

# Nachhaltigkeit in Anästhesie und Intensivmedizin

Janett Kreuziger  
Univ.-Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin  
Medizinische Universität Innsbruck

## Sinnhaftigkeit?



Russland, Belgorod: Dieses vom Pressedienst des russischen Katastrophenschutzministeriums am Freitag, dem 1. April 2022, veröffentlichte Foto zeigt den Brandherd eines Öldepots. |

## Sinnhaftigkeit?

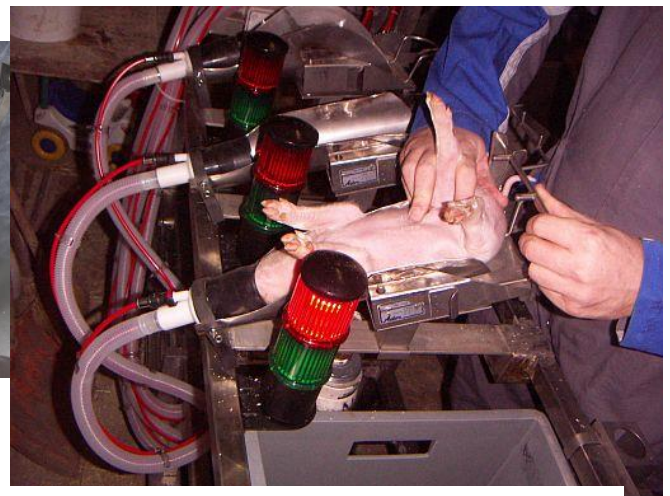
### Lecks an Nord-Stream-Pipelines: Was wir wissen - und was nicht

Stand: 19.10.2022, 12:55 Uhr



Der Klimaschaden durch die Gaslecks ist offenbar größer als gedacht. Durch die Lecks ist Methan ausgeströmt, dieses ist 25-mal so klimaschädlich wie CO<sub>2</sub>. Nach aktuellen Berechnungen des Umweltbundesamtes entspricht die Gasmenge 7,5 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Zum Vergleich: Das entspricht 1 Prozent der deutschen Gesamtemissionen pro Jahr.

## Sinnhaftigkeit?



Ferkel-Kastration in der Großtierproduktion, gemäß mündlicher Information ca. 1000 Flaschen Isofluran pro Monat, geschätzt ca. 20-30 Mio Ferkel pro Jahr allein in Deutschland

# Carbon Footprint

- 4-5% aller Treibhausgasemissionen durch Gesundheitswesen global
  - Das ist mehr als Schiffs- und Flugverkehr zusammen (Bhopal, BMJ 2021)
  - In westlichen Industrieländern sogar bis zu ca. 8%
  - Ca. ein Viertel aus Anästhesie und Intensivmedizin (review Bolkenius, Dt. Ärzteblatt 2021)
- Katarakt-Op in Indien 6 kg CO<sub>2</sub>, in Großbritannien 180 kg CO<sub>2</sub>
  - Bei gleichen Komplikationen und Outcome (Bhopal, BMJ 2021)
- Volatile Anästhetika-Verbrauch entsprechen ca. 0,01% des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes fossiler Brennstoffe weltweit
- In USA 5 Mio Tonnen Abfall aus Krankenhäusern jährlich
  - 30 % stammen allein aus Operationsbereich

5

## Umweltbelastung durch Operationen

### Anästhesie

- Inhalationsanästhetika
- iv. Medikamente
- Verpackungen
- Single use
- Geräte
- Sterilisationsverfahren

### Chirurgie

- Verpackungen
- Single use vs.
- Sterilisationsverfahren

Anderes: Bauen  
Transport

### Räumlichkeiten

- OP-Klimaanlage
- Kühlen
- Heizen
- Anfeuchten
- Laminar flow

6

# Volatile = F(C)KW

## Klimawirksamkeit in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten

	Überdauern in der Atmosphäre	Erwärmungspotential 100 Jahre	Erwärmungspotential 20 Jahre
• Lachgas	<b>114 Jahre</b>	298	289
• FCKWs	50-100 Jahre	10.900	11.000
• CO <sub>2</sub>	5-200 Jahre	1	1
• <b>Desfluran</b>	9-21 Jahre	893-2.540	<b>6.810</b>
• Halothan	1-7 Jahre	50	190
• <b>Isofluran</b>	2,6-6 Jahre	191-510	1.800
• <b>Sevofluran</b>	1,1-5,2 Jahre	48-130	440

