

# Ökodesign in der Anästhesie

## Vereinfachte Ökobilanzierung einer Vollnarkose

Rudy Ferré

Der Umweltschutz ist zu einem unverzichtbaren Faktor bei politischen, wirtschaftlichen, industriellen und individuellen Entscheidungen geworden. Die vom Konsum getriebene Wirtschaftsentwicklung stösst an ihre Grenzen und der Mensch muss sich mit der Endlichkeit bestimmter natürlicher Ressourcen sowie den Auswirkungen seines Handelns auf die Umwelt und seine Gesundheit auseinandersetzen. Die Vereinbarkeit von wirtschaftlicher Entwicklung und dem Umweltschutz steht heute im Zentrum des Strebens nach einer nachhaltigen Entwicklung.

### Ökodesign

Ein Mittel dazu ist das Ökodesign, bei dem der Umweltschutz in die Entwicklung eines Produkts, eines Verfahrens oder einer Dienstleistung einbezogen wird. Dank eines mehrstufigen Ansatzes, der

eine Ökobilanz der Produkte und Dienstleistungen sowie die Untersuchung von Kriterien einschliesslich des Material- und Energieverbrauchs, der Schadstofffreisetzung in die Umwelt und der Auswirkungen auf das Klima und die bio-

logische Vielfalt umfasst, betrachtet das Ökodesign die Umweltauswirkungen (environmental impact, EI) in ihrer Gesamtheit [1]. Seine praktischen Ziele sind insbesondere die Verringerung des Verbrauchs natürlicher Ressourcen, die Zuführung möglichst vieler Abfälle zu geeigneten Entsorgungswegen und der Ersatz gefährlicher Stoffe durch umwelt- und gesundheitsverträgliche Alternativen.

Im Gesundheitswesen besteht das Ziel des Ökodesigns darin, den ökologischen, energetischen und wirtschaftlichen Fussabdruck einer Pflegemassnahme zu kontrollieren. Dazu müssen alle Ressourcen, die für die Durchführung der Pflege verwendet werden, identifiziert, ihre Umweltauswirkungen gemessen und mögliche Präventionsmassnahmen konzipiert werden.

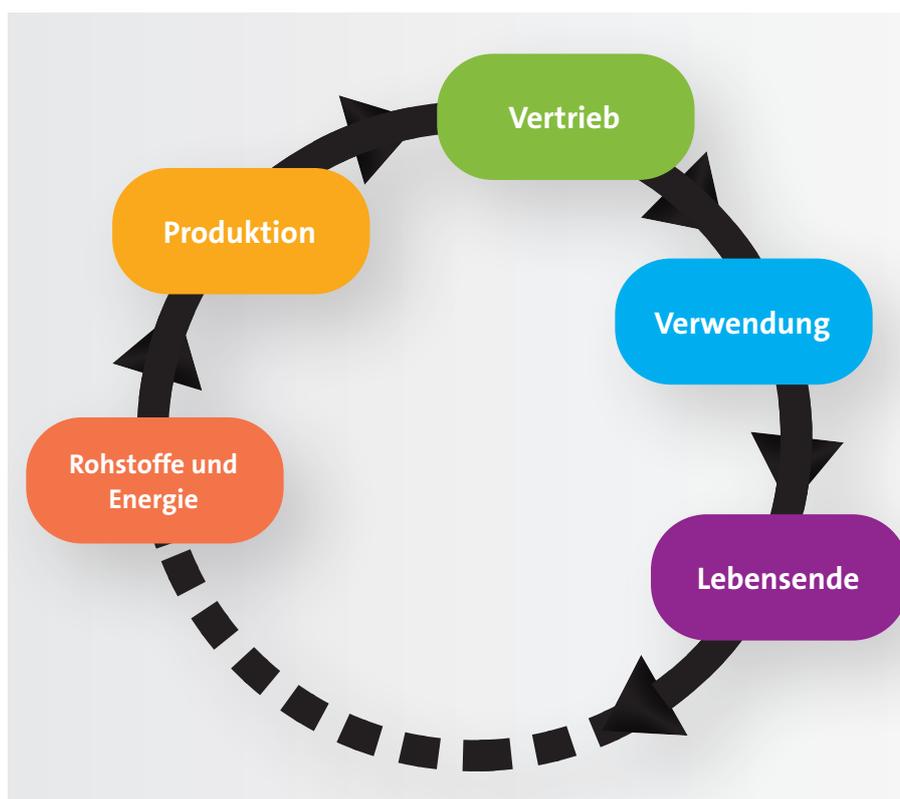


Abbildung 1:

### Live Cycle Assessment (LCA) bzw. Ökobilanzierung

Der Lebenszyklus eines Produkts «von der Wiege bis zur Bahre» gliedert sich in fünf Phasen:

1. Gewinnung, Verarbeitung und Versorgung mit Rohstoffen
2. Produktion
3. Vertrieb
4. Verwendung
5. Abfallbehandlung und Recycling

Die mit dem Transport verbundenen Umweltauswirkungen (EI) werden für jede der Phasen berücksichtigt.

