

Ökologische Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie



Priv. Doz. Dr. med. Susanne Koch

Fachärztin für Anästhesiologie &
Fachärztin für Neurologie
Froum für Nachhaltigkeit DGAI / BDA
Sustainability Committee ESAIC
Klinik für Anästhesiologie mit Schwerpunkt
operative Intensivmedizin
Charité – Universitätsmedizin Berlin

Die Beatmungsparameter unserer Erde auf dem Wege zur malignen Hyperthermie



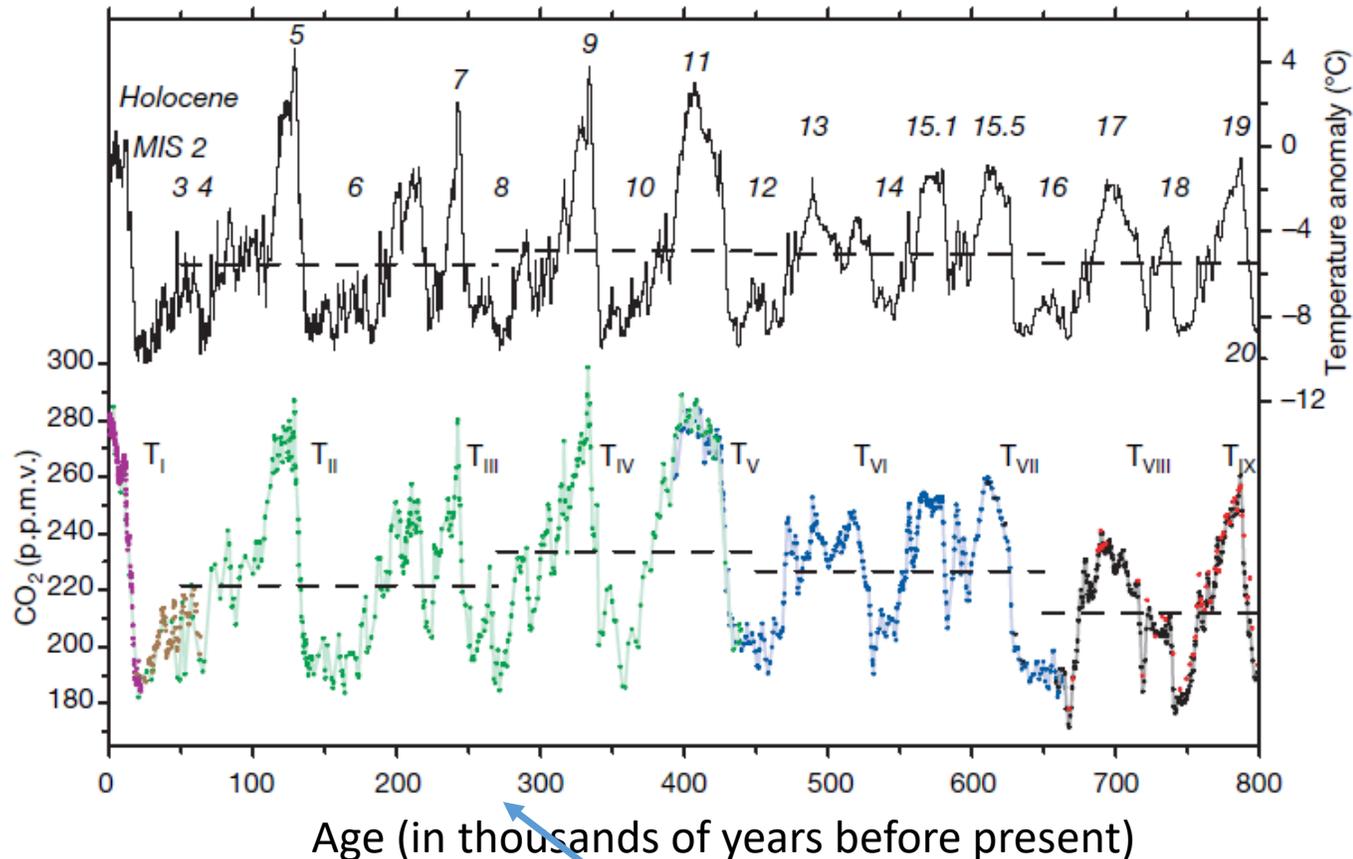
- Intraoperative Beatmungsparameter
-> physiologisch CO₂ 35 – 45mmHg

- **Maligne Hyperthermie**
- Triggersubstanzen sind inhalative Anästhetika
- deutlicher CO₂ Anstieg
- Deutlicher Temperaturanstieg
- Mortalität unbehandelt bei 70-80%

- Stopp der Anästhetikagabe
- Medikament: Dantrolen
- Mortalität bei 5-10%



Die Beatmungsparameter unserer Erde auf dem Wege zur malignen Hyperthermie



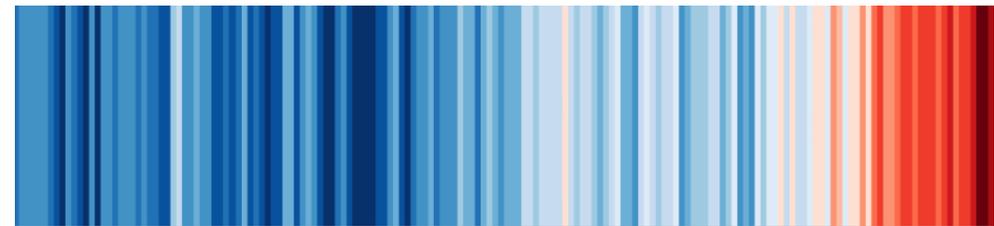
Petit, Nature 1999
Lüthi, Nature 2008

Homo sapiens

- Physiologische CO₂ -Werte der Erde der letzten 800.000 Jahre

180 – 280 ppm

aktuell 418 ppm
aktuell +1,2° C



World Scientists' Warning of a Climate Emergency 2021

WILLIAM J. RIPPLE, CHRISTOPHER WOLF, THOMAS M. NEWSOME, JILLIAN W. GREGG, TIMOTHY M. LENTON, IGNACIO PALOMO, JASPER A. J. EIKELBOOM, BEVERLY E. LAW, SALEEMUL HUQ, PHILIP B. DUFFY, AND JOHAN ROCKSTRÖM

- (1) eliminating fossil fuels and shifting to renewables
- (2) eliminate short lived air pollutants: methane, hydrofluorocarbons
- (3) restoring and protecting ecosystems to accumulate carbon
- (4) plant-based diets, reduce food waste, improving cropping practice
- (5) moving from GDP to an ecological, circular economy
- (6) stabilize population by educating / supporting girls & young women

Ripple, BioScience 2021

World Scientists' Warning of a Climate Emergency 2021

WILLIAM J. RIPPLE, CHRISTOPHER WOLF, THOMAS M. NEWSOME, JILLIAN W. GREGG, TIMOTHY M. LENTON, IGNACIO PALOMO, JASPER A. J. EIKELBOOM, BEVERLY E. LAW, SALEEMUL HUQ, PHILIP B. DUFFY, AND JOHAN ROCKSTRÖM

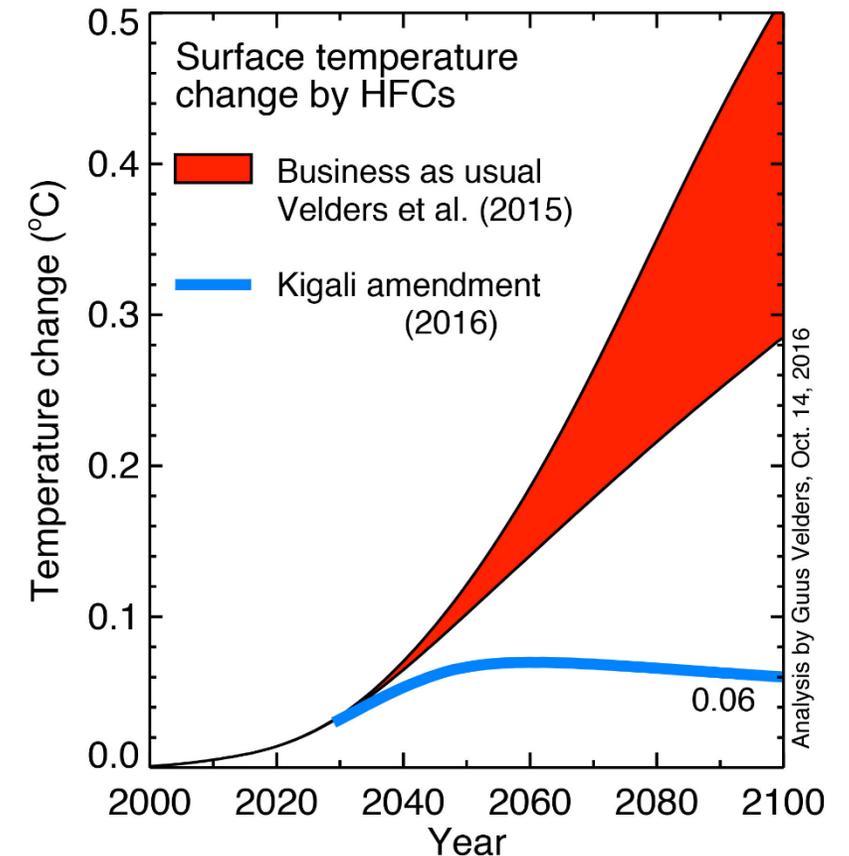
- (1) eliminating fossil fuels and shifting to renewables
- (2) **Eliminate short lived air pollutants: methane, hydrofluorocarbons**
- (3) restoring and protecting ecosystems to accumulate carbon
- (4) plant-based diets, reduce food waste, improving cropping practice
- (5) moving from GDP to an ecological, circular economy
- (6) stabilize population by educating / supporting girls & young women

Ripple, BioScience 2021

Kigali Vereinbarung – weltweiter Verzicht von HFC



- Reduktion der Erderwärmung um $\sim 0,5^\circ\text{C}$
- Anästhesiegase sind nicht eingeschlossen



HFC = Hydrofluorkohlenstoffe

Velders, Atmospheric Environment 2015

Inhalative Anästhetika sind hoch potente Treibhausgase

	Kohlendioxid CO ₂	Methan CH ₄	Lachgas N ₂ O	FKW / FCKW
Atmosphäre [ppm]	418	1,85	0,33	<0,01
~ 1750 [ppm]	280	0,75	0,27	0
Global warming potential GWP ₁₀₀	1	21	310	210 Sevo 510 Iso 1620 Des
Lebensdauer (Jahre)	5-200	12	114	1.1 Sevo 3.2 Iso 14 Des
Treibhauseffekt (%)	74%	16%	6%	0.01%