(Varughese Anesth&Analg 2021, Schuster Anästh Intensivmed 2020)

7

## Inhalative Anästhetika – Frischgasfluss

### Frischgasfluss

- Fast linearer Zusammenhang zwischen Anästhetikaverbrauch und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck (Sherman Anesthesiology News 2017)

Tabelle 2: Umrechnung einer sechs-stündigen Anästhesie im steady state mit verschiedenen Inhalationsanästhetika und in Abhängigkeit von der Frischgasflussrate mit einer Autofahrt in Kilometern (Verbrauch 6 l/100 km)

	Metabolic flow 0,3 l/min	Minimal flow 0,5l/min	Low flow 1 l/min	High flow 2 l/min
Sevofluran 2,2%	18,1	30,1	63,4	126,7
Desfluran 6,7%	883,8	1472,9	2993,4	5.986,8
Isofluran 1,2%	38,0	63,4	110,9	237,6
Lachgas 60%	275,6	459,3	902,8	1.773,9

8

# Volatile Anästhetika – Auffangsysteme

- Aktivkohle, Mischung von volatilen Anästhetika möglich
- Direkt am Narkosegerät (dezentral)
- ohne AGFS hohe **Energieersparnis**
- 99% der Volatilen, die in die Abluft gehen, werden gefiltert  
(mündliche Informationen Zeosys GmbH, Berlin)
- Effizienzdaten derzeit unklar, hoher Anteil Volatile erst nach Extubation abgeatmet
- Alternativ zentrale Narkosegasabsaugung → aus allen Räumlichkeiten, hoher Fluss vs. Effizienz, keine Energieeinsparung

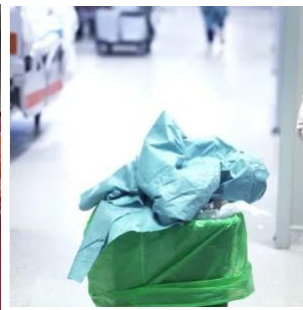


9

## TIVA oder Regionale – die Lösung?



Müll



Müll



Müll



## Intravenöse Medikamente - andere Probleme!

- Ca. **30 bis 50%** des aufgezogenen bzw. geöffneten Propofols werden weltweit **verworfen**

**Table 1.** Drug Use, Fiscal 1998

Drug	Amount not administered (mg)	Annual efficiency index, % ( $\pm$ SD) <sup>a</sup>
Atracurium	132,800	29 (10)
Midazolam	28,235	53 (17)
Propofol	1,028,388	49 (4)
Rocuronium	79,619	61 (10)
Succinylcholine	788,796	33 (3)
Sodium thiopental	2,005,635	31 (5)

<sup>a</sup> Mean monthly efficiency indices  $\pm$  sd.

(Gillerman, Anesth Analg 2000)

**Table 2.** Contribution of Study Drugs to Total Pharmaceutical Use, Fiscal 1998

Drug	Cost of unadministered pharmaceuticals (\$)	Cost index <sup>a</sup> (%)
Atracurium	10,954	2
Midazolam	25,511	4
Propofol	80,863	16
Rocuronium	12,545	2
Succinylcholine	2,953	0
Sodium thiopental	32,839	5
Total	165,666	26

<sup>a</sup> Percent of total departmental drug costs (\$640,987) wasted.

11

## Intravenöse Medikamente - andere Probleme!

- Persistenz, Bioakkumulation, Toxizität = PBT-Index

**Table 1.** PBT index of anesthetic drugs<sup>a</sup>

Drug	PBT number
Propofol	9
Ondansetron	6
Labetolol	6
Buprenorphine	6
Midazolam	5
Bupivacaine	5
Fentanyl	4
Metoprolol	4
Ketorolac	4
Mepivacaine	4
Remifentanyl	4
Ropivacaine	4
Sugammadex	4
Lidocaine	3
Atracurium	2

PBT, Persistence, Bioaccumulation, Toxicity.  
<sup>a</sup>This table summarizes information in [ref #32]. It differs slightly from data published in the ASA 'Greening the Operating Room' [ref #4].