Das Live Cycle Assessment (LCA) bzw. die Ökobilanzierung ist eine standardisierte Methode, um die quantifizierbaren Auswirkungen von Produkten oder Dienstleistungen auf die Umwelt zu messen und zu beziffern. Laut Definition der Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) [frz. Behörde für Umwelt und Energie] ist sie «eine Analyse und Quantifizierung der mit menschlichen Aktivitäten verbundenen physischen Material- und Energieströme während der gesamten Lebensdauer der Produkte und eine Bewertung der potenziellen Auswirkungen». [2]

Die Ökobilanz deckt nicht die gesamte Umweltproblematik ab. Es werden nur quantitative (messbare) und extensive (summierbare) Aspekte berücksichtigt. Sie ermöglicht keine direkte Betrachtung der Auswirkungen von Aktivitäten auf die Landschaft, Lärm, Gerüche, das Wetter oder die Toxizität von emittierten Produkten und Medikamenten [3].

### Die vereinfachte Ökobilanz

ist eine selektive Methode, die nicht alle Umweltkriterien und nicht alle Phasen des Lebenszyklus eines Produkts oder einer Dienstleistung berücksichtigt. Ihr Ziel ist es, eine einzige Punktzahl für die Umweltauswirkungen zu ermitteln, in diesem Fall den Millipunkt (mPt), der als Öko-Indikator bezeichnet wird. Dieser gibt den EI von Materialien, Herstellungsverfahren, Transport, Energie, Recycling und Abfallbehandlung an. Diese Zahlen werden für jede Kategorie gewichtet. Je höher die Punktzahl, desto höher ist der EI [4].

Für die Durchführung einer Ökobilanz ist ein Berechnungsinstrument oder eine Software erforderlich, mit der die Umweltauswirkungen jeder Phase des Lebenszyklus quantifiziert werden können.

Einige der LCA-Softwareprogramme erfordern eine spezielle Ausbildung und eine hohe finanzielle Investition. Es gibt auch vereinfachte Tools, die der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden, um eine vereinfachte Ökobilanz für ihre Produkte oder Aktivitäten zu erstellen. Von diesen Tools haben wir den Ecolizer™ 2.0 verwendet.

## MATERIALIEN UND METHODEN

### Art der Studie

Die prospektive Studie bestand aus der Durchführung einer vereinfachten Ökobilanzierung einer Vollnarkose für eine geplante Schilddrüsenoperation bei Erwachsenen im Universitätskrankenhaus Poitiers.

### Ziele der Studie

Das Hauptziel dieser Arbeit bestand darin, die potenziellen Umweltauswirkungen (PEI) einer Vollnarkose auf der Grundlage der Ökobilanz aller für die Durchführung verbrauchten Materialien zu beziffern.

**Die sekundären Ziele** dieser Studie waren:

- ▶ Analyse der Abfalltrennung und Überlegungen zur Optimierung der Abfalltrennung
- ▶ Die potenziellen Auswirkungen eines Systems der Abfallverwertung zu quantifizieren
- ▶ Im Rahmen eines Ökodesign-Ansatzes über mögliche Verbesserungen nachzudenken, um die Umweltauswirkungen einer Vollnarkose zu verringern.

### Methodik der Ökobilanzierung

Ziel der Ökobilanzierung war es, den PEI einer Vollnarkose zu beziffern. Der Untersuchungsumfang umfasste die Phasen der Produktion, des Transports und des Lebensendes (Abfallbehandlung) der verschiedenen bei der Vollnarkose verwendeten Medizinprodukte sowie den Stromverbrauch der Anästhesie-Station. Die spezifischen Auswirkungen der pharmazeutischen Moleküle und flüchtigen Anästhetika, die an die Umwelt abgegeben werden, wurden in unserer Ökobilanz nicht berücksichtigt.

Die Sachbilanz (Life Cycle Inventory, LCI), bestand darin, alle in unserem Fall verwendeten Inputs aufzulisten und sie nach Kategorien zu ordnen:

- ▶ Einwegprodukte wurden einzeln gewogen und dann nach Material (Kunststoff, Glas, Metall, Papier, Textil) und Bestandteilen klassifiziert,
- ▶ Injizierbare Flüssigkeiten und Medikamente wurden hinsichtlich ihres Lebenszyklus als Leitungswasser betrachtet. Es wurde davon ausgegangen, dass die Flüssigkeiten dem Patienten jeweils vollständig injiziert wurden und nichts entsorgt werden musste,

- ▶ Der Stromverbrauch der Anästhesie-Station wurde berücksichtigt.

Ausgeschlossen wurden Komponenten von Geräten, die langfristig und immer wieder verwendet werden, wie insbesondere Computerhardware, das Kardioskop, das Narkosegerät und der Laryngoskopgriff. Diese Geräte sind zwar teuer in der Anschaffung, sind meist schwer und bestehen aus teils seltenen und energieintensiven Materialien und elektronischen Bauteilen, haben aber nur einen unbedeutenden Einfluss, da sie über einen langen Zeitraum – teils sogar über mehrere Jahre hinweg – wiederverwendet werden. Der nächste Schritt war die Bewertung der Umweltverträglichkeit. Diese Wirkungsabschätzung bestand darin, den EI für jeden der im Rahmen der Sachbilanz erfassten Input- und Output-Ströme zu ermitteln. Die Berechnungen wurden für jedes Material mit einem professionellen Tool (Ecolizer® 2.0) durchgeführt und die möglichen Einsparungen durch das Recycling des Materials wurden geschätzt.