FKW = Sevofluran, Desfluran

FCKW = Isofluran

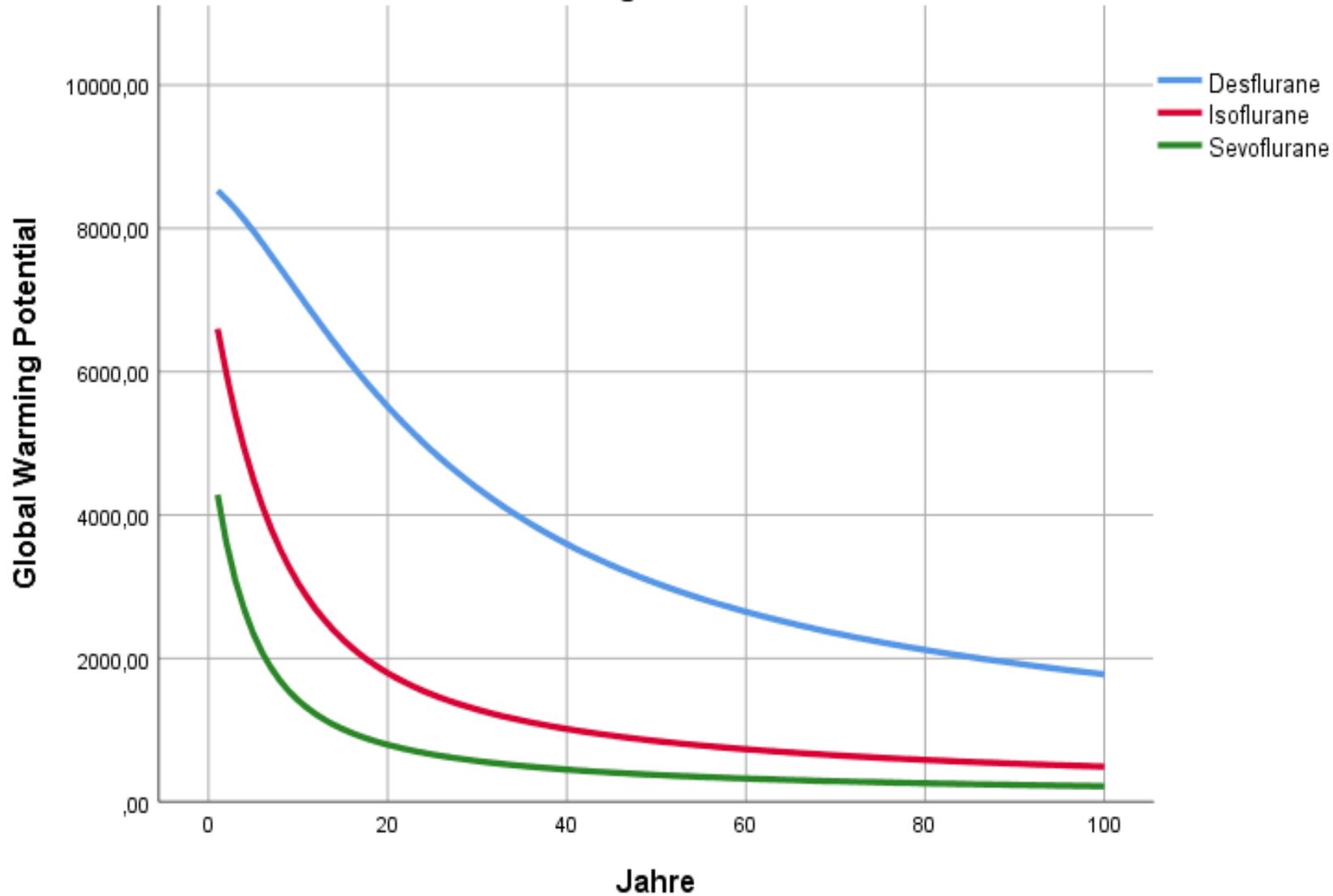
Umweltbundesamt, Inventarerhebung fluorierter Treibhausgase 2015

Quaschnig, Erneuerbare Energien und Klimaschutz 2018

Sulbaek Andersen, BJA 2010

Campell, BJA 2015

"Global Warming Potential" für einzelne Anästhetika

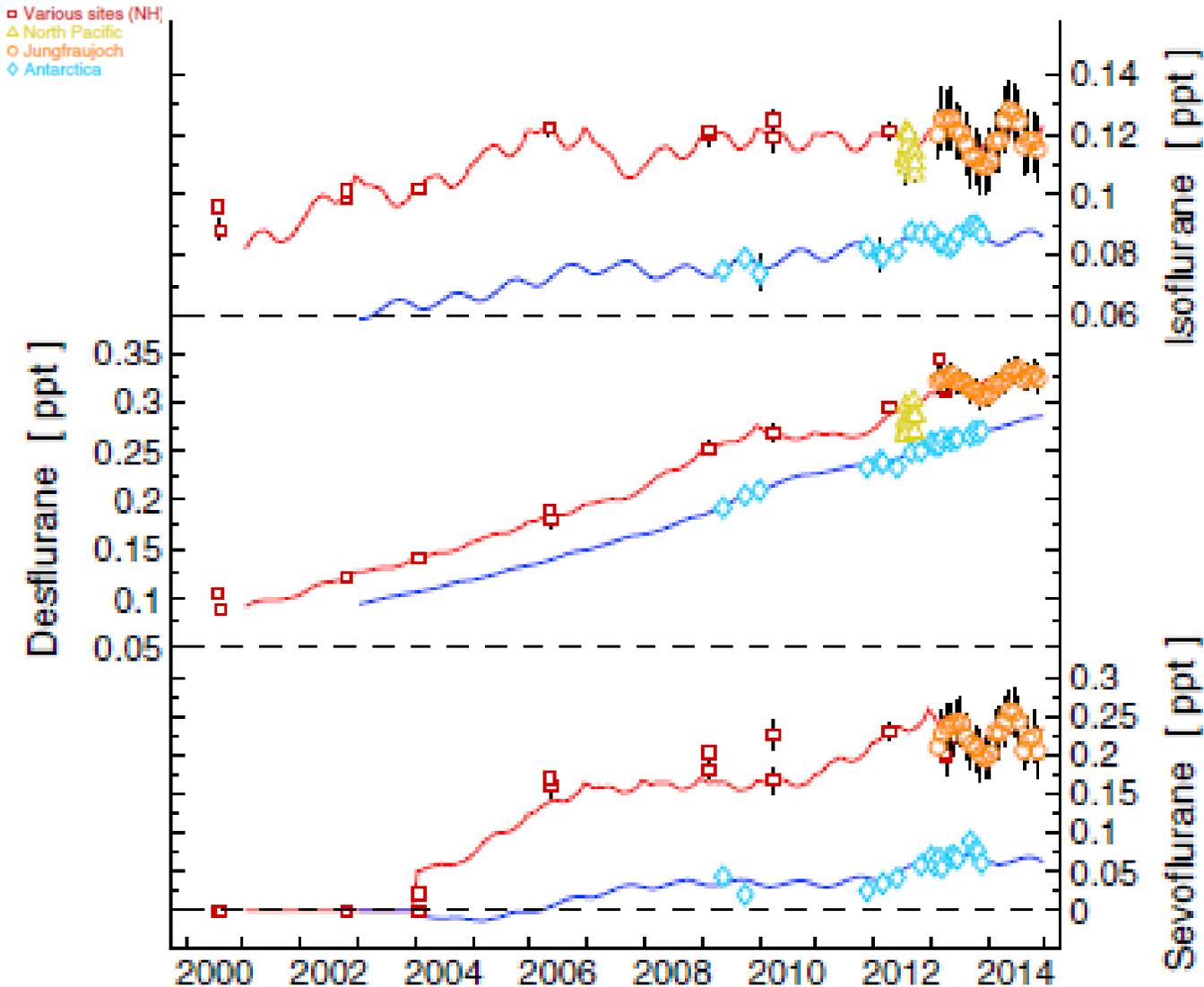


GWP₁

- Desfluran 8.526
- Isofluran 6.600
- Sevofluran 4.284

Koch, Özelsel, AINS 2020

Globaler Anstieg von Anästhesiegasen in der Atmosphäre



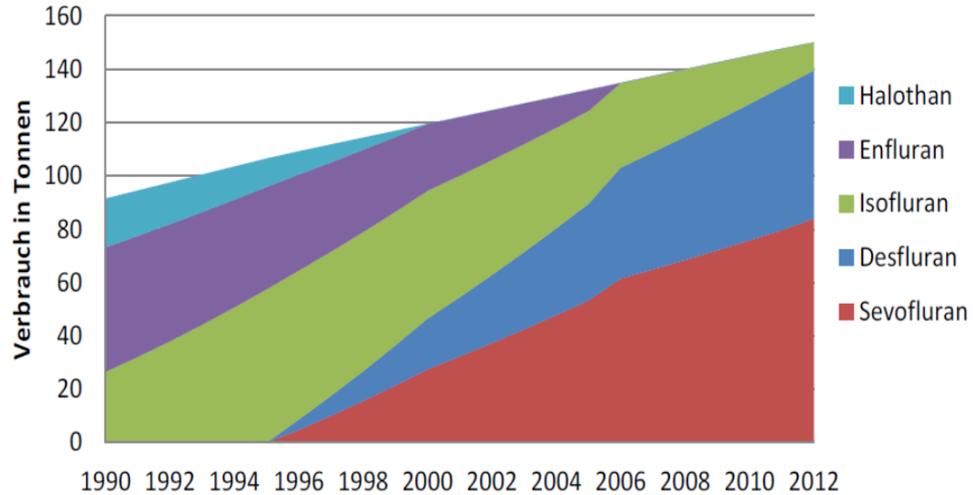
- deutlicher Anstieg inhalativer Anästhetika weltweit von 2000 bis 2014
- weltweit lag $\text{CO}_{2\text{-eq}}$ bei 3 mt 2014 (80% verursacht von Desfluran)