Van Norman, Curr Opin Anesthesiol 2020  
Sherman, Anesth Analg 2012

Medikament	Metabolisierung und Wirkung (Kostrubiak, J Med Systems 2020)
Propofol	Hepatische Glucuronidierung (Quinole), häufig verworfen, hohe Konzentration im Abwasser, <b>Bioakkumulation, Wachstumsstörungen bis tödlich für Algen/Tang, Krebstiere, Süßwasserfische</b> , keine Photolyse, kein Abbau in Kläranlage, Halbwertszeit im Wasser >1 Jahr → hoher negativer Umwelteffekt
Cefazolin	Unmetabolisierte renale Ausscheidung, hohe Konzentration im Abfallwasser, <b>Phototransformation in toxische, teratogene Produkte</b> → aufwändige seltene Photolyse und Adsorption in der Kläranlage
Paracetamol	95% renal abgebaut, 5% unverändert ausgeschieden, <b>(neuro)toxisch und endokrinologisch wirksam auf fast alle Species</b> (Bakterien, Algen, Makrophyten, Krebstiere, Säugetiere, Fische), schneller Spontanabbau in Umgebung (15 d) Pseudopersistenz durch hohen Eintrag
Sugammadex	Renal unverändert ausgeschieden, bindet besonders Östrogen und Progesteron, <b>derzeit kein Studien zur Persistenz und Toxizität</b> in Abwässern und Böden
Lidocain	90% hepatisch metabolisiert (MEGX, Xylidine), alles renal ausgeschieden, <b>nur teilweise abgebaut in Kläranlagen</b> (Ozonifizierung, Adsorption), wird in Oberflächengewässern gefunden, wahrscheinlich Spontanabbau in unklarer Zeit, bisher nicht im Grundwasser

## Krankenhaus - Energieverbrauch



# Raumluftanlagen – Heizen und Kühlen

- Pro Op: Laminar Air Flow 3000-9000 m<sup>3</sup> Luft pro Stunde geheizt/gekühlt

Uni-Kliniken in	Energy (MWh/year)			CO <sub>2</sub> e (kg/year)		
	Vancouver	Minneapolis	Oxford	VGH	UMMC	JRH
Heating	2518	2204	6971	514 340	610 702	2 283 426
Cooling	66	357	1312	1523	195 629	787 149
Ventilation	449	1062	2045	10 317	581 938	1 104 386
Lighting*	236	177	313	5423	96 959	169 189
Plug-loads	113	56	..	2591	30 535	..
Total	3382	3856	10 641	534 194	1 515 763	4 344 150

CO<sub>2</sub>e=CO<sub>2</sub> 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 spotlights, but 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

## Maßnahmen

- Absenkung der Leistungen außerhalb der Regelarbeitszeit
- Umstieg auf erneuerbare Energien als Bezugsquellen für Spitäler

MacNeill, Lancet  
Planet Health 2017

## Anästhesiegas-Fortleitungssystem

- Hoher Energiebedarf
- Unveröffentlichte Daten aus dem LKH Feldkirch:
  - **1 Anästhesiemaschine** im Passivmodus mit Contrafluran **ohne AGFS** → Energiespareffekt von ca. **50 kWh pro Tag**  
→ im Jahr Energieverbrauch von sechs 3-köpfigen Familien
  - Anästhesiemaschine an der AGFS mit Abstecken nach dem Dienstbetrieb → Energiespareffekt von ca. 33 kWh pro Tag  
→ im Jahr Energieverbrauch von vier 3-köpfigen Familien



## Anästhesiemaschinen im Standby

- **Hoher Energiebedarf** der Anästhesiemaschinen im standby- und paused-Modus
- Maschinen nach dem Dienstbetrieb
  - wo möglich – ganz ausschalten
- **Energieeinsparpotential:**
- **Pro Maschine rund 500 kWh/Jahr**