### Datenerhebung

Wir führten eine Bestandsaufnahme der Materialien und Anästhesieprodukte durch, die üblicherweise bei einer Vollnarkose für geplante Schilddrüsenoperationen verwendet werden. Jeder Materialtyp wurde einzeln mit seiner Verpackung mit einer elektronischen Waage TERRAILON® CE-Standard gewogen. Die Zusammensetzung der Geräte wurde anhand der Angaben der Hersteller erhoben. Bei Geräten mit mehreren Bestandteilen gingen wir in Ermangelung spezifischer Herstellerangaben davon aus, dass jeder Bestandteil in gleicher Menge vorhanden war.

Für die Abfallanalyse untersuchten wir zwei Wochen lang zwischen Januar und Februar 2019 am Ende jedes Eingriffs den Inhalt der Anästhesie-Abfallbehälter in den betreffenden Operationssälen. Die OP-Teams waren angewiesen worden, nichts darin zu entsorgen. Die schwarzen Müllsäcke mit hausmüllähnlichen Abfällen und die gelben Müllsäcke mit infektiösen klinischen Abfällen aus der Anästhe-

sie wurden nach jedem Eingriff gewogen. Anschliessend wurden die Säcke geöffnet und der Inhalt zur Analyse auf dem Boden ausgebreitet. Der Abfall wurde gemäss den Empfehlungen des Leitfadens für Risikoabfälle aus der Gesundheitsfürsorge (Ausgabe 2009) sortiert und die Säcke wurden erneut gewogen, um sie mit ihrer Masse vor der Sortierung zu vergleichen.

## ERGEBNISSE

### Hauptziel: Ökobilanzierung

Die Masse der festen Verbrauchsmaterialien betrug 2275,5 g, 77% Kunststoff, 12% Metall, 7% Papier und Pappe, 2,5% Glas und 1,5% Textilien. Hinzu kamen 1750 ml Flüssigkeiten, die aus vorbereiteten und injizierten oder weggeworfenen Medikamenten stammten. Verbrauchsmaterialien wie medizinische Geräte waren die Position mit einem EI von 82,5%, weit vor dem Transport und dem Stromverbrauch der Anästhesiestation (Abbildung 2). Die Produktionsphase hatte die grössten Auswirkungen (Abbildung 3).

### Sekundäre Ziele

Während des zweiwöchigen Studienzeitraums wurden 8 Mülltonnen mit hausmüllähnlichen Abfällen und 8 Mülltonnen mit infektiösem klinischem Abfall miteinbezogen. Der Atemschlauch war nicht entsorgt worden.

Die Analyse der Sortierung ergab eine deutlich unangemessene Aufteilung des Abfalls in hausmüllähnliche Abfälle

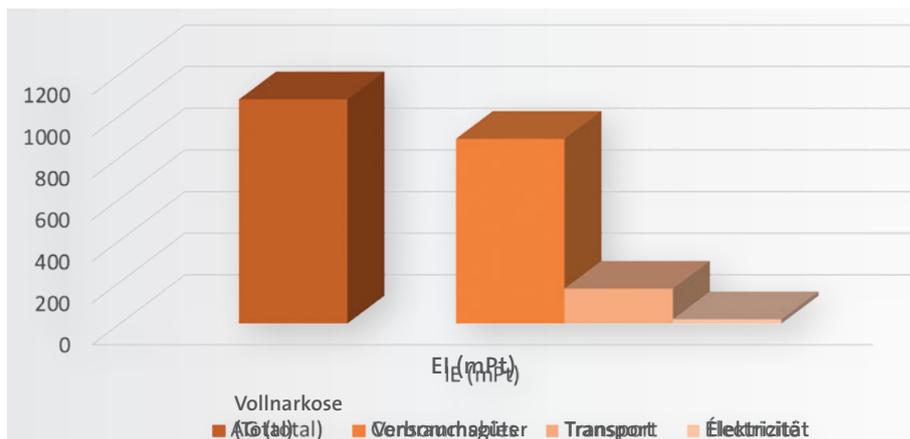


Abbildung 2: Gesamtumweltauswirkungen einer Vollnarkose für Schilddrüsenchirurgie und Aufschlüsselung nach Position

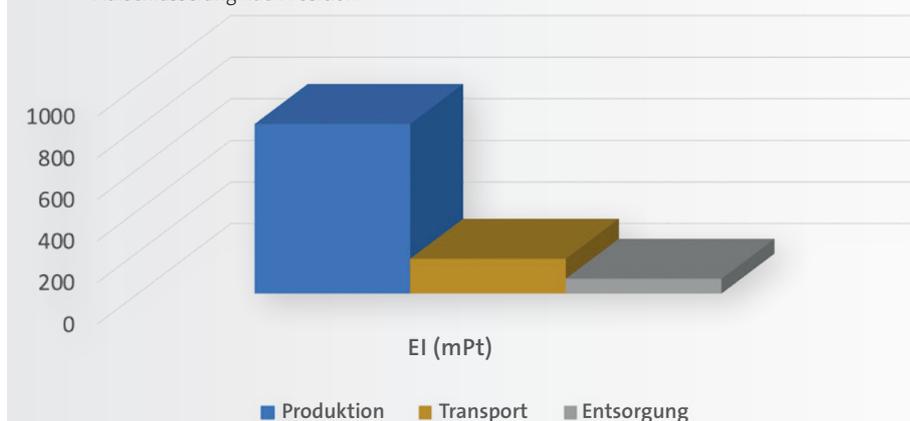


Abbildung 3: Umweltauswirkungen von Verbrauchsmaterialien nach Lebenszyklusphase

und infektiöse klinische Abfälle. Nach ordnungsgemässer Sortierung stieg die Masse des hausmüllähnlichen Abfalls um 24% und die des infektiösen klinischen Abfalls um 49%. Unter Verwendung von Daten aus dem Phare-Projekt 2013 und dem ADEME-Leitfaden 2013 [5, 6] berechneten wir jeweils die wirtschaftlichen