Velders, Atmospheric Environment 2015

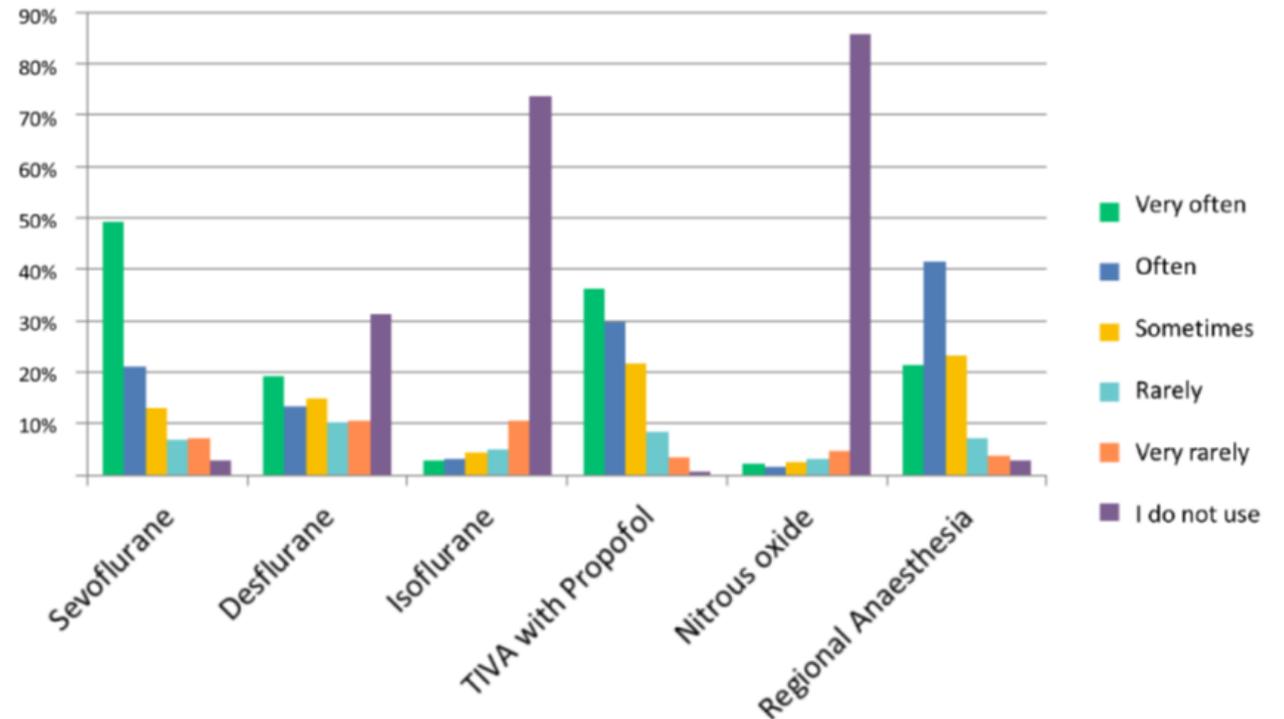
Vollmer, Geophysical Research Letters 2015

Gschrey, Implementierung der IPCC Guidelines UBA 2013

Nutzung von Narkosegasen in Deutschland



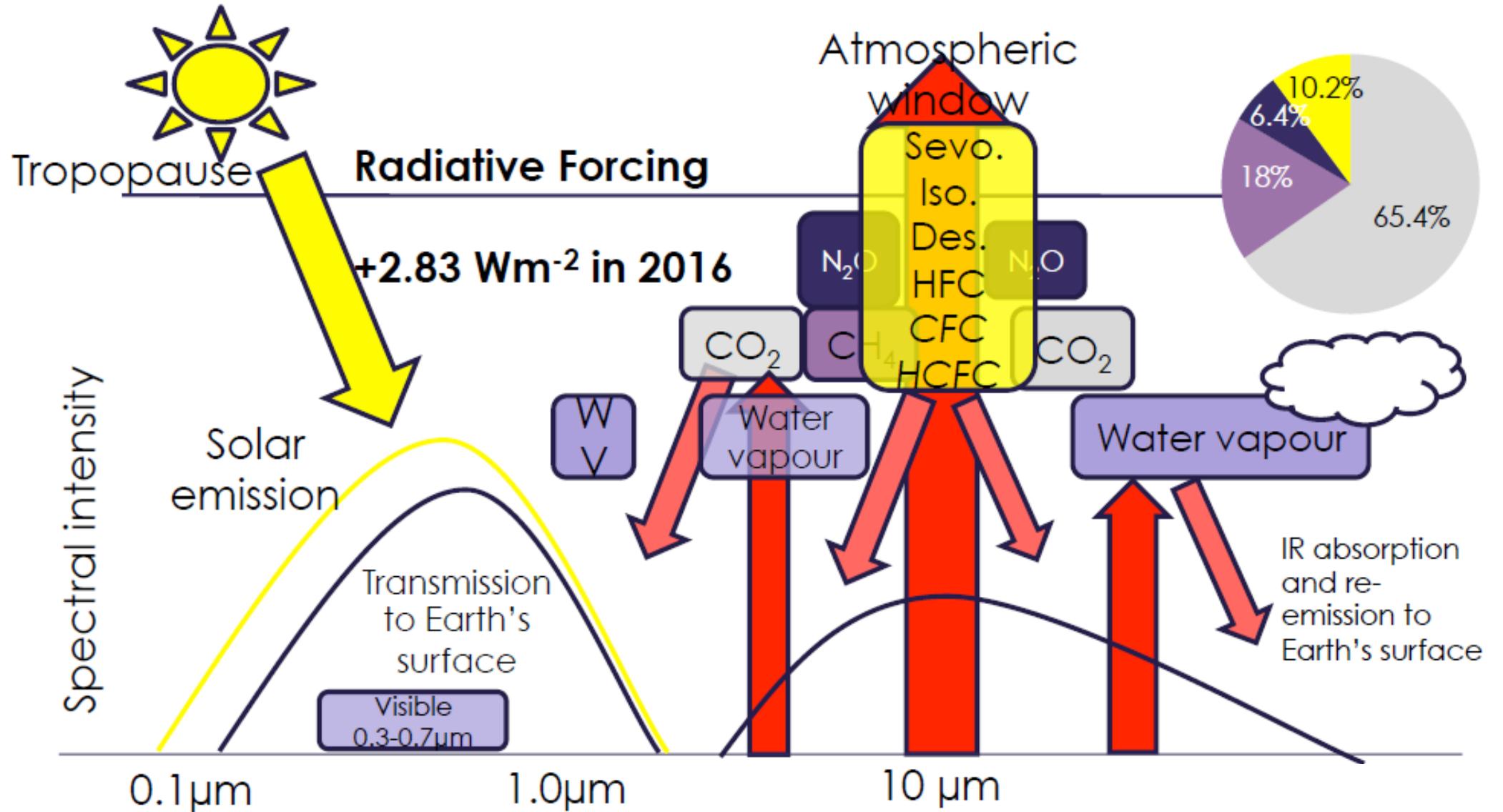
- Entspricht ~ 2% des CO₂ Fußabdrucks des Gesundheitssystems



- Sevofluran > Propfol > Regional Anästhesie > Desfluran

UBA, Inventarerhebung fluorierter Treibhausgase 2015
Koch, EJA 2022

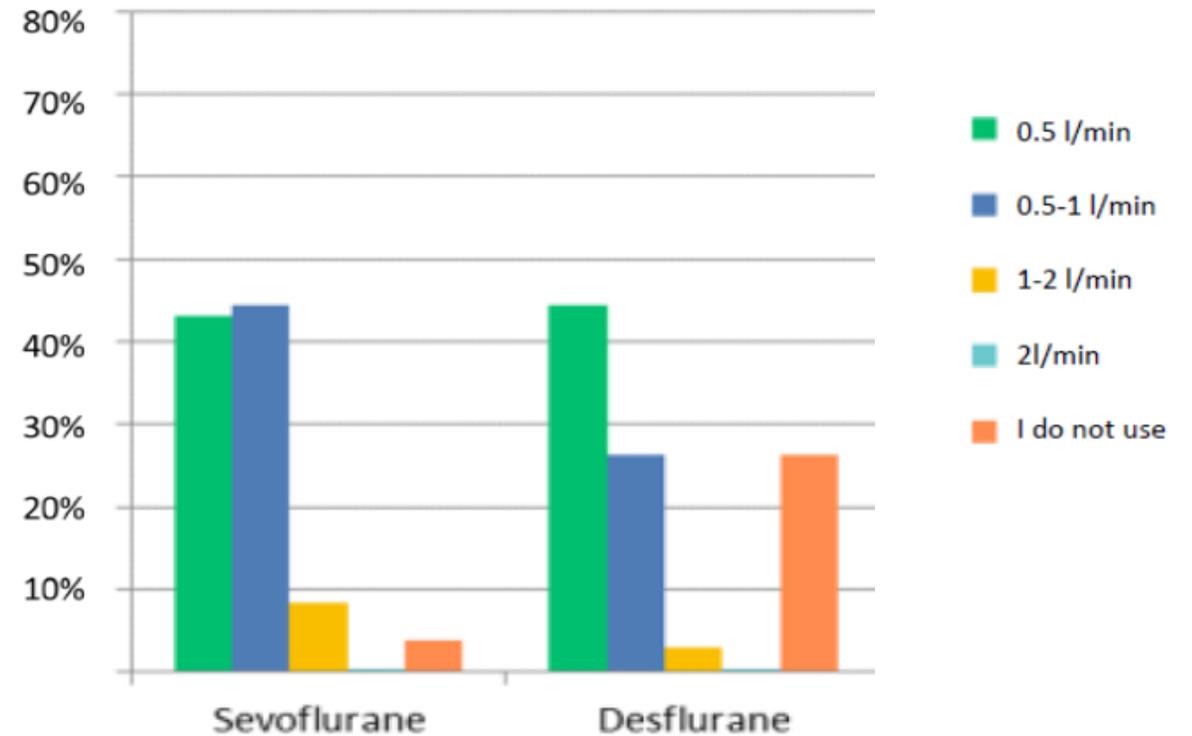
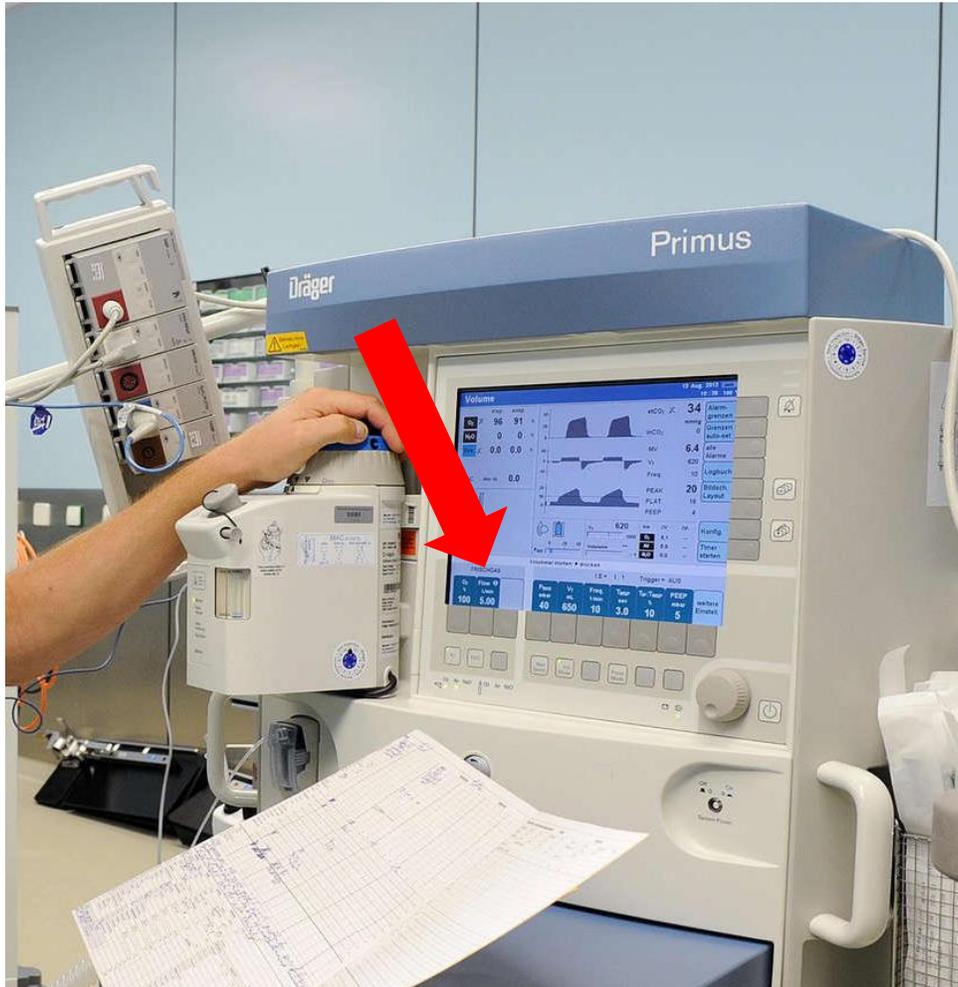
Wellenlänge der abstrahlenden Infrarot Wellen