(Anselm F, Schick A 2022)

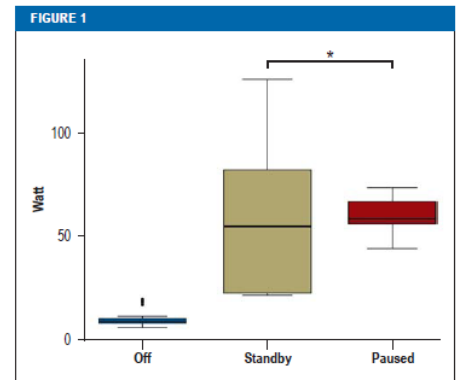


FIGURE 1  
Power consumption in watt of anesthesia machines in different modes. Box plots represent the 25th–75th percentiles with medians (horizontal line), n = 285, \*p < 0.01 versus off

## Krankenhaus - Abfallentstehung



# Müllvermeidung/-reduktion

	Waste (kg/year*)			CO <sub>2</sub> e (kg/year)		
	Uni-Kliniken in	Vancouver	Minneapolis	Oxford	iH	UMMC
Municipal solid waste	111 255	105 975	83 060	438 167	423 060	327 122
Hazardous waste	21 933	9 374	81 121	63 028	26 938	233 122
Reusable textiles	178 176	87 120	33 597	53 336	52 248	12 419
Fluid waste	15 526	..	15 525	194	..	194
Sharps	1 793	1 076	9 698	4 913	2 980	44 229
Cytotoxic waste	902	598	..	4 114	2 728	..
Recycling†	30 991	10 154	4 620	85 264	26 913	11 445
Domestic waste	..	..	993	..	..	2 327
Transport‡	1 855	1 818	1 404	1 421	1 393	1 727
Total	360 576	214 297	228 615	650 436	536 260	632 574

10-20% des Gesamtfußabdruckes bzgl. CO<sub>2</sub>-Äquivalenten allein durch Müll

(MacNeill, Lancet Planeth Health 2017)

Bis zu 30% der 5 Mio Tonnen Abfall aus Hospitälern in den USA nur aus dem OP, ¼ davon aus der Anästhesie (Babu Neurosurgery 2019 )

19

## Müllvermeidung im OP

- **Bis zu 50% vorbereiteter Medikamente und Spritzen werden verworfen** (z. B. Notfallmedikamente: Supra, Atropin...)
- → Re-Organisation des Medikamentenmanagements
  - Fertigspritzen
  - Ein Ort mit Notfallmedikamenten für mehrere OPs?
  - Aufziehen erst bei Bedarf?

20

## Müllvermeidung im OP

- Einweg- vs. Mehrweg-Produkte **vs. Hygiene**
- z. B. LAMAs, Beatmungsmasken, Schalen, Atemwegsschläuche (7 d), Laryngoskope und Spatel, Blutdruckmanschetten, Pulsoxy
- Es braucht Lebenszyklus-Analysen (life cycle assessment, LCA) für alle Produkte inkl. Medikamente und Geräte

21

## Müllvermeidung im OP

- Genaue Auftrennung zwischen kontaminierten (=blutigen) und nicht-kontaminierten Materialien
- → 40% des Anästhesie-Mülls ist recyclebar (lokal zu klären, besonders PVC und Polypropylen)
- → wenn gut gemacht, kann das sogar Geld bringen, statt zu zahlen

22

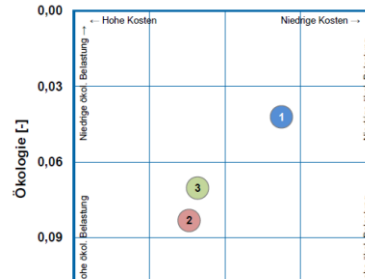
# Einweg und Mehrweg

## Dräger



Punkt 01

### Ökoeffizienzanalyse:



- 1 Einwegprodukt
- 2 Mehrwegprodukt, verpackt im Container sterilisiert
- 3 Mehrwegprodukt, verpackt in Folie sterilisiert

