflurane**)
 - CFC (Fluorchlorkohlenwasserstoffe, FCKW, englisch chlorofluorocarbons. Kühlmittel, Aerosole,.. Ozondepletierend. Über Montreal Protokoll seit 2007 „Phase down“. Narkosegas **Isoflurane**)
 - SF₆ (Schwefelhexafluorid): Isoliergase, Kältemittel. Stärkstes Treibhausgas (US Kontrastmittel, Vitrektomie)

<https://ourworldindata.org/greenhouse-gas-emissions>. Accessed 04-03-23

Narkosegase

Umwelteinflüsse

mögliche Einflüsse auf die Atmosphäre:

- ✓ Ozondepletion in der Stratosphäre (N_2O , Isofluran)
- Photochemische Luftverschmutzung (SMOG, Stickoxide, troposphärische Ozon- und Partikelbildung)
- ✓ Bildung von gefährliche Abbauprodukten. TFA – Trifluoressigsäure (Isofluran, Desfluran)
- ✓ Klimawandel (N_2O , Isofluran, Sevofluran, Desfluran)



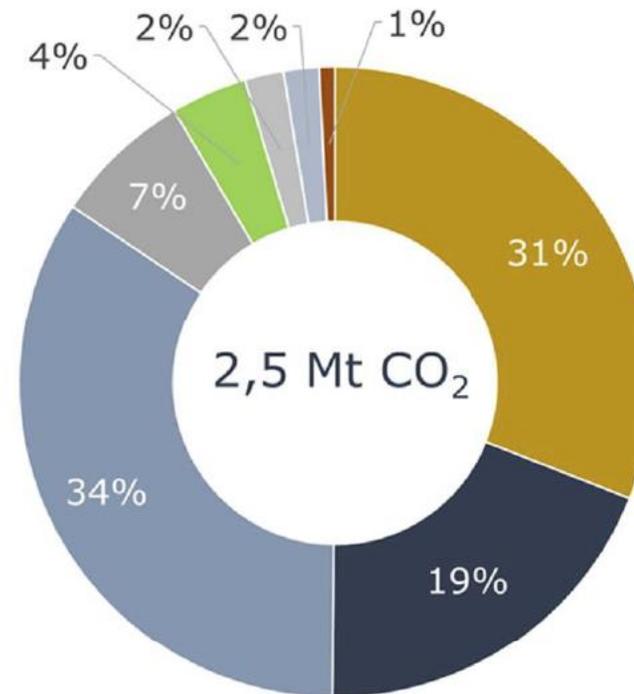
Table 1 Atmospheric lifetimes in years and 100-year horizon global warming potential values for nitrous oxide and halogenated anaesthetic gases

Compound	Atmospheric lifetime (years)	GWP 100-year time horizon
Nitrous oxide, N_2O	114	298
Halothane, CF_3CHClBr	1.0	50
Enflurane, $\text{CHFClCF}_2\text{OCF}_2\text{H}$	4.3	680
Isoflurane, $\text{CF}_3\text{CHClOCHF}_2$	3.2	510
Desflurane, $\text{CF}_3\text{CHFOCHF}_2$	14	2540
Sevoflurane, $(\text{CF}_3)_2\text{CHOCH}_2\text{F}$	1.1	130

Data from Sulbaek Andersen *et al.*³ GWP, global warming potential.