Campell, BJA 2015

Frischgasfluss

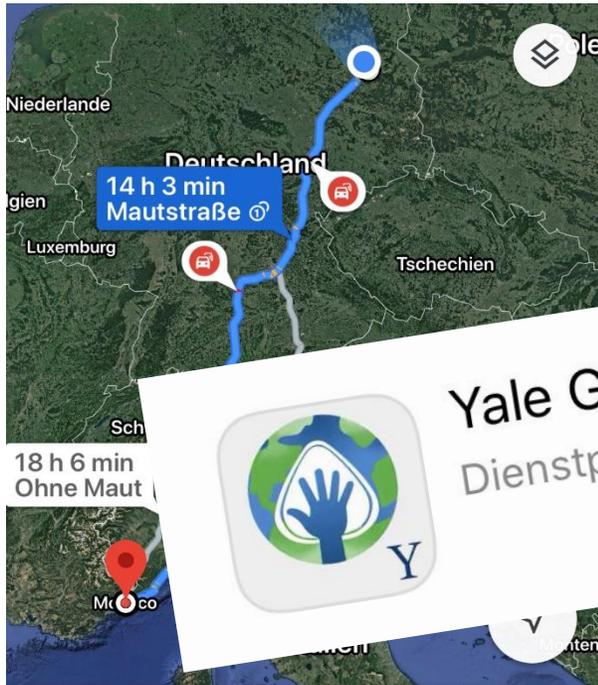
- Zufuhr von Sauerstoff / Luft in l/min einstellbar



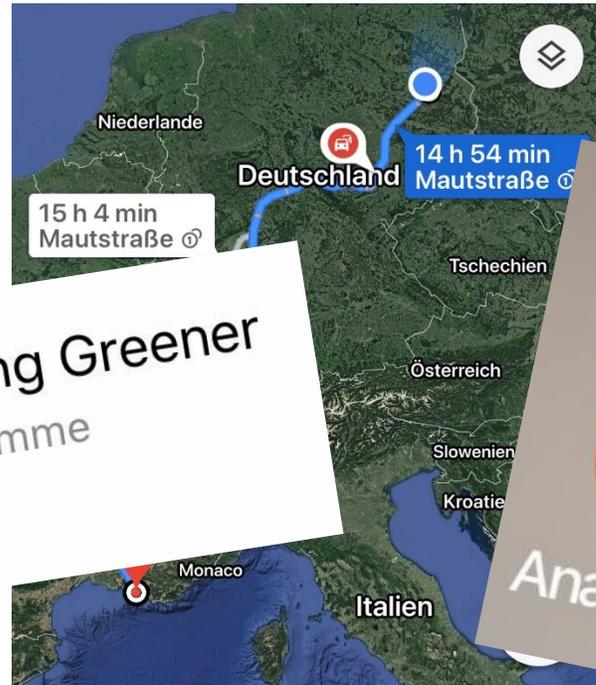
- Low flow / minimal flow nutzen > 85% der AnästhesistInnen
- 95% - 99% des Anästhetika werden nicht verstoffwechselt, sondern unverändert wieder abgeatmet

Koch, EJA 2022

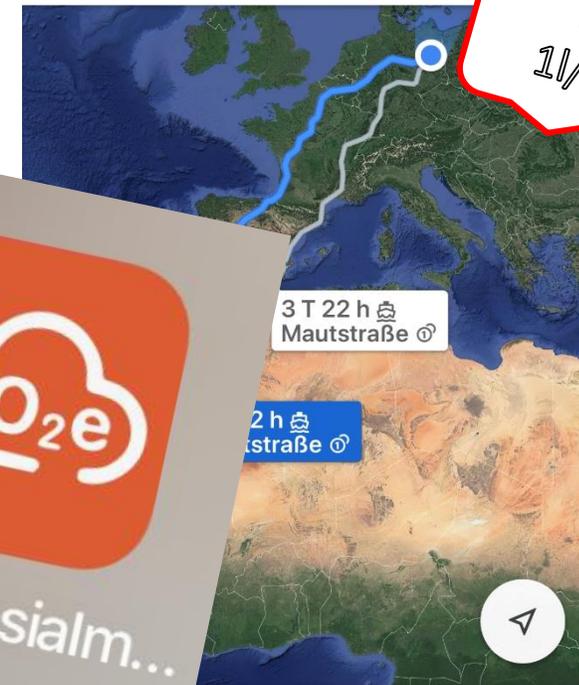
...7h Narkose entspricht einer Autofahrt von Berlin nach



Monaco = Isofluran



Marseille = Sevofluran



Monrovia = Desfluran

1 MAC & 1l/min FGF

Yale Gassing Greener Dienstprogramme

Anaesthesiam...

Agent*	0.5 L·min ⁻¹ FGF	1 L·min ⁻¹ FGF	2 L·min ⁻¹ FGF
Sevoflurane 2%	783 km	1,566 km	3,132 km
Isoflurane 1.2 %	667 km	1,334 km	2,668 km
Desflurane 6%	3,924 km	7,849 km	15,698 km

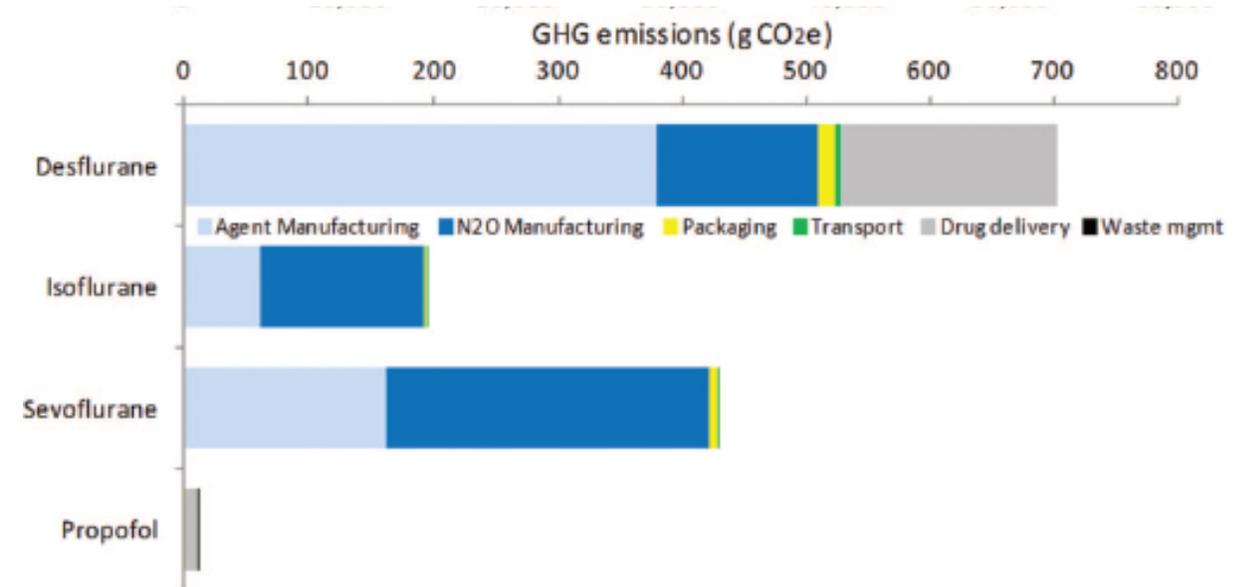
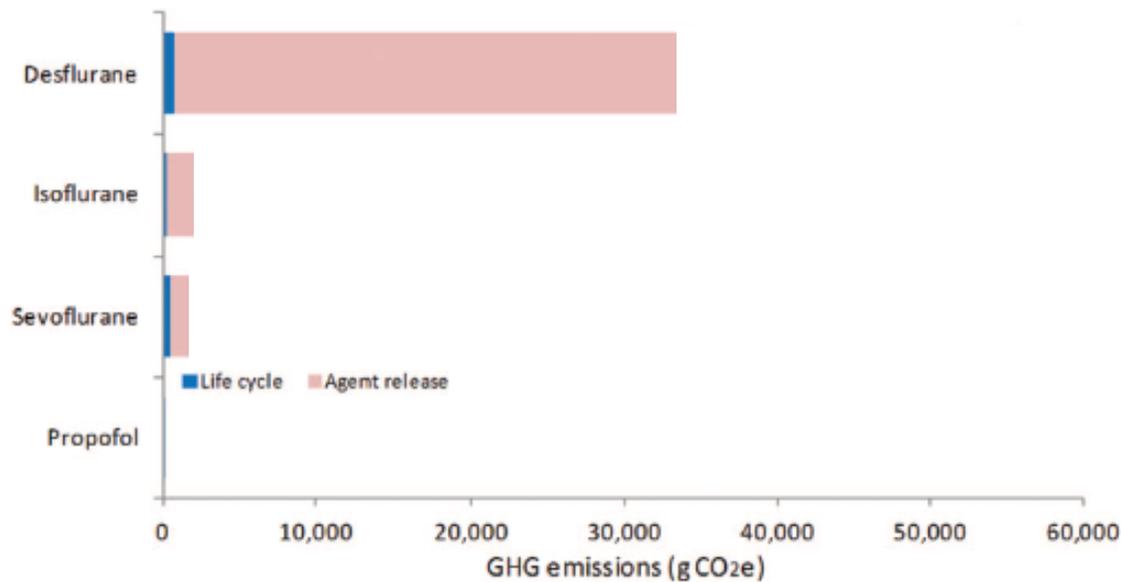
Özelsel, Can J Anesth 2019

Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Anesthetic Drugs

Sherman, Anesth Analg 2012

Jodi Sherman, MD,* Cathy Le,† Vanessa Lamers,†‡ and Matthew Eckelman, PhD§

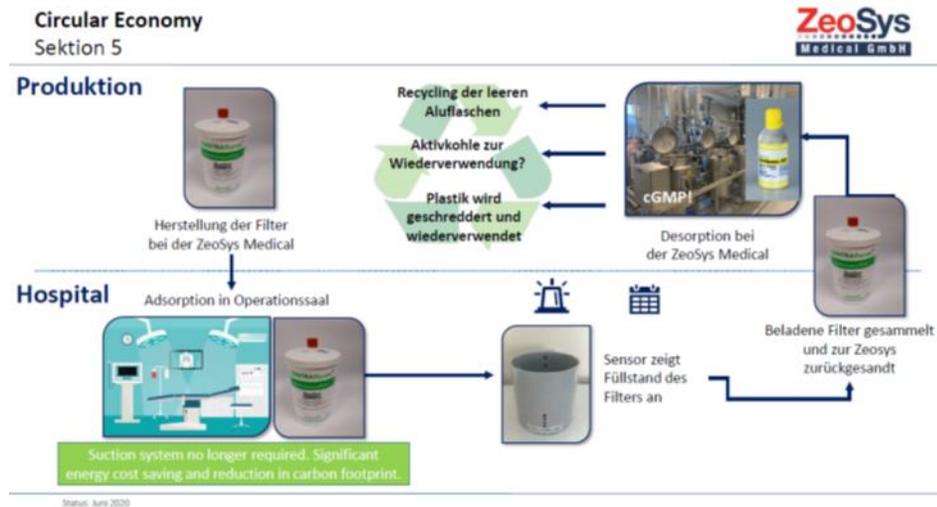
Methode: „Cradle-to-grave“ Ansatz (Ressourcen, Herstellung, Transport, Verabreichung, Abfallbeseitigung, Greenhouse Gas Emissionen)



- Treibhausgas Emission und Life cycle Emission am höchsten für Desfluran
- Life cycle Emissionen vernachlässigbar für Propofol (50% Verwurf einberechnet!)

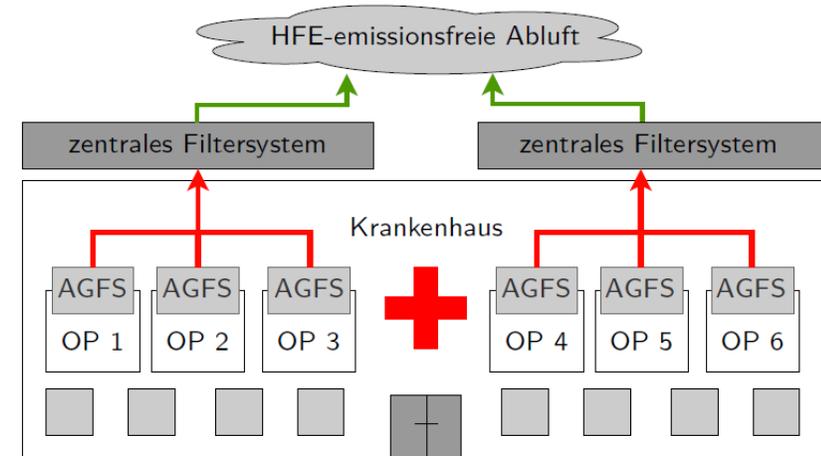
Anästhesigas Recycling Lösungen

Geräteseitige Lösung



- Anästhesiegas Fortleitungssystem (AGFS) nicht mehr notwendig
- nicht kompatibel mit Dräger Perseus
- logistischer Aufwand

Zentrale Lösung



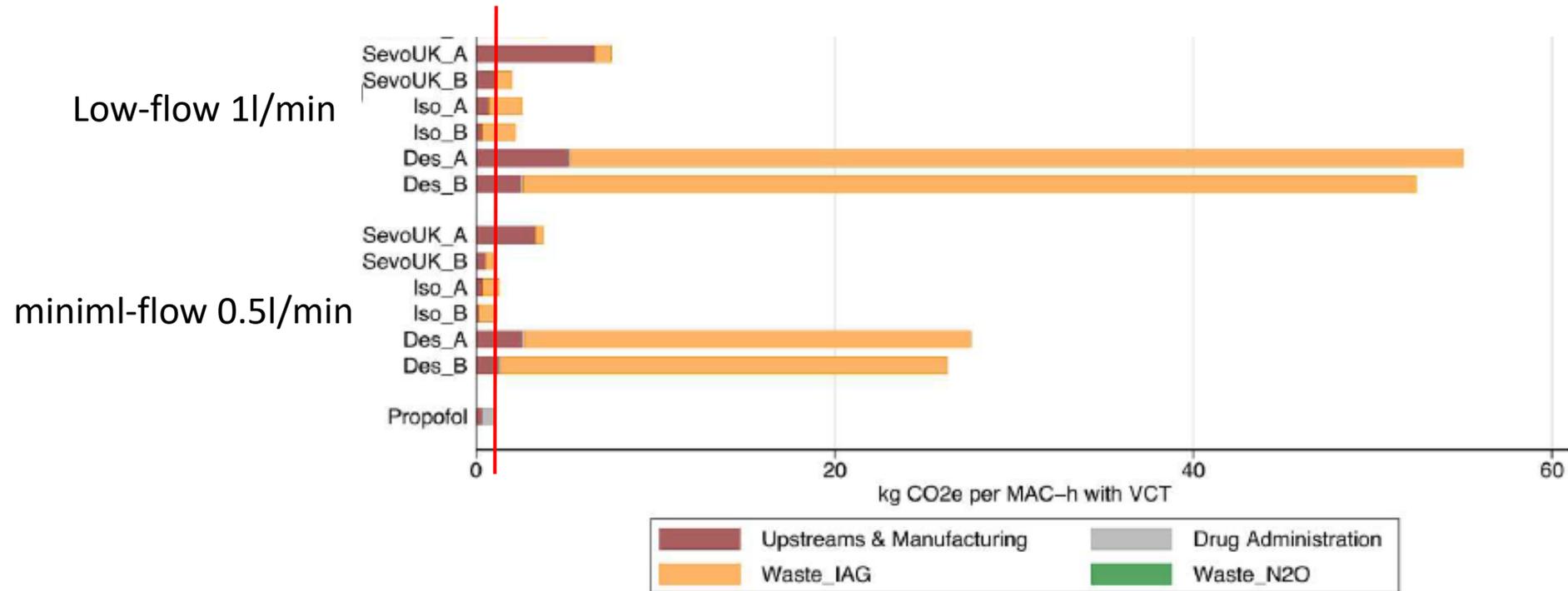
Zeosys
ENERGY GmbH

EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

pneumatik berlin
medical systems

- In der Pilotphase
- Wartung wird durch Firma abgedeckt
- mit allen Beatmungsgeräten kompatibel

CO₂ Fussabdruck mit Anästhesiegas Recycling



- Minimal flow & Anästhesiegas Recycling -> Desfluran weiterhin den höchsten CO₂ Fußabdruck
- Minimal Flow, Anästhesiegas Recycling & günstige Herstellung (B) -> Sevofluran erreicht den CO₂ Fußabdruck von Propofol

Hu, Resources, Conservation & Recycling 2021

World Scientists' Warning of a Climate Emergency 2021

WILLIAM J. RIPPLE, CHRISTOPHER WOLF, THOMAS M. NEWSOME, JILLIAN W. GREGG, TIMOTHY M. LENTON, IGNACIO PALOMO, JASPER A. J. EIKELBOOM, BEVERLY E. LAW, SALEEMUL HUQ, PHILIP B. DUFFY, AND JOHAN ROCKSTRÖM

- (1) eliminating fossil fuels and shifting to renewables
- (2) eliminate short lived air pollutants: methane, hydrofluorocarbons
- (3) restoring and protecting ecosystems to accumulate carbon
- (4) plant-based diets, reduce food waste, improving cropping practice
- (5) moving from GDP to an ecological, circular economy
- (6) stabilize population by educating / supporting girls & young women

Ripple, BioScience 2021

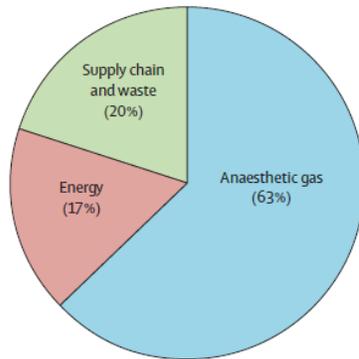
The impact of surgery on global climate: a carbon footprinting study of operating theatres in three health systems

Andrea J MacNeill, Robert Lillywhite, Carl J Brown

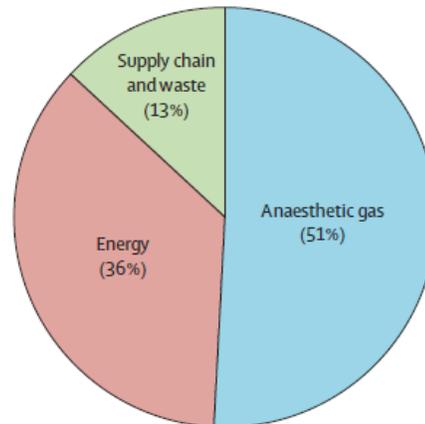
MacNeill, Lancet Planet Health 2017

- Anästhesiegase: 10fache Reduktion kein Desfluran
- Energiesektor: 8fache Reduktion erneuerbare Energien und 3fache Reduktion Energiesparmaßnahmen