Auswirkungen und die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die mit der Abfallbehandlung vor und nach der konformen Sortierung verbunden sind. Der potenzielle Gewinn wurde mit 0,12 € bzw. 0,09 kg CO<sub>2</sub> pro Vollnarkose berechnet, wobei in dieser Berechnung davon ausgegangen wurde, dass kein Abfall in die Verwertungswege gelangt ist (Tabelle 1).

	Haushaltsähnlicher Abfall		Infektiöser, klinischer Abfall	
	Vor der konformen Sortierung	Nach der konformen Sortierung	Vor der konformen Sortierung	Nach der konformen Sortierung
<b>Masse (g)</b>	466,5	662,5	327	159,5
<b>Median [Interquartil]</b>	[244–720]	[361–982]	[160–547]	[58–255]
<b>Kosten der Abfallbehandlung [10]</b>	72 €/t		850 €/t	
	0.03 €	0.05 €	0.28 €	0.14 €
<b>Einsparung bei konformer Sortierung</b>	0.12 € pro Vollnarkose			
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Abfallbehandlung [11]</b>	363 kg CO <sub>2</sub> /t		965 kg CO <sub>2</sub> /t	
	0.17 kg	0.24 kg	0.31 kg	0.15 kg
<b>Einsparung bei konformer Sortierung</b>	0.09 kg CO <sub>2</sub> pro Vollnarkose			

Tabelle 1: Auswirkungen des Abfalls einer Vollnarkose nach Abfalltrennsystem

### Potenzielle Auswirkungen eines Systems der Abfallverwertung

Wenn alle Abfälle den richtigen Behandlungswegen zugeführt worden wären, hätte die Einsparung bei Kunststoffen 68 %, bei Metallen 77 % und bei Glas 35 % betragen. Insgesamt würde das Recycling von Materialien die gesamten Umweltauswirkungen um 55% verringern.

## ANALYSE UND DISKUSSION

### Rationalität der Untersuchung

Die Literatur zeigt, dass das Prinzip der ökologischen Verantwortung im Gesund-

heitswesen einen starken Aufschwung erlebt. Bezogen auf den spezifischen Rahmen des Operationstraktes, war dieser Ansatz seit Mitte der 2010er Jahre Gegenstand mehrerer französischer wissenschaftlicher Veröffentlichungen. Im Jahr 2018 wurde auf dem Kongress der European Society of Anesthesiology (ESA) zum ersten Mal speziell das Thema der nachhaltigen Entwicklung im Operations-trakt durch ein Symposium mit dem Titel «Nachhaltige Anästhesie» behandelt.

Mehrere Ökobilanzen wurden im medizinischen und chirurgischen Bereich bereits veröffentlicht, z. B. für Kataraktchirurgie [7], Hysterektomie [8], Einführungskits für zentrale Venenkatheter [9] oder flüchtige Anästhetika. Nach unserem Kenntnisstand ist unsere Studie die erste, in der diese Methode auf einen Anästhesievor-gang angewendet wurde.

Unsere Studie bestätigt, dass die Vollnarkose eine Pflegehandlung ist, die Ressourcen verbraucht, hauptsächlich in Form von Einwegprodukten. Wir haben die unzureichende Abfalltrennung und eine fehlende Weiterleitung des Abfalls an die Verwertungswege beleuchtet. Diese Phänomene sind in der Literatur bereits gut dokumentiert: In der Tat sind die mangelhafte Abfalltrennung und -verwertung, die Verschwendung, der «unbegrenzte» Verbrauch von Energie, Wasser und Papier wiederkehrende Themen innerhalb der Operationstrakte [11].

### **Überlegungen zu einem Ökodesign-Ansatz in der Anästhesie**

Abfalltrennung im Operationssaal

Der Krankenhaussektor produziert jährlich 700'000 Tonnen hausmüllähnliche Abfälle, aber auch infektiöse, chemische oder sogar radioaktive Abfälle, die für die Umwelt gefährlich sind und einer besonderen Behandlung bedürfen [12]. Die Behandlung von infektiösen klinischen Abfällen (Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux, DASRI) und ähnlichen Abfällen entspricht den Bestimmungen von Artikel R1335 des Code de la santé publique [frz. Gesetzbuch über das öffentliche Gesundheitswesen] [13], demzufolge sie sofort bei ihrer Entstehung von anderen Abfällen getrennt werden müssen.

In der Praxis scheint es im Wesentlichen vom Urteil des Fachmanns, der diese Abfälle produziert, abzuhängen, ob diese sofort bei ihrer Entstehung getrennt werden: Die Überbewertung des Infektionsrisikos, die zunehmende Entwicklung von Einwegmaterial und die Unkenntnis der genauen Sortierregeln erklären, warum die Abfalltrennung nicht mit den Empfehlungen übereinstimmt [14].