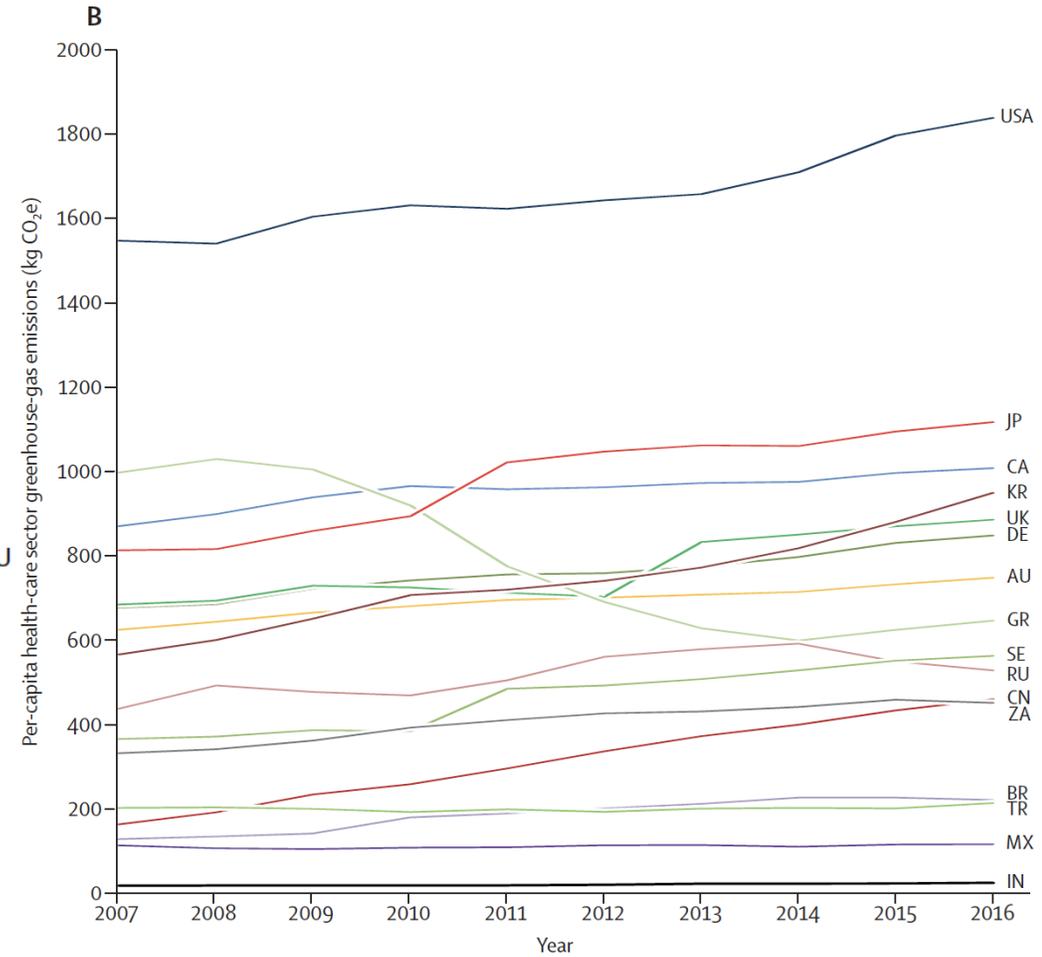
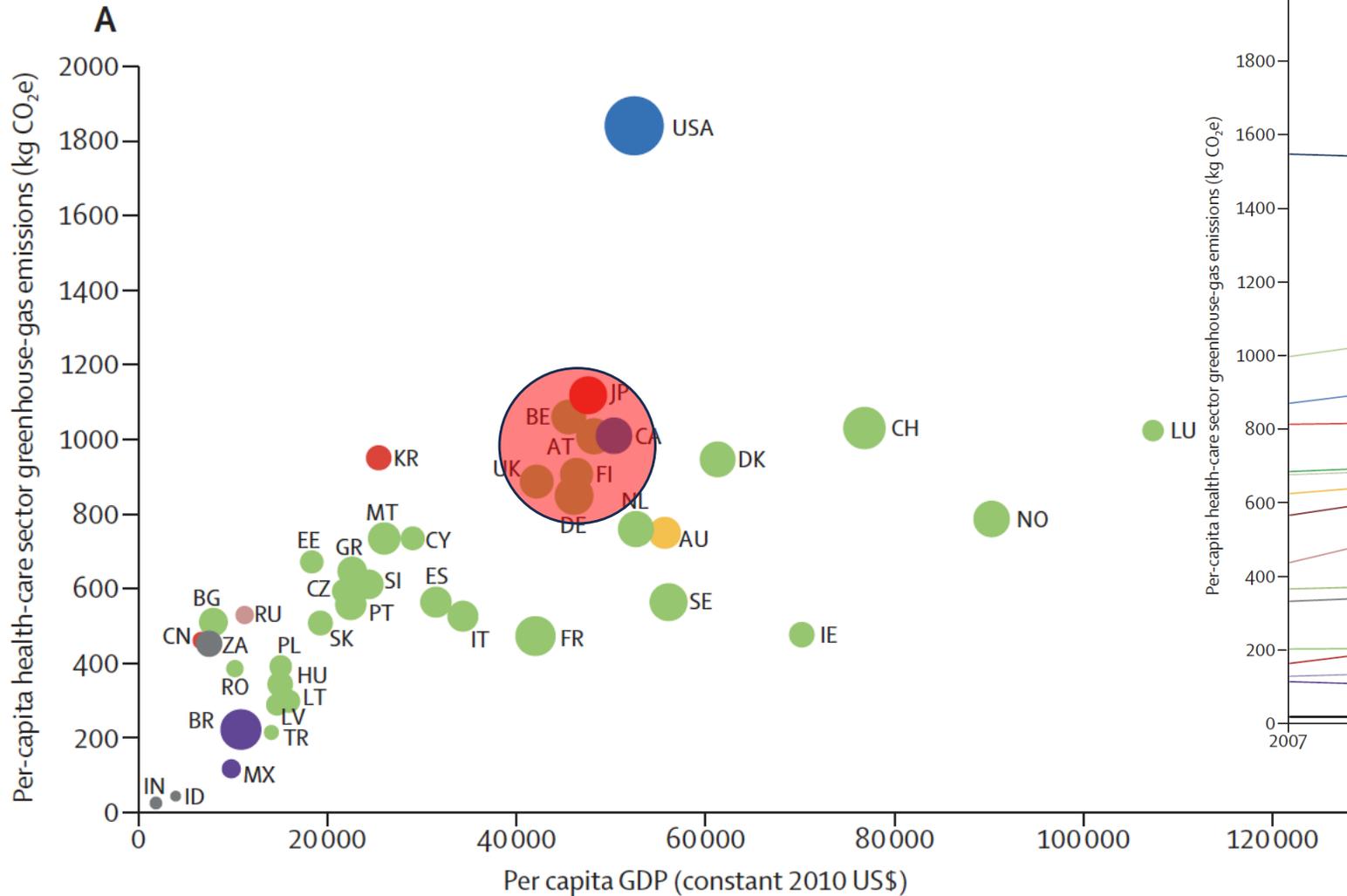
CO₂ Abdruck Gesundheitswesen Österreich