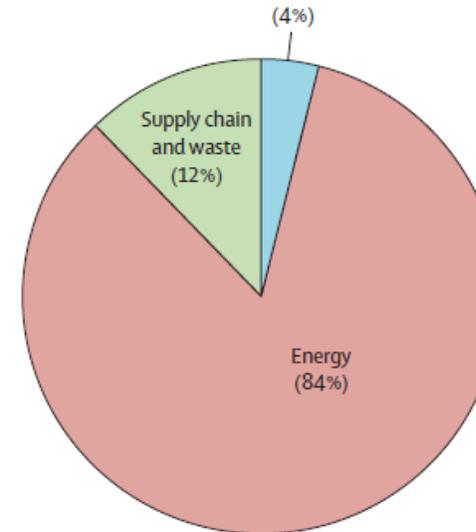
Vancouver



Minnesota



UK John R Hopkins



- Abfallmanagement: keine deutlichen Unterschiede

Optimal



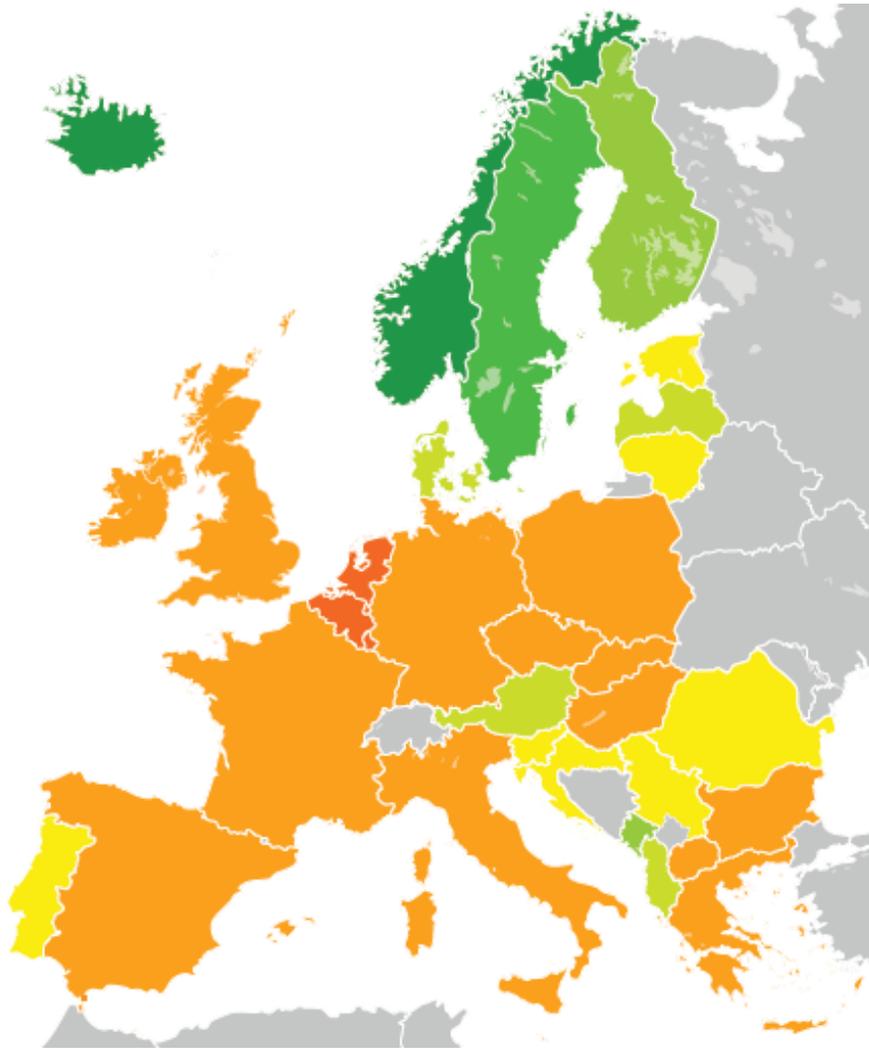
1.281.000

Total CO₂-eq: 3.218.907

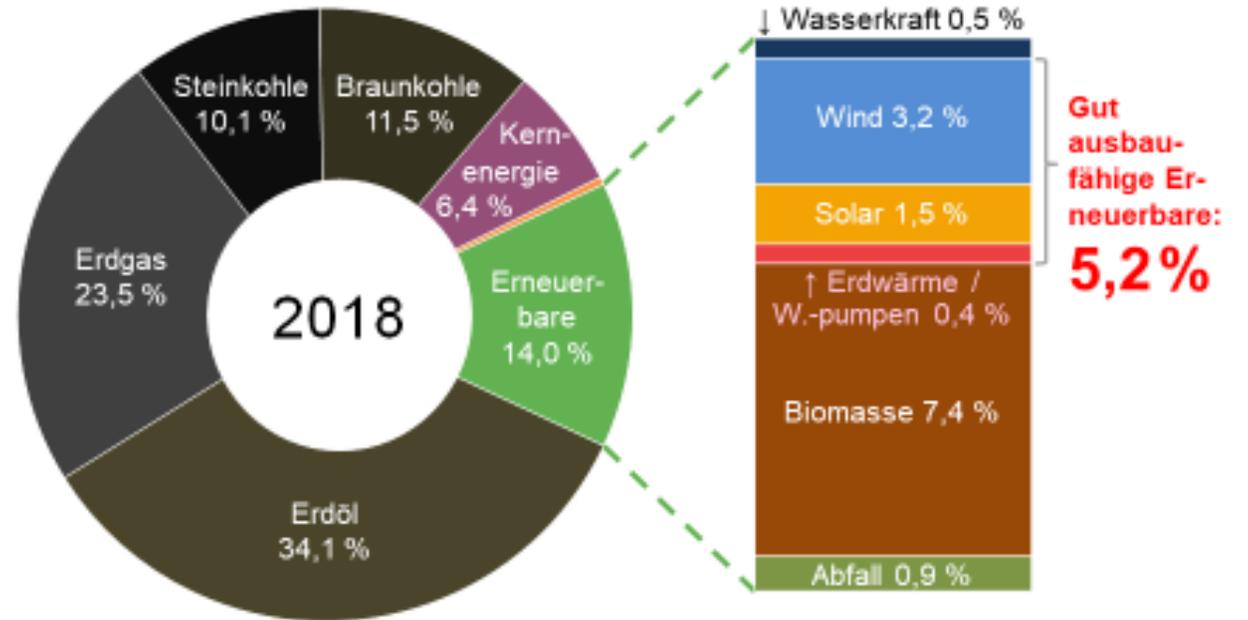
4.181.864

5.187.936

Erneuerbare Energien in Europa



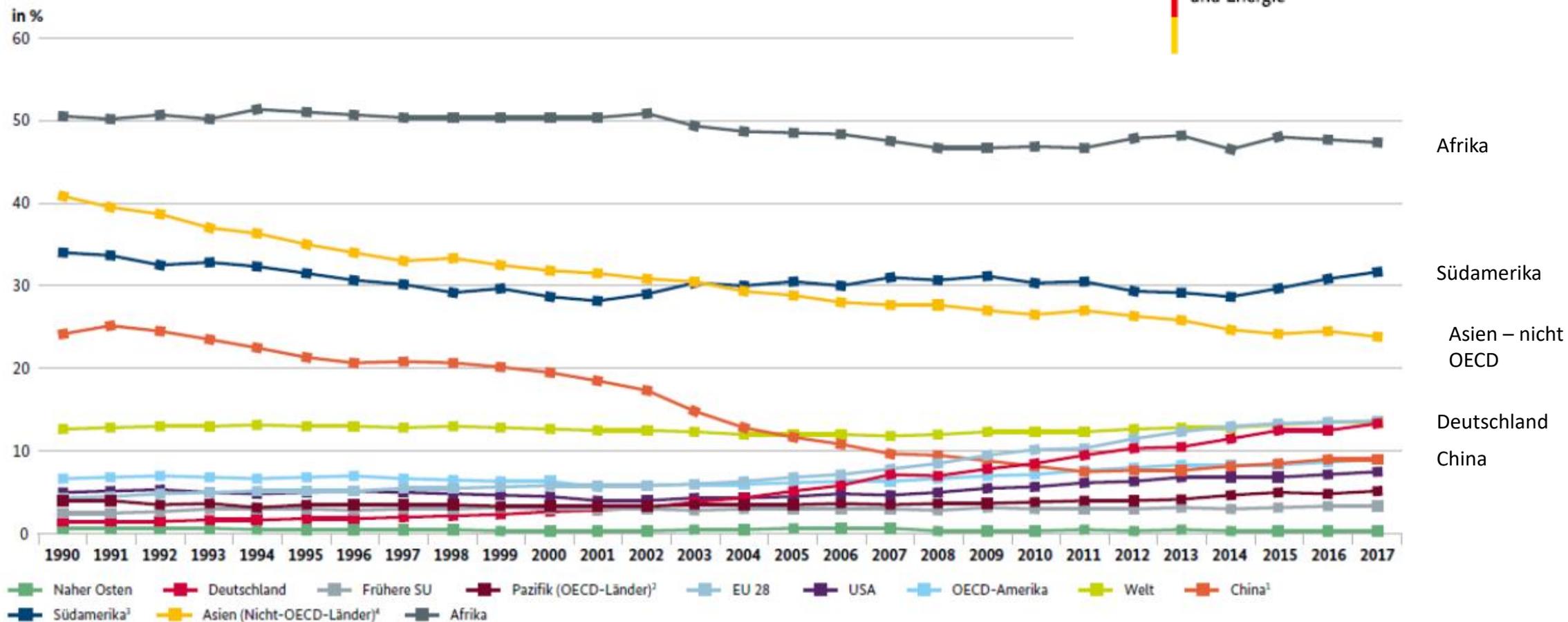
Primärenergieverbrauch Deutschland



- 2020 lag der Anteil erneuerbarer Energien bei 16,5% (BMWi)

Umweltbundesamt, 2019

47. Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Primärenergieverbrauch



1 Inklusive Hongkong
 2 Umfasst Japan, Südkorea, Australien, Neuseeland
 3 Ohne Chile 4 Ohne China
 Quelle: Internationale Energie Agentur (IEA)

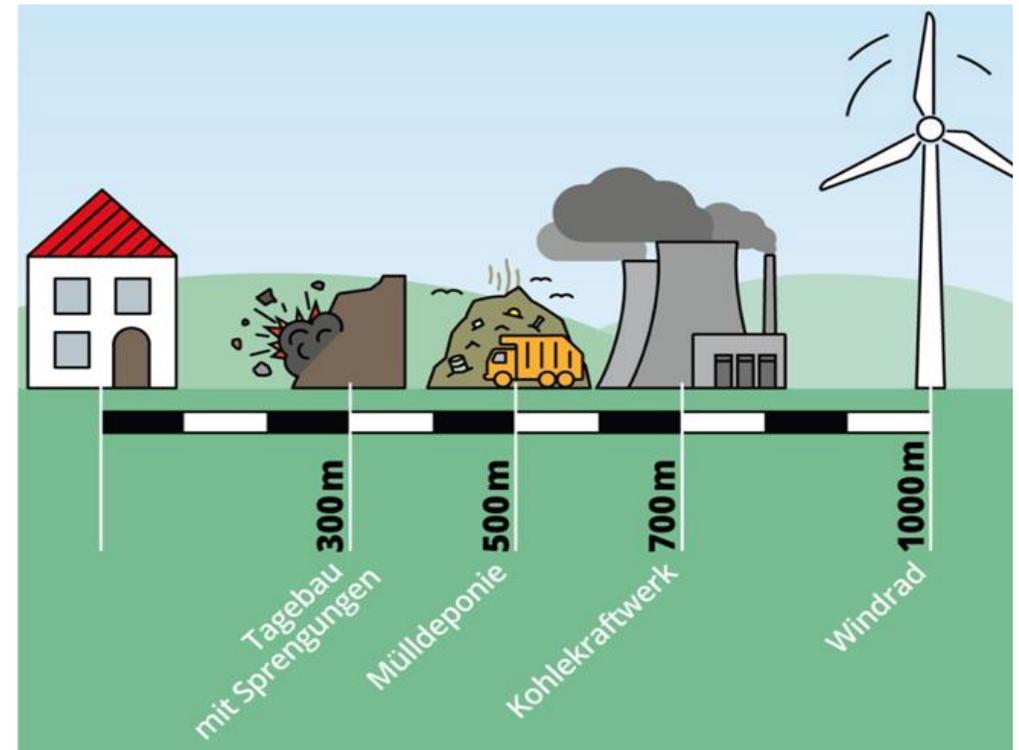
Investitionen in erneuerbaren Energien in Deutschland