▪ Einweg: bessere Ökoeffizienz als Mehrweg

- Kosten Einweg: ca. 47 – 50 % geringer als Mehrweg
- Umweltbelastung: Einweg ca. 40 – 49 % geringer als Mehrweg

## ➤ Fazit gesamt:

Klares „Pro Einweg“ aus ökologischer, ökonomischer sowie hygienerelevanter Sicht

bifa  
Umweltinstitut

# Einweg und Mehrweg

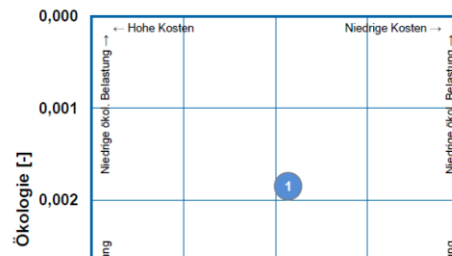


Punkt 02

Beatmungsmasken  
(Anästhesie-Masken)



### Ökoeffizienzanalyse:



- 1 Einwegprodukt
- 2 Mehrwegprodukt, verpackt in Folie sterilisiert

## ➤ Fazit gesamt:

Klares „Pro Einweg“ aus ökologischer, ökonomischer sowie hygienerelevanter Sicht

bifa  
Umweltinstitut

# Einweg und Mehrweg

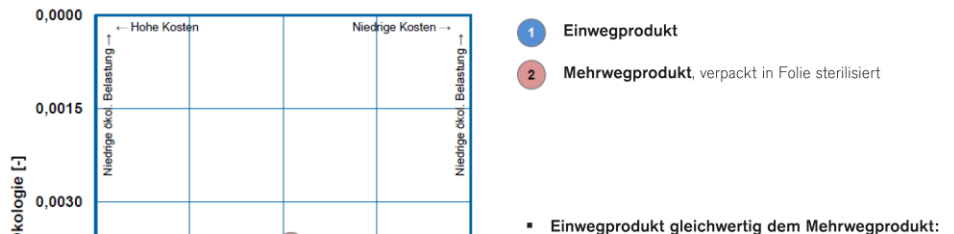
Punkt 03



Expirationsventile  
(Evita-Familie)



## Ökoeffizienzanalyse:



## ➤ Fazit gesamt:

Gleichgewicht EW / MW: aus ökologischer und ökonomischer Sicht

Klares „Pro EW“ aus hygiene-relevanter Sicht (*beachte auch RKI Empfehlung: Infektionsprävention im Rahmen der Pflege / Behandlung von Patienten mit übertragbaren Krankheiten; Abschnitt 3.5: Umgang mit Medizinprodukten; 2015*)

## Was können wir konkret tun?

### • Volatile:

- **Frischgasfluss** so niedrig wie möglich
- während Intubation Frischgasfluss auf „0“ drehen
- Präoxygenieren reicht i.d.R. mit 10 l/min FGF
- **kein Desfluran und Lachgas**
- Sinnvolle MAC-Ziele
- wenn möglich: Regionalanästhesie
- wenn möglich: **Volatile auffangen und recyceln**
- Atemkalk-Recycling

## Was können wir konkret tun?

### • **iv-Medis:**

- so wenig wie möglich standardisiert aufziehen
- Fertigspritzen für Notfälle
- kleine Dosierungsampullen (Propofol!)
- mit Hausapotheken Standards absprechen

27

## Was können wir konkret tun?

### • **Fertigsets**

ZVK, Regionalanästhesie, Blasenkatheter

- auf nicht notwendige Dinge checken
- auf selten genutzte/unnötige Dinge verzichten (nur im Bedarfsfall)

28



## Was können wir konkret tun?

### • **Energiesparen**

- **AGFS** nach Dienstbetrieb **ausstecken** oder auf AGFS verzichten und Volatile auffangen
- Nicht genutzte Geräte in der Abteilung (Computer, Drucker, Licht, ...) ausschalten

29

## Was können wir konkret tun?

### • **Abfalltrennung:**

- Medikamentenabfälle getrennt sammeln für Hitzeinaktivierung (ggf. verschiedene Stufen)
- Mülltrennung an die lokalen Anbieter anpassen
- kontaminiert von nicht-kontaminiert gut trennen (nur blutiges gilt als kontaminiert)
- Regelmäßige Schulungen!