In unserer Studie haben wir aufgezeigt, dass eine ordnungsgemäße Trennung der Abfälle das Volumen der infektiösen klinischen Abfälle einer Vollnarkose um die Hälfte (49%) verringert. Dieser Anteil ist vergleichbar mit den Ergebnissen der Studie von Jane Muret, die 2016 gezeigt hat, dass eine entsprechende Schulung des Personals über einen Zeitraum von einem Jahr den Anteil infektiöser klinischer Abfälle des gesamten Operations-traktes um 43% senken konnte [11]. Um das Bewusstsein zu schärfen und die Qualität der Abfalltrennung zu verbessern, haben mehrere Einrichtungen ein Abfalltrennraster eingeführt, um das Personal bei der Entscheidungsfindung zu unterstützen [11, 14]. Bei einigen Handlungen wurden die DASRI-Beutel abgeschafft. Zu den Strategien, die zur Optimierung der Abfalltrennung eingesetzt wurden, gehörten der Einsatz von Dienstanweisungen und Aushängen mit neuen Sortieranweisungen (Abfalltrennraster), der Austausch zwischen den Fachleuten und die Kommunikation der erwarteten Vorteile (finanzielle Einsparungen, gesteigerte Leistung und Ergonomie usw.) an die Teams [19].

Der Nutzen einer korrekten Trennung der Abfälle zeigt sich in finanzieller und ökologischer Hinsicht. Im Jahr 2018 wurden in einer Studie zur Optimierung der Abfalltrennung bei 2343 Koronarangiographien eine jährliche Einsparung von fast 4 Tonnen infektiöser klinischer Abfälle und eine Einsparung von 2200 Euro errechnet. In unserer Studie haben wir eine Einsparung von 0,12 Euro pro Vollnarkose bei Thyreoidektomien errechnet. Diese Zahl, die auf alle im Universitätsklinikum in einem Jahr durchgeführten Eingriffe hochgerechnet wurde, lässt allein für die anästhesiologische Seite der OP-Tätigkeit eine potenzielle Einsparung von mehre-

ren Tausend Euro erwarten. In Bezug auf die Treibhausgasemissionen würde die Auswirkung der Verbrennung von infektiösen klinischen Abfällen einer Vollnarkose bei entsprechender Sortierung um die Hälfte reduziert werden.

Auf lokaler Ebene wäre es interessant, ein Audit durchzuführen, um mehr über die Beurteilungskriterien des Personals in Bezug auf die Abfalltrennung zu erfahren, um die Qualität der Abfalltrennung in Gesundheitseinrichtungen, einschliesslich der Operationstrakte, zu verbessern, scheint eine Sensibilisierung und Aufklärung der Fachkräfte von entscheidender Bedeutung zu sein.

### **Verwertung von Abfällen aus dem Operationstrakt**

Trotz des zunehmenden gesellschaftlichen Drucks wird die Abfallverwertung im Krankenhaussektor immer noch kaum in Betracht gezogen. Laut einer US-amerikanischen Umfrage aus dem Jahr 2019 sind die Hauptgründe für die geringe oder fehlende Verwertung die Unkenntnis darüber, was tatsächlich verwertbar ist, und die Angst vor dem Umgang mit durch den Patientenkontakt kontaminierten Abfällen [15].

Unsere Studie hat ergeben, dass 95% der Kunststoffmenge, 93% der Metallmenge und das gesamte Glas und Papier, die für eine Vollnarkose verwendet werden, aus Wertstoffen bestehen und dass ein vollständiges Recycling den EI einer Vollnarkose um die Hälfte reduzieren würde.

### **Papier und Karton von Verpackungen**

macht laut Literatur bis zu 37,7% des Abfalls in Operationssälen aus. In unserer Studie ist der Anteil geringer, allerdings wurde nur die anästhesiologische Seite untersucht. Durch das einfache Aufstellen gesonderter Sortierbehälter für Papier und Karton könnte diese Situation verbessert werden. Auf diese Weise hat beispielsweise das Institut Gustave-Roussy durch die Wiederverwertung von Karton und Papier das Gesamtabfallvolumen seines Operationstraktes innerhalb eines Jahres um 28% reduziert [12].

Die Verwertung von Metallen wurde bereits in anderen Gesundheitseinrichtungen erprobt. So hat das Universitäts-

kllinikum Rennes ein System zur Rückgewinnung von Einweg-Metallabfällen entwickelt, das insbesondere Laryngoskopspatel, Flaschen mit Inhalationsanästhetika usw. umfasst.

Nach einem speziellen Dekontaminationsprotokoll wurden so innerhalb von drei Jahren fast 70 Tonnen Einwegmetalle aus den Operationssälen recycelt und das eingesparte Geld zugunsten der operierten Kinder reinvestiert [17].