- CO₂ Abdruck im Jahre 2014 6,8 Megatonnen (6,8 Millionen Tonnen), entspricht 7% des nationalen CO₂ Abdruckes
- Krankenhäuser verursachen 1/3 der CO₂ Emissionen (2010: rd. 2,5 Mt*), gefolgt von ambulant konsumierte Arzneimitteln/medizinischen Produkten (rd. 20%) und dem niedergelassenen Versorgungsbereich



CO₂ Abdruck Gesundheitswesen

internationaler Vergleich



Lancet 2019 Nov 16;394(10211):1836-1878

CO₂ Abdruck Operationssäle

	Volume purchased (L/year)			CO ₂ e (kg/year)	
	VGH	UMMC	JRH	VGH	UMMC
Desflurane	535.7	532.8	0	1983073	1
Isoflurane	34.2	176.4	222	26297	
Sevoflurane	132	115.5	217	24907	
Total	..	..	..	2034277	2

	Energy (MWh/year)			CO ₂ e (kg/year)
	VGH	UMMC	JRH	VGH
Heating	2518	2204	6971	514340
Cooling	66	357	1312	1523
Ventilation	449	1062	2045	10317
Lighting*	236	177	313	5423
Plug-loads	113	56	..	2591
Total	3382	3856	10641	534194

CO₂e=CO₂ equivalents. VGH=Vancouver General Hospital. UMMC=University of Minnesota Medical Center. JRH=John Radcliffe Hospital. *At VGH and UMMC, theatre submetering included plug-loads and surgical spot not overhead lighting; overhead lighting is reported separately based on lighting audits; at JRH, all lighting was captured in theatre submetering, hence only one value is reported for both lighting and plug-loads.

Table 2: Annual operating theatre energy requirements and greenhouse gas emissions

	Waste (kg/year*)			CO ₂ e (kg/year)		
	VGH	UMMC	JRH	VGH	UMMC	JRH
Municipal solid waste	111255	105975	83060	438167	423060	327122
Hazardous waste	21933	9374	81121	63028	26938	233122
Reusable textiles	178176	87120	33597	53336	52248	12419
Fluid waste	15526	..	15525	194	..	194
Sharps	1793	1076	9698	4913	2980	44229
Cytotoxic waste	902	598	..	4114	2728	..
Recycling†	30991	10154	4620	85264	26913	11445
Domestic waste	..	..	993	..	..	2327
Transport‡	1855	1818	1404	1421	1393	1727
Total	360576	214297	228615	650436	536260	632574

CO₂e=CO₂ equivalents. VGH=Vancouver General Hospital. UMMC=University of Minnesota Medical Center. JRH=John Radcliffe Hospital. *Except blue wrap (polypropylene) factors used were 1038 kg/tonne for polypropylene; n average plastics, and 12 kg (Natural Resources Canada

Table 3: Annual waste volume

1515763 4344

	VGH	UMMC	JRH
Scope 1	2034277	2129841	211212
Scope 2	534194	1515763	4344150
Scope 3	650436	536260	632574
Total	3218907	4181864	5187936

CO₂e=CO₂ equivalents. VGH=Vancouver General Hospital. UMMC=University of Minnesota Medical Center. JRH=John Radcliffe Hospital.

Table 4: Total annual operating theatre greenhouse gas emissions (kg CO₂e/year)