### • **Batterien:** recyceln

30

## Was können wir konkret tun?

### • Mitmachen:

- Klimabeauftragte oder „green teams“ in Abteilungen und Krankenhäusern
- Kurse und Schulungen für Personal auf allen Ebenen
- Berichte für Erfolgsmeldungen
- Kreativteams mit lokalen Ideen
- Verkehrskonzepte für Mitarbeiter:innen und Patient:innen sowie deren Besucher

31

## Umfrage unter jungen Kolleg:innen

- 215 Einladungen, 110 Teilnehmende
- 58 % beziehen Nachhaltigkeit in Wahl der Anästhesie mit ein
- 7 % haben an allen Arbeitsplätzen Contrafluran
- 80 % Desfluran gar nicht mehr oder nur auf Nachfrage
- 66 % Standard-Frischgasfluss 0,5-1 l/min
- 82 % lachgasfrei oder –arm
- 4 % AGFS ganz oder nach Dienstbetrieb abgesteckt
- 80 % keine Schulungen zur korrekten Mülltrennung
- **94 % wünschen sich mehr Nachhaltigkeit im Job**

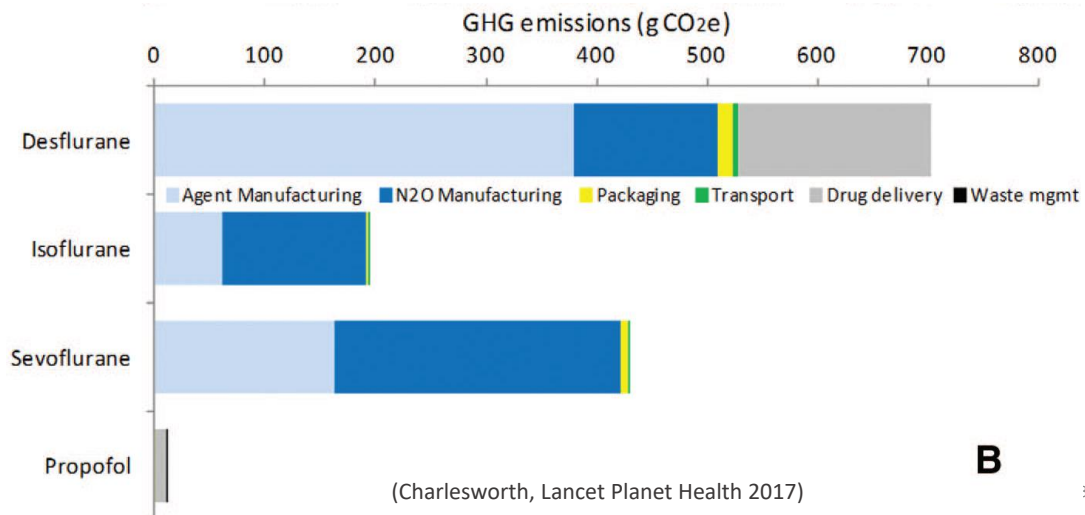


## Wer sich engagieren möchte

- **Plattform für Nachhaltigkeit in Anästhesie und Intensivmedizin**
- <https://www.oegari.at/arbeitsgruppen/plattform-nachhaltigkeit-in-anaesthesie-und-intensivmedizin>
- [nachhaltigkeit@oegari.at](mailto:nachhaltigkeit@oegari.at)
- Positionspapier der ÖGARI