Ein besonderes Problem stellt medizinisches Glas dar. In einer Gesundheitseinrichtung können pro Jahr bis zu zehn Tonnen medizinisches Glas anfallen. Derzeit gibt es in Frankreich jedoch keine Möglichkeit, medizinisches Glas wiederzuverwerten, da es Rückstände enthält. Es muss zusammen mit den infektiösen klinischen Abfällen entsorgt werden und wird somit bei 600 bis 800 °C verbrannt. Es könnte interessant sein zu erwägen, dass das Glas vor dem Zerkleinern und Verbrennen gespült und das Spülwasser von seriös überwachten Industrieunternehmen aufbereitet wird. In Australien bestehen solche Glasrecyclingprogramme in Krankenhäusern seit den 2000er Jahren.

Bei den Kunststoffen ist die Angelegenheit komplexer. Bereits 1996 hat eine amerikanische Studie gezeigt, dass durch das Recycling des Schlauchsystems von Narkosegeräten jährlich mehrere Tausend Dollar eingespart werden können. Ein interessanter Ansatz in der täglichen Praxis ist der Einsatz von vorbefüllten Spritzen. Der wirtschaftliche Vorteil des Einsatzes von vorbefüllten Ephedrin-Spritzen im Vergleich zur systematischen intraoperativen Vorbereitung dieses Medikaments wurde nachgewiesen.

Insgesamt scheint die Problematik der Abfallverwertung in Zukunft stark von einer aktiven Zusammenarbeit mit den Lieferanten des Gesundheitssektors abhängig zu sein, um umweltverträglichen Produkten und Dienstleistungen so weit wie möglich den Vorzug zu geben.

### **Wahl zwischen Einweg- und Mehrweg-Material**

In unserer Ökobilanz war das gesamte erfasste Material Einwegmaterial. Eine australische Studie aus dem Jahr 2017 hat die finanziellen und ökologischen

Auswirkungen von Anästhesieausrüstungen (Atemschläuche, Gesichtsmasken, Kehlkopfmasken, Laryngoskopspatel, Video-Laryngoskopspatel) in vollständiger Mehrweg- gegenüber vollständiger Einwegausführung untersucht. Das Ergebnis lautete wie folgt:

► Aus finanzieller Sicht sind die jährlichen Kosten für Mehrwegprodukte 44% niedriger als die für Einwegprodukte, da die Anschaffungskosten für Einwegprodukte deutlich höher sind als die Sterilisationskosten für Mehrwegprodukte;

► Aus ökologischer Sicht führt die ausschliessliche Verwendung von Mehrwegprodukten in Australien zu einer gleich hohen CO<sub>2</sub>-Produktion, aber zu einem höheren Wasserverbrauch als die ausschliessliche Verwendung von Einwegprodukten;

► In Europa, wo weniger als ein Viertel der Energieerzeugung von Kohle abhängt, würde die ausschliessliche Verwendung von Mehrwegprodukten die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zur ausschliesslichen Verwendung von Einwegprodukten um mehr als 80% senken.

► Das Hauptargument für Einwegprodukte ist die Hygiene und betrifft insbesondere das Risiko der Übertragung von unkonventionellen Krankheitserregern wie beispielsweise Prionen. Aus ökologischer Sicht gibt es jedoch keine Rechtfertigung für die «Einweg»-Politik.

### **Verzicht auf toxische Inhaltsstoffe:**

#### **Beispiel Phthalate**

Wir haben in unserer täglichen Praxis die Verwendung von Kunststoffen festgestellt, die für den Menschen giftig sind. So enthalten die von uns erfassten Kunststoffe Polyvinylchlorid (PVC) und Polyethylen hoher Dichte (HDPE) Phthalate, die für ihre Toxizität bekannt sind und als krebserzeugend, erbgutverändernd und fortpflanzungsgefährdend eingestuft werden.

2008 schlug ein Bericht des Scientific Committee on Emerging and New Identified Health Risk (SCENIHR), eines Ausschusses der Europäischen Kommission, vor, die Verwendung von phthalathaltigen Medizinprodukten bei bestimmten Patienten (Frühgeborene, Neugeborene, Kinder vor der Pubertät, schwangere oder stillende Frauen) sowie bei bestimmten

Handlungen, bei denen ein längerer und wiederholter Kontakt die Freisetzung dieser Substanzen begünstigt (Bluttransfusionen, Dialyse, enterale und parenterale Ernährung...), einzuschränken [23]. Seit März 2010 müssen Produkte, die Phthalate enthalten, auf dem Gerät selbst oder auf der Verpackung als solche gekennzeichnet werden [24]. Das neue Universitätsklinikum Stockholm, das seit 2017 in Betrieb ist, hat einige Produkte wie Bisphenol A, PVC und HDPE reduziert oder eliminiert.

In der Anästhesie sind Phthalate immer noch in mehreren Geräten des täglichen Gebrauchs enthalten: Absaugkatheter, endotracheale Intubationskatheter, Beutel für intravenöse Infusionen und Blutprodukte, Anästhesieinfusoren und Katheter. Wir halten es für sehr wichtig, dass Apotheker und Pflegepersonal auf die Zusammensetzung von Medizinprodukten achten, um möglichst phthalatfreie Materialien zu wählen.