CO₂ Abdruck OP: Energie und Gasnarkosen

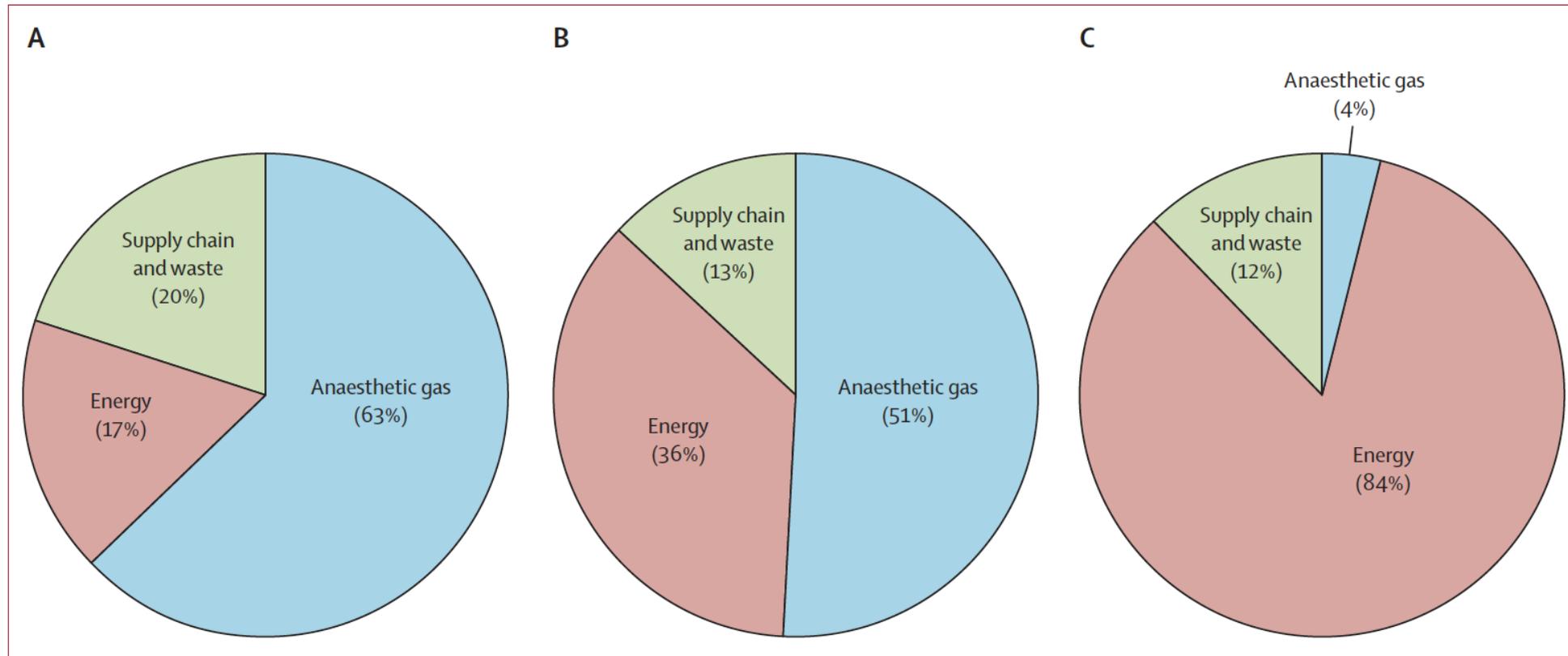


Figure 2: Relative contribution of scopes 1, 2, and 3 to the carbon footprint of operating theatres at (A) Vancouver General Hospital, (B) University of Minnesota Medical Center, and (C) John Radcliffe Hospital

Anaesthetic gas=scope 1. Energy=scope 2. Supply chain and waste=scope 3.

Schritt 1: Verzicht auf Desflurane

(2021)

LKH Feldkirch

Jahr	DES 3,72 kg CO ₂ e / ml	SEV 0,25 kg CO ₂ e / ml	CO ₂ e	Auto-Kilometer 0,15 kg / km
2020	44.000 ml	50.000 ml	176.000 kg	1.200.000 km
2021	10.000 ml	50.000 ml	50.000 kg	330.000 km
2022	-	46.000 ml	11.500 kg	80.000 km
2023		31.000 ml	8.000 kg	55.000 km

168.000 kg CO₂e Einsparung (-94%)

2020 vs. 2023

Narkosegase sind für ca. 5% des CO₂ Abdruckes des englischen Gesundheitssystemes (NHS) verantwortlich (jährlich 470 Kt CO₂e). ¼ davon stammt von volatilen Anästhetika (Desflurane, Sevoflurane, Isoflurane), ¾ von Lachgas.

<https://www.rcoa.ac.uk/about-us/strategy-vision/environment-sustainability> accessed 29-04-2024

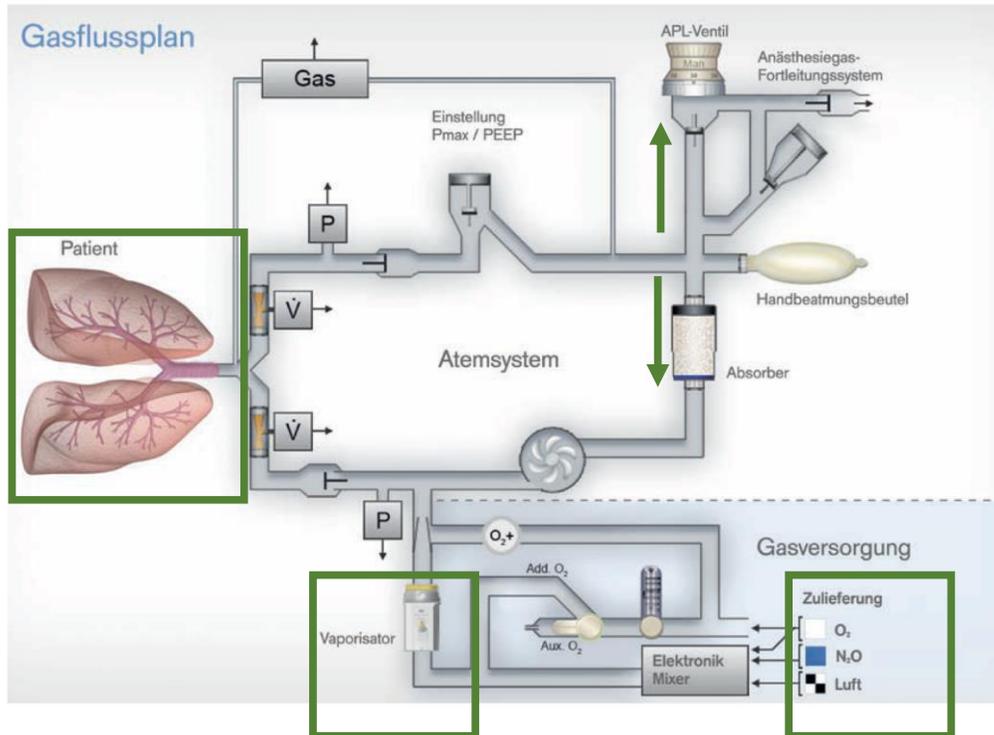
In Österreich 2015 ca. 21 kT (ca. 1% des CO₂ Abdruckes der Krankenhäuser = 2500 kT)