- **R = Reduce (Avoid)**
  - z. B. aufgezogene Medikamentenspritzen, Fertigspritzen, Beatmungsschläuche länger nutzen, Fertigsets restriktiv bestücken, Papierdruck und –nutzung reduzieren
- **R = Reuse**
  - Mehr Mehrwegprodukte (Textilien, LAMAs, Laryngoskope, Medi-Schalen, Hygiene beachten), Aufbereitung unter Berücksichtigung der Energiequelle (Kohlekraftwerke)
- **R = Recycle**
  - Papier, Karton, Glas, Plastik, Metall, lokale Gegebenheiten klären, Aufklärung der Mitarbeiter und korrekte Trennung notwendig
- **R = Reprocessing**
  - Geräte/Messapparate mit nicht-kritischem (Haut) Kontakt können dauerhaft verwendet/repariert/ gebraucht gekauft werden (Blutdruckmanschetten, Pulsoxyclops)
- **R = Rethink/ Research**
  - Mehr Forschung, Klimabeauftragte für Kliniken, spezielle Schulungen für Mitarbeiter, regionale Küche, Kongressreisen!

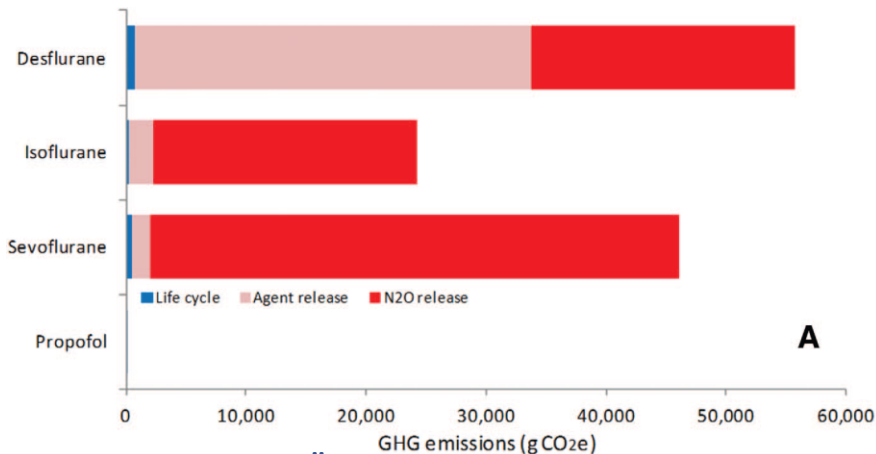
## Volatile – CO<sub>2</sub>-Fußabdruck Herstellung, Transport, Verbrauch



B

36

## Volatile – der gesamte CO<sub>2</sub>-Fußabdruck



Weltweit 2014 **3 Mio Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente** durch Volatile, Tendenz steigend, 80% nur durch Desfluran (Charlesworth, Lancet Planet Health 2017)

37

### Ein Vergleich dreier universitärer Zentren

- USA/Kanada: hauptsächlich **Desfluran** + Lachgas (viele adipöse Pat.)  
→ **63/51% des CO<sub>2</sub>-Fußabdruckes** der Kliniken
- Großbritannien: nur **Sevofluran** → **4%** des CO<sub>2</sub>-Fußabdruckes der Klinik (MacNeill, Lancet Planet Health 2017)
- Deutschland (Augsburg): nur noch Sevofluran, auch bei Adipösen mit BMI>40 → keine relevanten Nachteile (Bolkenius, Dt. Ärzteblatt 2021)

38

- **Neurologische Toxizität**

- **Lachgas:** Neurotoxizität **bei wiederholter bzw. Langzeitanwendung** → oxidiert Cobaltion im Cobalamin (Vitamin B12) → wichtig im Intermediärstoffwechsel → Parästhesien, Taubheitsgefühl, Gleichgewichtsstörungen und Gangunsicherheiten
- **Volatile bei Kindern:** tierexperimentelle (Klein- und Großtiere) Befunde → neuronale Differenzierungsstörungen und Apoptosen → auf Zellebene und anhand **neurokognitiver und Lerndefizite** (Zhu 2010; Broad 2016; Yang 2020)
  - Entwicklungsbeeinträchtigung neuronaler Mitochondrien, der synaptischen Transmission und der Dendriten (Sanchez 2011; Popic 2012)
  - Blockaden von NMDA- und GABA-Rezeptoren (Inhalationsanästhetika, iv S-Ketamin, Propofol, Benzodiazepine (Slikker 2007; Zou 2011; Miao 2022))