### **Zum Energieverbrauch**

Auf den Gesundheitsbereich entfallen 2% des französischen Energieverbrauchs, d. h. 21,5 TWh, von denen 60% für Heizung und Kühlung verwendet werden [25]. Die jährlichen Energieausgaben für den Krankensektor belaufen sich auf rund 384 Milliarden Euro, für Heizung auf 287 Milliarden Euro und für Brenn- und Treibstoffe auf 52 Milliarden Euro. Wenn man die Ausgaben für Wasser und Abwasser in Höhe von 118 Milliarden Euro hinzurechnet, beläuft sich die Gesamtsumme auf 841 Milliarden Euro [26]. In Zeiten knapper öffentlicher Haushalte und aufgrund nicht erneuerbarer oder knapper werdender natürlicher Ressourcen ist es wichtig, nach Alternativen zu suchen. Einige Experten gehen davon aus, dass die Kosten für konventionelle Energien in den nächsten 20 Jahren um bis zu 30 Prozent steigen könnten [26]. Man kann sich leicht vorstellen, dass diese Entwicklung für Krankenhäuser, in denen die Technologie einen immer grösseren Stellenwert einnimmt, schwer zu verkraften sein wird. Die Senkung des Energieverbrauchs wird daher zu einem Gebot sowohl in finanzieller als auch in ökologischer Hinsicht.

Anästhesie- und Überwachungsgeräte verbrauchen nicht nur Strom, sondern erzeugen auch giftige Abwässer, darunter Säuren, Lösungsmittel und Schwermetalle wie Arsen und Blei. Diese Stoffe sind dafür bekannt, dass sie krebserregend, teratogen, endokrin störend und neurotoxisch sind [27]. Die Europäische Union hat damit begonnen, die Gestaltung energiebetriebener Produkte zu regulieren, um die Auswirkungen über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu verringern. Alle Texte zielen darauf ab, Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu verhindern und zu begrenzen.

### Über die Freisetzung von Medikamenten in die Umwelt

Es gibt nur wenige Daten über die Umweltauswirkungen von Arzneimitteln.

Die Verschwendung bei der Anästhesie durch unvollständige oder gar keine Verwendung von Arzneimitteln, die im Voraus zubereitet werden, ist gut dokumentiert. Die am meisten verschwendeten Medikamente sind Atropin, Ephedrin, Hypnotika (insbesondere Propofol, Thiopental und Midazolam) und Curare (insbesondere Succinylcholin) [28,29]. Diese Verschwendung führt nicht nur zu einer Überproduktion von Abfall, sondern auch zu schädlichen ökologischen Folgen, da diese Medikamente über das Abwasser entsorgt werden, Kläranlagen erreichen und sogar in Flüsse und ins Grundwasser gelangen. Arzneimittel sind oft so formuliert, dass sie dem biologischen Abbau widerstehen und daher lange in der Umwelt verbleiben können. So zeigte eine Studie aus dem Jahr 2008, dass mehrere Arzneimittel in Oberflächen-, Mündungs- und Grundwasser des Loire-Bretagne-Beckens vorhanden waren [30]. In der Schweiz werden mehr als 97% des Abwassers in Kanälen gesammelt und anschliessend in einer Kläranlage behandelt. Die Schweiz ist eines der wenigen Länder, in denen Mikroverunreinigungen gefiltert werden. Zusätzlich zu den drei konventionellen Abwasserbehandlungsstufen (mechanisch, biologisch und chemisch) haben sich einige Schweizer Kläranlagen für die Installation eines Filtrationssystems mit «Ozon», Aktivkohle oder Sand entschieden [31].

### Verbesserungsvorschläge

AUSWIRKUNGEN	ALTERNATIVEN UND PRÄVENTIONSMASSNAHMEN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung einer CO<sub>2</sub>-Bilanz mittels Bilan Carbone® in den OP-Trakten:               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Audit</li> <li>o Sensibilisierung der Teams aus verschiedenen Fachbereichen</li> <li>o Nachverfolgung</li> </ul> </li> <li>• Einsatz eines FGF ≤ 1 l/min</li> <li>• Bevorzugter Einsatz von Sevofluran anstelle von Desfluran</li> <li>• Einschränkung oder Beendigung des Einsatzes von N<sub>2</sub>O</li> <li>• Quantifizierung und Analyse des Verbrauchs der eingesetzten Medikamente, um einen Einsparungsplan zu erarbeiten (vorbefüllte Spritzen/geringere Dosierung)</li> <li>• Abfälle:               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Papierverbrauch verringern</li> <li>o Optimierung der Verpackungen gemeinsam mit den Lieferanten</li> <li>o Überdenken des ausschliesslichen Einsatzes von Einwegmaterial</li> <li>o Schulung der Teams für die Abfalltrennung</li> <li>o Information der Teams über den durch Medizinprodukte verursachten Abfall</li> <li>o Einsatz einer Strategie zur umweltbewussten Materialauswahl (nachhaltig/biologisch abbaubar/wiederverwertbar/ungiftig)</li> <li>o Zusammenarbeit mit Lieferanten, die über ein Umweltmanagement verfügen (Umweltzeichen) = kurze Wege – erneuerbar – ungiftig – umwelteffizient)</li> </ul> </li> </ul>
	<p>Doppelter Nutzen des Ökodesigns in der Pflege: ökologisch und ökonomisch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilisierung der Fachkräfte, um ihre Vorgehensweisen zu überdenken               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Aushänge zu ökologisch verantwortlichem Handeln</li> <li>o Überwachung des Verbrauchs (Wasser/Strom/Abfälle)</li> </ul> </li> <li>• Energierückgewinnung</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatz phtalathaltiger Medizinprodukte</li> <li>• Einschränkung oder Beendigung des Einsatzes von N<sub>2</sub>O</li> <li>• Bevorzugter Einsatz geschlossener Beatmungssysteme, FGF ≤ 1 l/min / Stecker für Narkosegasabsaugung / Deltasorb®</li> <li>• Beachtung des PBT-Index bei Medikamenten</li> </ul>

Tabelle 2: Alternativen und Prävention

Im Jahr 2013 berichtete eine von einer Verbraucherorganisation in Auftrag gegebene Studie über Spuren von Medikamenten in abgefülltem Wasser [32].