HealthFootprint_PublizierbarerEndbericht_2019-revFeb2020_final.docx

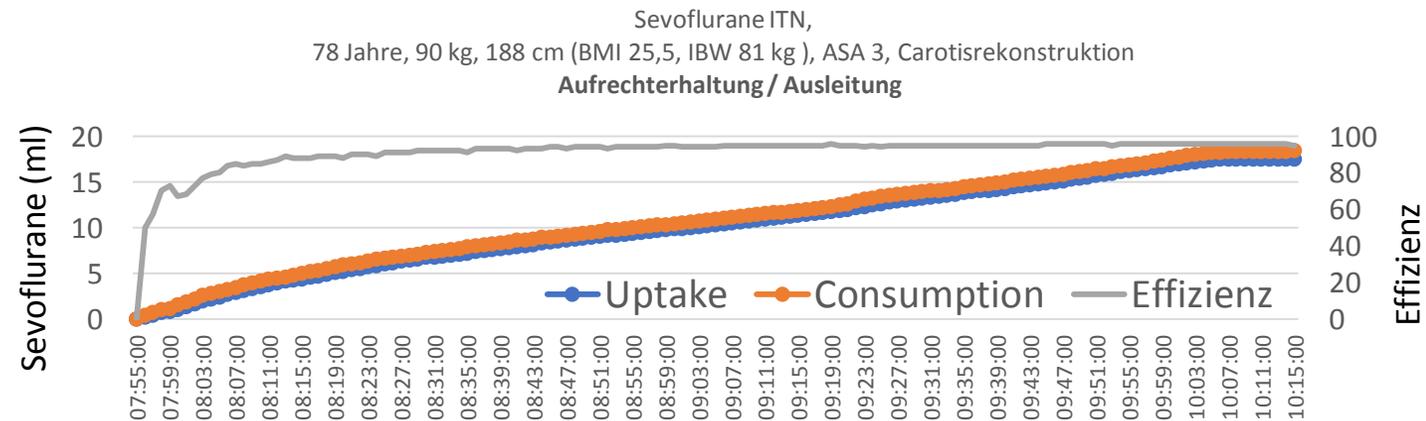


Schritt 2: Effiziente Gasnarkoseführung (2021)

„Überschussgas minimieren“ - Schulung



Daten LKH Feldkirch 2023: Verbrauch vs. Uptake = Effizienz: 79% (OP Säle 1-12)

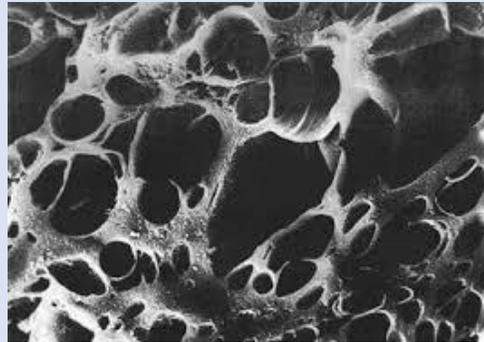


FG Flow (l/min)	0,3	0,25	0,9	15
-----------------	-----	------	-----	----

Schritt 3: Narkosegasrückfilterung (2022)

Der Narkoserestgasfilter CONTRAfluran ist ein mit Aktivkohle gefüllter Behälter, der an das Narkosegerät angeschlossen werden kann

Füllmaterial: spezielle Aktivkohle mit hoher Beladungskapazität



Poröse Oberfläche

➔ Kapazität liegt > 400 g (1 Flasche Desfluran / Sevofluran)
Effizienz der Aufnahme >99%



gestern:

Inhalative Anästhetika (IA) gehen mittels Absaugung (AGFS) über das Dach in die Atmosphäre



heute:

Inhalative Anästhetika werden **gesammelt*** und **wiedergewonnen**



*gilt auch für Veterinärmedizin

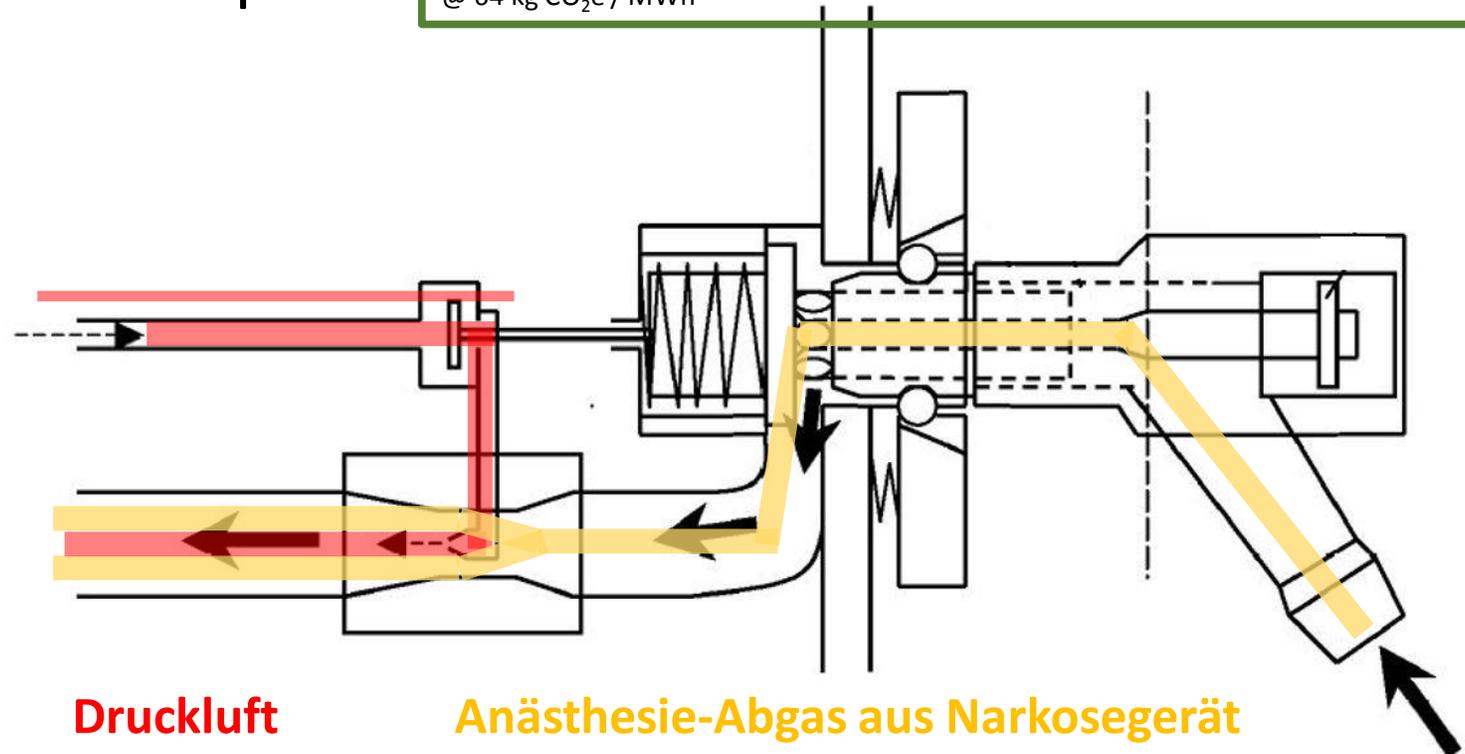
Schritt 4: AGFS abschalten (2022)

Anästhesie-Gas Fortleitungs-System Druckluftbetrieb, Ejektor-Prinzip

5.000 Liter Druckluft/Tag im Zentral Op LKHF
60.000 kWh elektr. Energie im Zentral OP LKHF/Jahr

3.800 kg CO₂e Einsparung/Jahr

@ 64 kg CO₂e / MWh



Druckluft

Anästhesie-Abgas aus Narkosegerät

Verzicht auf Gasnarkosen?

Forcierung von TIVA (total intravenous anesthesia)

Table 2
Scenarios for IAG consumption per MAC-h.

	Fresh gas flow (L/min)	% Gas flow O ₂ /N ₂ O	% MAC-h from agent/N ₂ O	N ₂ O used per MAC-h (g) †	Drugs	Agent used per MAC-h (g) <small>Pierce and Taylor, 2020</small>
Scenario I						
(1)	1	40/60	37/63	66.06	Sevoflurane (UK)	4.16
(2)	1				Isoflurane	2.07
(3)	1				Desflurane	11.16
(4)	2			132.11	Sevoflurane (US)	8.32
Scenario II						
(5)	1	100/0	100/0	0	Sevoflurane (UK)	11.25
(6)	1				Isoflurane	5.60
(7)	1				Desflurane	30.16
(8)	2				Sevoflurane (US)	22.49
Scenario III						
(9)	0.5				Sevoflurane (UK)	5.62
(10)	0.5	100/0	100/0	0	Isoflurane	2.80
(11)	0.5				Desflurane	15.08