- **Neurologische Toxizität**

- Nach derzeitigem Wissenstand:
  - Einfluss auf Intelligenzentwicklung der Kinder klinisch nicht bedeutsam
  - **jedoch Hinweise für Verhaltensauffälligkeiten** (Calderon 2014; Razzaghi 2015; Ing and Bellinger, 2022)



- **Hämatopoetische und karzinogene Toxizität**

- **Lachgas:**

- einziges Inhalationsanästhetikum mit gesicherter Toxizität
- irreversible Inaktivierung des Vitamin B12  
→ Stoffwechsel der Methionin-Synthetase  
→ DNA-Synthese → megaloblastäre Anämie
- meist für ca. 6 h Anästhesiedauer Vorräte (Lassen, 1956; O'Sullivan 1981)

- **Karzinogenität**

- bis zu 3,3fach erhöhtes Krebsrisiko für anästhesiologisches Personal (Corbett 1973)
- bis zu 1,9fach erhöhtes Risiko für Frauen (Ad Hoc Committee on the Effect of Trace Anesthetics on the Health of Operating Room Personal, American Society of Anesthesiologist, 1974; Cohen 1980)
- diesbezüglich kein erhöhtes Risiko (Bruce 1968; Tomlin, 1979; Neil 1987)

## • **Mutagenität und Genotoxizität**

- Gering, bei ausreichendem Arbeitnehmerschutz fraglich
- **Desfluran-Anästhesie** bei schlechtem Arbeitnehmerschutz → DNA-Strangbrüche in Lymphozyten (Karpiński 2005; Sardas 2006; Nogueira 2016)
- Reparaturmechanismen können diese Effekte kompensieren

## • **Mutagenität und Genotoxizität**

- **Isofluran- und Sevofluran-Anästhesien** → Lymphozyten vermehrt **DNA-Strangbrüche** (Reitz 1993; Jałoszyński 1999) **andere nicht** (White 1979)
- Reparaturmechanismen an DNA reichen aus, diese Effekte zu kompensieren (Husum 1983; Bozkurt 2002; Lüleci 2005; Karpiński 2005; Sardas 2006; Nogueira 2016; Yilmaz and Çalbayram, 2016)
- **Sevofluran** → reversible Effekte auf Zellteilung und mutagene Einflüsse (erhöhte **Oxidation von DNA-Basen**) (Lüleci 2005) → nach 24 Stunden meist **reparabel** waren, ansonsten Apoptose
- **Langzeitsedierung** auf der Intensivstation mit Sevofluran oder Isofluran → derzeit **keine systematischen Untersuchungen** zu diesen Risiken

- **Reproduktive und teratogene Toxizität**
- **Lachgas:** Funktionshemmung Vit.B12 → DNA-Synthese-Störung →
  - Sowohl Patient:innen als auch Personal
  - Verringerte männliche und weibliche Fertilität
  - erhöhte Abortrate
  - erhöhte Missbildungsrate, Störungen der embryonalen Entwicklung (Knill-Jones 1972; Knill-Jones 1975; Ahlborg and Hemminki, 1995; Warembourg 2017)
- **Volatile:** in der Tragzeit für jedes volatile Anästhetikum **teratogene Effekte** (Cohen 1971; Knill-Jones 1972; Lindbohm 1985) **widersprüchlich** (Kennedy 1977; Mazze 1986; O'Leary 2000)
  - schwedische Registerdaten: Operation während Schwangerschaft → **kein erhöhtes Auftreten von Totgeburten oder Fehlbildungen** der Kinder (Mazze and Kallén, 1989; Mazze and Kallén, 1991)

45

- **Reuse:**
  - so häufig wie möglich multiple-use-devices sofern nach life cycle assessment sinnvoll
  - Equipmentwahl: Vergleiche der Lebenszeitanalysen/-verbrauchs (vom Hersteller geben lassen)
  - ggf. aufbereitete (refurbished) Geräte (Hersteller suchen)
  - nur bei Herstellern kaufen, die die Geräte zurücknehmen und recyceln
  - **Spenden:** nicht mehr benötigte Geräte und Materialien spenden statt wegschmeißen

46