	Windenergie	
	an Land	auf See
2005	2.490	-
2006	3.220	-
2007	2.470	30
2008	2.540	170
2009	2.800	470
2010	2.110	450
2011	2.860	610
2012	3.550	2.440
2013	4.490	4.270
2014	7.060	3.940
2015	5.370	3.680
2016	6.910	3.370
2017	7.280	3.400
2018	3.280	4.100
2019	1.480	2.130
2020	1.970	70

- Höchste Investitionen zwischen 2013 und 2018, danach deutlicher Abfall
- Investitionen in erneuerbare Energien betragen 2020 **11 Milliarden Euro / Jahr**
- Externe Kosten durch CO₂ Emissionen liegen bei **157 bis 551 Milliarden Euro**

2013 - 2018

UBA, Erneuerbare Energien in Deutschland 2021
 UBA, Ermittlung von Umweltkosten 2020
 Agora Energiewende, Sofortprogramm
 Windenergie an Land 2020



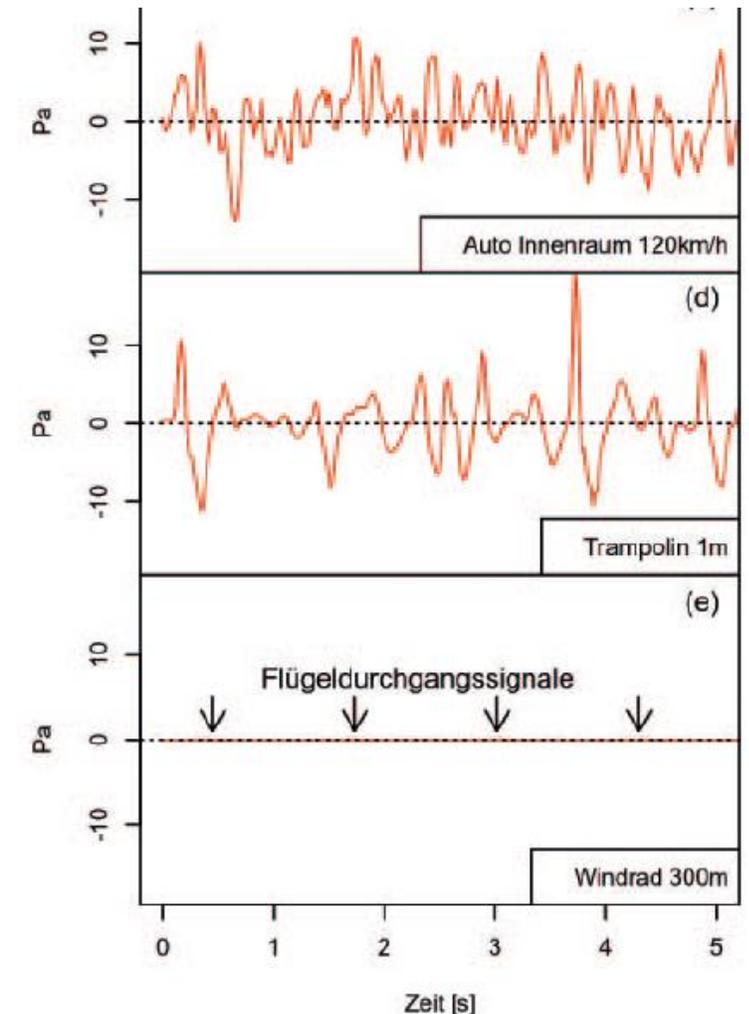
Wind turbine and infrasound: No evidence for health-related impairment – a physical, medical and social report

Autoren

Susanne Koch¹, Stefan Holzheu², Martin Hundhausen³

- Keine Evidenz für Schlafstörungen durch Lärm von WEA
- Nocebo Effekt hat deutlichen Einfluss auf berichtete, gesundheitliche Beeinträchtigungen
- Feldstudien Australien:
 - 0,4% der Anwohner beklagen gesundheitliche Beeinträchtigungen
 - 73% von ihnen wohnen in der Nähe von 6 WEA mit Anti-WEA Gruppen
 - 90% beklagten erst NACH 2009 gesundheitliche Beeinträchtigungen, nachdem die Anti-WEA Gruppen aktiv wurden
- Gezielte, hochpotente Infraschall Stimulation kann die kognitiven Fähigkeiten verbessern

Chapman, PlosOne 2013
Chrichton, Environmental Research 2015
Weichenberger, PlosOne 2017
Liebich, J Sleep Research 2020



World Scientists' Warning of a Climate Emergency 2021

WILLIAM J. RIPPLE, CHRISTOPHER WOLF, THOMAS M. NEWSOME, JILLIAN W. GREGG, TIMOTHY M. LENTON, IGNACIO PALOMO, JASPER A. J. EIKELBOOM, BEVERLY E. LAW, SALEEMUL HUQ, PHILIP B. DUFFY, AND JOHAN ROCKSTRÖM

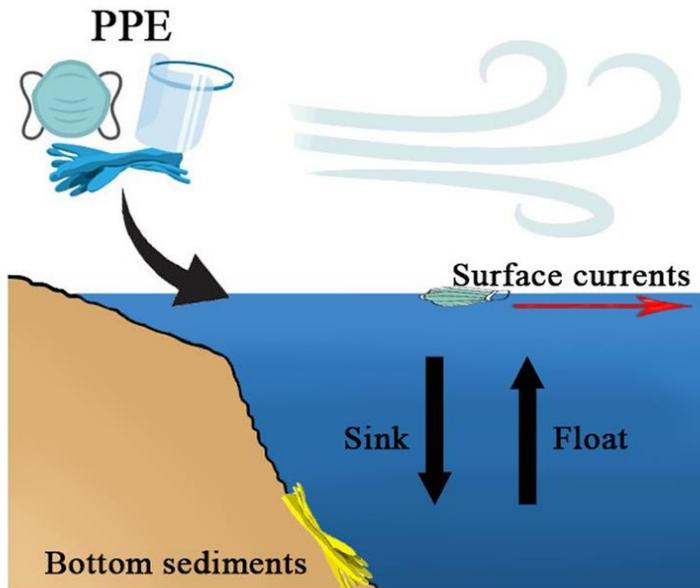
- (1) eliminating fossil fuels and shifting to renewables
- (2) eliminate short lived air pollutants: methane, hydrofluorocarbons
- (3) restoring and protecting ecosystems to accumulate carbon
- (4) plant-based diets, **reduce** food **waste**, improving cropping practice
- (5) moving from GDP to an ecological, **circular economy**
- (6) stabilize population by educating / supporting girls & young women

Ripple, BioScience 2021

Plastic waste release caused by COVID-19 and its fate in the global ocean

Yiming Peng^{a,1}, Peipei Wu^{a,1}, Amina T. Schartup^b, and Yanxu Zhang^{a,2}

^aSchool of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China; and ^bScripps Institution of Oceanography, University of California San Diego, La Jolla, CA 92037