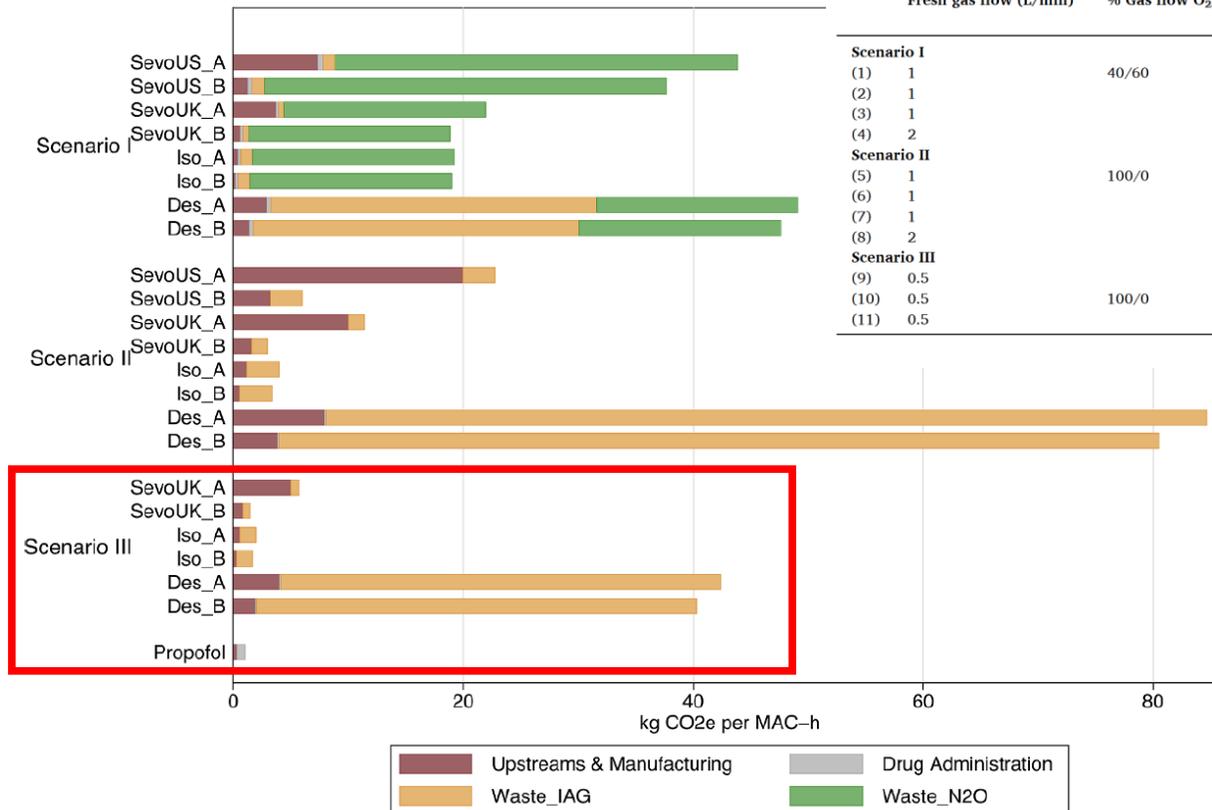


Fig. 2. Carbon Footprint of IAGs per MAC-h by Clinical Scenarios.

Pro Verzicht:

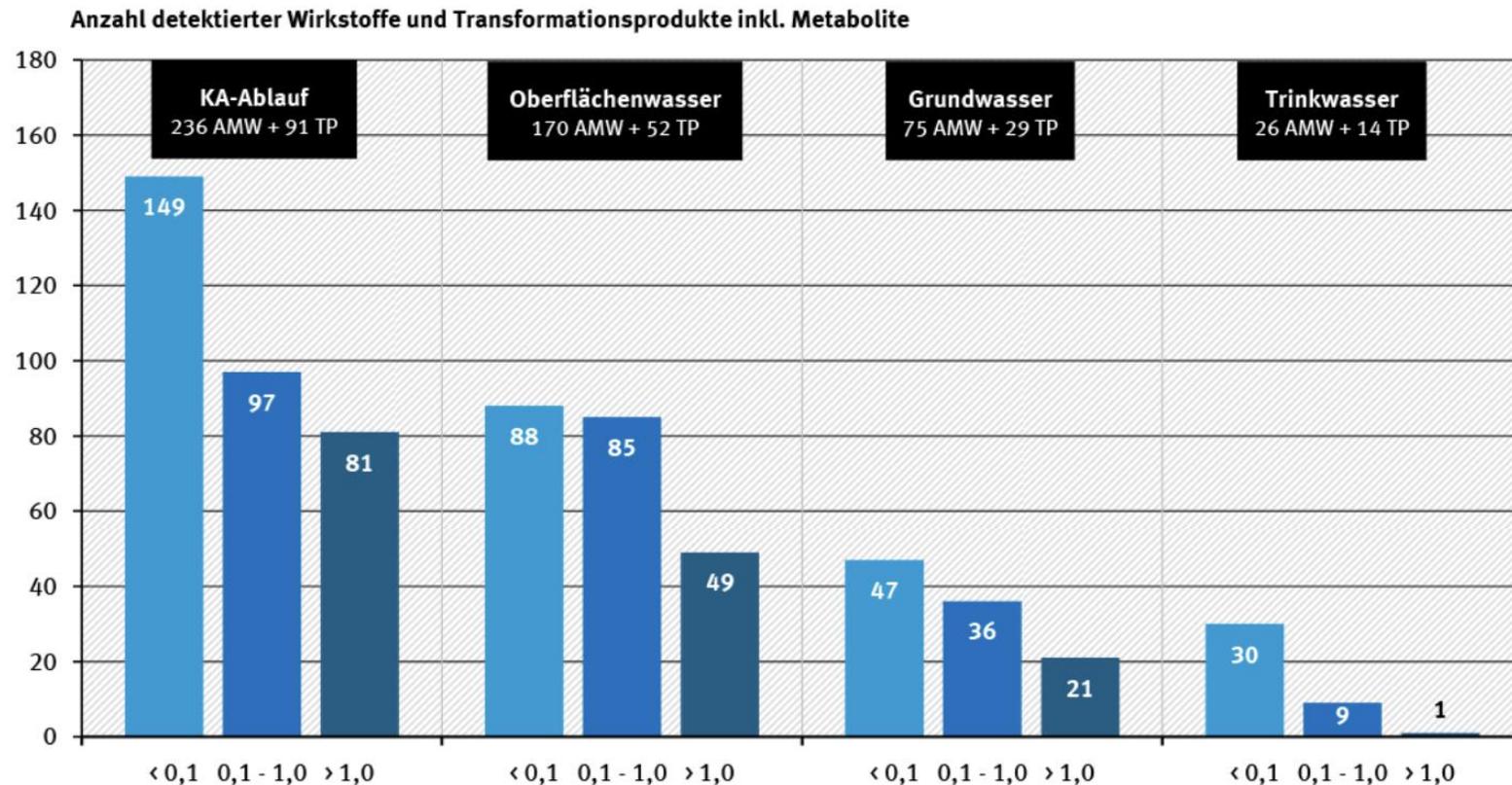
CO₂ Abdruck bei üblicher Anwendung deutlich geringer

Con Verzicht:

offene Fragen zur Medikamentenbelastung im Abwasser

Medikamentenrückstände (Abwasser, Grundwasser, Trinkwasser)

Anzahl der gemessenen Arzneimittelwirkstoffe (AMW) inkl. Transformationsprodukte + Metabolite (TP) mit Positivbefund in Kläranlagenabläufen (KA), Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser
Dargestellt nach Konzentrationsklassen der höchsten gemessenen Konzentration



Anzahl der gemessenen Arzneimittelwirkstoffe (AMW) ... in Kläranlagenabläufen (KA) ... Maximal nachgewiesene Umweltkonzentration in Mikrogramm pro Liter

ÖGARI - Plattform Nachhaltigkeit



- seit Herbst 2022
- Projekte zum Thema Nachhaltigkeit
 - z.B. Umgang mit Medikamenten-Resten (Propofol)
- Vernetzung und Erfahrungsaustausch
- Etablierung von Fachstandards und Handlungsempfehlungen
- FAQ's, Literatur und Links

www.oegari.at → Bereiche → Plattform
Nachhaltigkeit in Anästhesie und Intensivmedizin



Energieverbraucher abschalten



Monitore

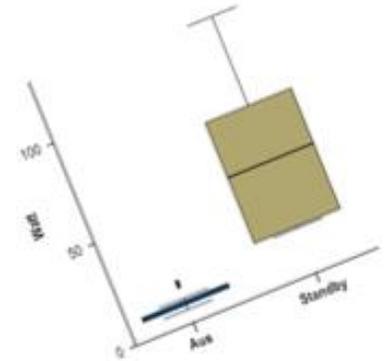
Modus	Jahr
EIN nur bei Betrieb *	79 kWh
Immer EIN	331 kWh
Einspar- Potenzial	252 kWh

7-15 Uhr, GE Healthcare (auf Anfrage): CARESCAPE Canvas and Bi50 Power Consumption
- Energy Usage DOC2742033



Anästhesiegeräte

Modus	1 Arbeitsplatz
Standby	369 kWh ± 205 kWh
OFF	68 kWh ± 26 kWh
Einspar- Potenzial	301 kWh



Anselm F. Schück MA: The energy-saving potential of medical devices—anesthesia machines as an example
Deutsch Arztebl Int 2022; 119: 745-4 DOI: 10.3238/arztebl.m2022.0279

Einspareffekt pro AN Arbeitsplatz: 533 kWh / Jahr

Relationen herstellen

ABER: jeder Schritt zählt (in einer globalisierten Welt)

Gesundheitswesen:

- Narkosegase Österreich: **ca. 21 kT CO₂e / Jahr (2015)**
- **Treibhausgas**haltige Dosierinhalatoren (Druckgas-Dosierinhalatoren; „pressurized metered- dose inhalers“. Die THG Emissionen haben sich von 2005 bis 2015 verdoppelt: **26 kT CO₂e / Jahr**
- Medizinische Handschuhe: 450 Millionen verwendete Einzelstücke (Durchschnitt der Jahre 2008-2015 in Ö): THG-Intensität von Latex- und Nitrilhandschuhen (97% aller verwendeten medizinischen Handschuhe), beträgt 3,3 g CO₂eq/g für Latexhandschuhe und 11,7 g CO₂eq/g für Nitrilhandschuhe. Die THG-Emissionen betragen **11 kT CO₂e/ Jahr** (Durchschnitt der Jahre 2008-2015, alle österreichischen Krankenhäuser)

HealthFootprint_ PublizierbarerEndbericht_2019-revFeb2020_final.docx

Kryptowährungen:

- Auf das Jahr gerechnet, verursacht das Netzwerk der Kryptowährungen aktuell **90,93 Megatonnen CO₂e**, geht aus einer Auswertung des Kryptoportals Digiconomist hervor. Bitcoin hat derzeit einen größeren CO₂-Abdruck als Österreich und gar einen doppelt so großen wie die Schweiz (*diePresse*, 13.4.24)

Krieg:

- Ukrainekrieg: erste 12 Monate: **119 Megatonnen CO₂e** (Schätzung, Lennard de Klerk, niederländischer Klimaforscher)

Danke für ihre Aufmerksamkeit!
Danke an das gesamte Team
der Abteilung!