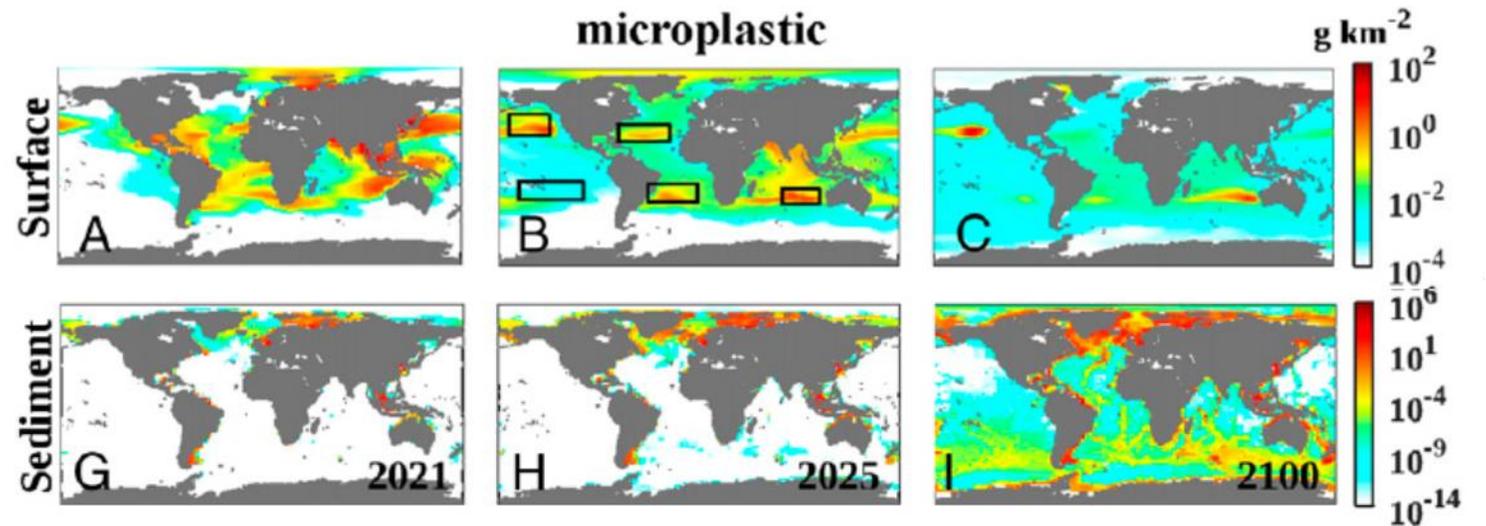


Personal Protective equipment PPE

Peng, PNAS 2021

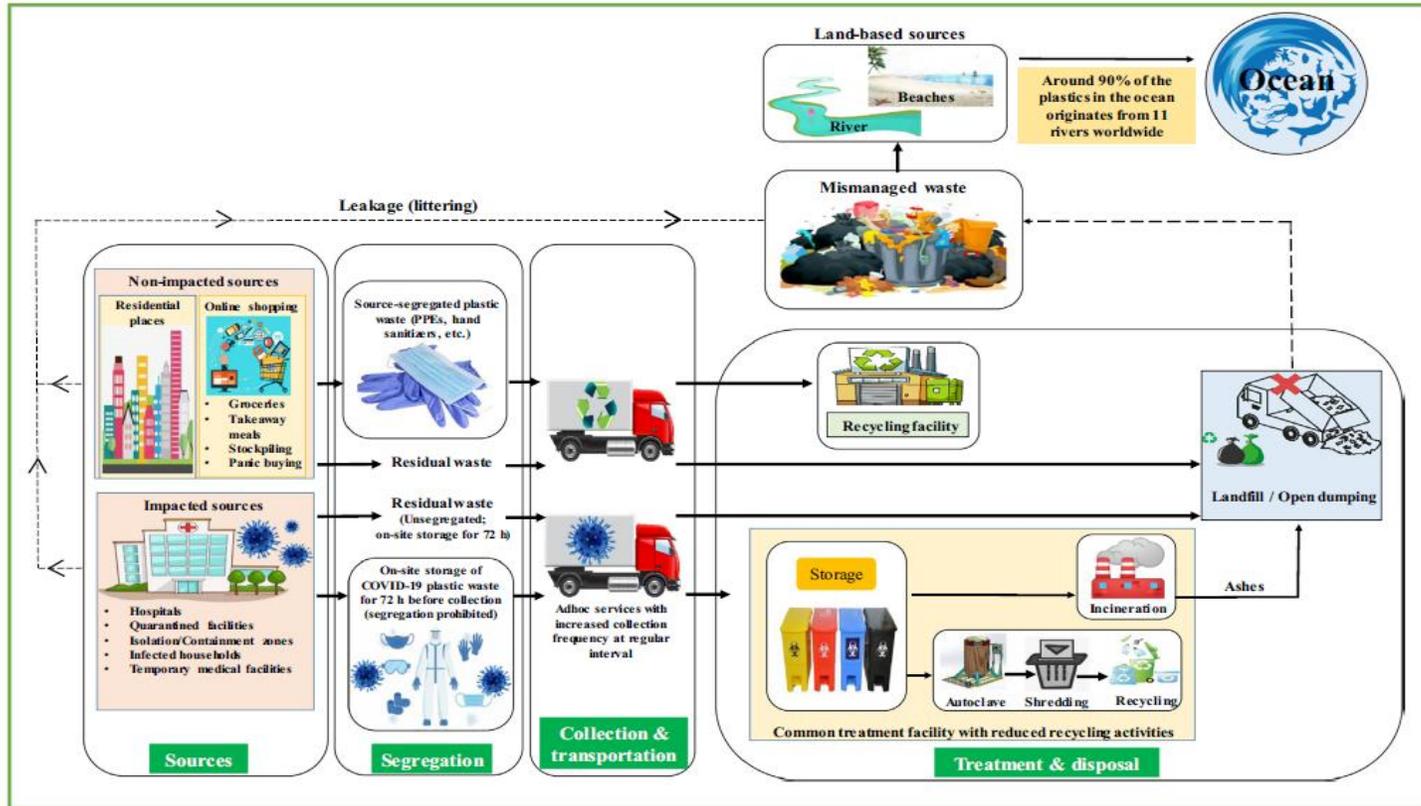
De La Torre, Marine Pollution Bulletin 2021

- ~8.5 million t Pandemie assoziierter Plastikmüll weltweit
- 73% davon Krankenhaus Müll
- 1.5% davon wurde in die Ozeane geschüttet (~26 thousand t)
- > Strand -> Plastik Inseln im Ozean-> akkumuliert in der Arktis



Plastic waste inputs from land into the ocean

Jenna R. Jambeck,^{1*} Roland Geyer,² Chris Wilcox,³ Theodore R. Siegler,⁴
 Miriam Perryman,¹ Anthony Andrady,⁵ Ramani Narayan,⁶ Kara Lavender Law⁷



Rank	Country	Mismanaged plastic waste [MMT/year]	% of total mismanaged plastic waste	Plastic marine debris [MMT/year]
1	China	8.82	27.7	1.32–3.53
2	Indonesia	3.22	10.1	0.48–1.29
3	Philippines	1.88	5.9	0.28–0.75
4	Vietnam	1.83	5.8	0.28–0.73
5	Sri Lanka	1.59	5.0	0.24–0.64
6	Thailand	1.03	3.2	0.15–0.41
7	Egypt	0.97	3.0	0.15–0.39
8	Malaysia	0.94	2.9	0.14–0.37
9	Nigeria	0.85	2.7	0.13–0.34
10	Bangladesh	0.79	2.5	0.12–0.31
11	South Africa	0.63	2.0	0.09–0.25
12	India	0.60	1.9	0.09–0.24
13	Algeria	0.52	1.6	0.08–0.21
14	Turkey	0.49	1.5	0.07–0.19
15	Pakistan	0.48	1.5	0.07–0.19
16	Brazil	0.47	1.5	0.07–0.19
17	Burma	0.46	1.4	0.07–0.18
18*	Morocco	0.31	1.0	0.05–0.12
19	North Korea	0.30	1.0	0.05–0.12
20	United States	0.28	0.9	0.04–0.11

*If considered collectively, i

- Müllvermeidung
- Müll Management / Recycling

Jambeck, Marine Pollution 2015

Müllberge im Operationssaal

- 20 - 30% des Krhs Müll aus dem OP, davon 25% Anästhesie
- Life Cycle Analysen sind notwendig



Reduce

Reuse

Recycle

WHO 2014: Safe management of wastes from health-care activities

McGain: Workplace sustainability; the “cradle to grave” view of what we do. *Anesth Analg* 2012; 114 (5): 1134-9

Reduce

Reuse

Recycle

Beatmungsschläuche

- Wöchentlich wechseln
- Hygienisch kein Unterschied (individuelle Filter)
- Energie-, Wasser- und Kostenersparnisse



Sets

- Set bedarfsgerecht packen
- Verfallsdaten beachten
- Regelmäßige Kontrollen



Mankes, 2012 Anesth Analg
Gillerman, 2000 Anesth Analg
Sherman, 2016 Advances in Anesthesia

McGain, 2014 Anaesthesia
Dubler, 2016 Acta Anaesthesiol Scand
Chasseigne, 2018 Int J Surg



Medikamente

- Adäquate Ampullengröße nutzen
- Notfallmedikamente: Fertigspritzen erwägen

Reduce

Reuse

Recycle

Wiederverwendbare OP Textilien reduziert

- ↓ Energieverbrauch (200-300%)
- ↓ Wasserverbrauch (250-300%)
- ↓ CO₂ Bilanz (200-300%)
- ↓ Müll (750%)



Overcash, 2012 Anesth Analg
McGain, 2010 AIC



Wiederverwendbare Medikamentenschalen

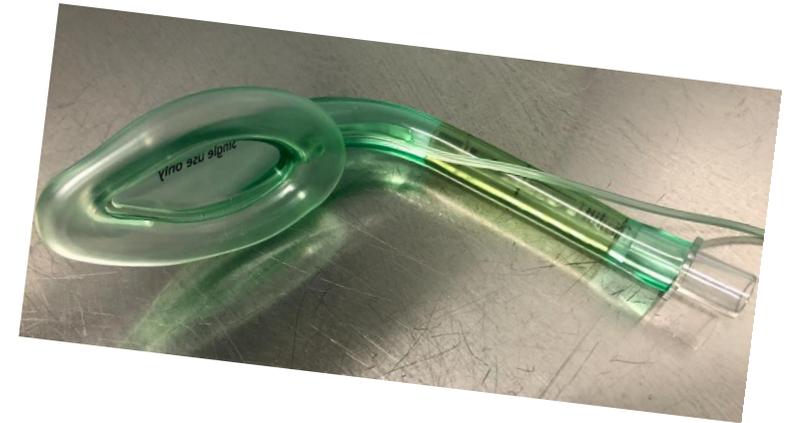
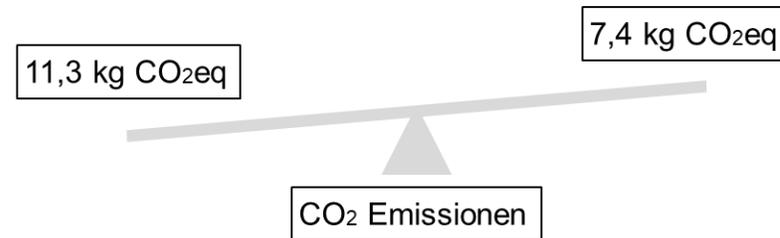
"Aus finanziellen und umwelttechnischen Gründen ist ein Gebrauch von Einwegscheiden nicht zu begründen."

Reduce

Reuse

Recycle

Einweg versus Mehrweg Larynxmasken



Einweg Larynxmaske sind umweltschonender!



Einweg versus Mehrweg Laryngoskope

- Einweg Handgriff hat 16-18 fach höhere CO₂eq und Einweg Spatel 5-6 fach höhere CO₂eq Emissionen

Einwegprodukte aus Metall sollten vermieden werden!

Eckelman, 2012 Anesth Analg
Sherman 2018 Anesth Analg

Reduce

Reuse

Recycle

- Bis zu 60% recycelbar
- Papier/Karton, Plastik, Glas, Metall, Batterien, Druckerpatronen, ...



Plastik

- Recycling 25% weniger Energie als bei der Primärherstellung
- **80%** des Plastiks beim Richten der Tische und sind somit **sauber**

Merke: PP und PET (Einwegtextilien, Sterilisationsverpackungen); PE (Plastikschläuche, Becher, Schalen); Co-Polymere; PVC

➤ Absprache mit Recycler, klare Kennzeichnung der Müllbehälter

MacNeill, 2017 Lancet Planet Health
Hutchins, 2009 BMJ

World Scientists' Warning of a Climate Emergency 2021

WILLIAM J. RIPPLE, CHRISTOPHER WOLF, THOMAS M. NEWSOME, JILLIAN W. GREGG, TIMOTHY M. LENTON, IGNACIO PALOMO, JASPER A. J. EIKELBOOM, BEVERLY E. LAW, SALEEMUL HUQ, PHILIP B. DUFFY, AND JOHAN ROCKSTRÖM

- (1) eliminating fossil fuels and **shifting to renewables**
- (2) **eliminate** short lived air pollutants: methane, **hydrofluorocarbons**
- (3) restoring and protecting ecosystems to accumulate carbon
- (4) plant-based diets, **reduce** food **waste**, improving cropping practice
- (5) **moving from GDP to an ecological, circular economy**
- (6) stabilize population by educating / supporting girls & young women

Ripple, BioScience 2021

Zusammenfassung

- Anästhesiegase sind hoch potente Treibhausgase
 - **Stoppt Desfluran!**
 - Low-flow / minimal-flow nutzen
 - Recycling Lösungen sind Zukunftsmusik, aber reduzieren den Desfluran Fußabdruck nicht ausreichend
- Umstellung auf **erneuerbarer Energien** ist dringend notwendig, Energiesparmaßnahmen sollten implementiert werden
- Life Cycle Analysen für alle Materialien sind notwendig und sollten von den Firmen bereit gestellt werden -> Reduce, Reuse, Recycle

**#FIGHT
EVERY
CRISIS**



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!