In Schweden leitete die Umwelta Abteilung des Stockholmer Bezirksrats im Jahr 2003 eine Bewertung der Umweltrisiken von Arzneimitteln ein, um die Rückstände von Arzneimitteln im Grundwasser und in der Luft zu reduzieren.

Arbeiten zum Umweltrisiko durch die Freisetzung flüchtiger Anästhetika belegen deren schädliche Auswirkungen auf die Umwelt aufgrund ihrer langen Lebensdauer in der Atmosphäre und ihrer Beteiligung am Treibhauseffekt und an der Zerstörung der Ozonschicht. Distickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O), ein seit langem verwendetes Vollnarkose-Hilfsmittel [33,34],

ist von dieser Kritik besonders betroffen [10]. Es wird empfohlen, seine Verwendung nach sorgfältiger Nutzen-Risiko-Abwägung einzuschränken und möglichst niedrige Frischgasströme zu verwenden [10]. Einige Krankenhäuser, wie das Institut Gustave-Roussy, haben sich dafür entschieden, N<sub>2</sub>O ganz abzuschaffen. Der Operationssaal des Centre Hospitalier Universitaire Vaudois (CHUV) verfügt über keinen direkten Zugang zu Lachgas und hat sich dafür entschieden, hinter jedem Anästhesie-Beatmungsgerät Zusatzflaschen zu installieren. Darüber hinaus hat sich die Einrichtung dafür entschieden, kein Desfluran zu verwenden, das zehnfach umweltschädlicher ist als Sevofluran. Die Umweltgefährdung eines Arzneimittels kann in Form einer Punktzahl, dem

PBT-Index, zusammengefasst werden, der auf der Grundlage seiner Persistenz (P), seiner Bioakkumulation (B) und seiner Toxizität (T) in der aquatischen Umwelt berechnet wird. Jedes dieser Merkmale (P-B-T) hat einen numerischen Wert von 0 bis 3. Die Summe dieser Werte (0 bis 9) bildet den PBT-Index. Je höher der Wert, desto gefährlicher ist der Stoff für die Umwelt. Das Umweltrisiko hingegen bezieht sich auf das Risiko der Toxizität für die aquatische Umwelt. Dieses Risiko kann unbedeutend, gering, mässig oder hoch sein. Ökosysteme scheinen ein höheres Risiko zu haben als der Mensch [35]. In der Anästhesie wurden nur wenige Produkte bewertet. Propofol, Ondansetron und Paracetamol haben einen hohen Index (6, 6 bzw. 5), Curare und Lokalanästhetika haben einen moderateren Index (2 bzw. 4) [36]. Der PBT-Index, aber auch technische Lösungen wie die Einrichtung von Zwischenkläranlagen könnten ein grosser Schritt in Richtung nachhaltige Entwicklung sein.

### Hochrechnung der Ergebnisse

Nach Durchführung einer retrospektiven Recherche wurden im Jahr 2018 bei 270 Patienten unter Vollnarkose eine totale Thyreoidektomie oder eine Lobektomie der Schilddrüse durchgeführt. Die potenziellen jährlichen Umweltauswirkungen für 270 Vollnarkosen entsprechen:

- ▶ Der Herstellung von 148 Stühlen aus Stahl und Polypropylen [37],
- ▶ Der Verwendung von 14 LED-Einbaustrahlern über einen Zeitraum von 25 Jahren [38],
- ▶ Der Herstellung von 222 Alsico® Arbeitshosen [39].

Die finanziellen Einsparungen durch die ordnungsgemässe Trennung von hausähnlichen und infektiösen klinischen Abfällen würden sich auf 32,4 € pro Jahr belaufen und die CO<sub>2</sub>-Einsparungen auf 24,3 kg CO<sub>2</sub> pro Jahr. Letzteres entspricht der Verbrennung von 10 Litern Benzin oder 9 Litern Diesel bzw. einer 141 km langen Fahrt mit einem Diesel-SUV.

### SCHLUSSFOLGERUNG

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Vollnarkose tatsächlich Umweltauswirkungen hat. Die Änderung bestimmter Vorgehensweisen, die eine Schulung und Information aller an der Pflegekette beteiligten Personen bedingt, könnte diese Auswirkungen deutlich reduzieren. So sind die Wahl von Produkten aus nachhaltigen Materialien, die richtige Abfalltrennung, die Schaffung von Verwertungseinrichtungen und die Reduzierung der Medikamentenverschwendung die wichtigsten Optimierungsmöglichkeiten, die im Rahmen eines Ökodesign-Ansatzes in der Anästhesie untersucht werden müssen.

Um ein solches Ziel zu erreichen, können nur eine strukturierte Organisation, Motivation und eine kollektive Änderung unserer Verhaltensweisen die Dinge ändern. Es wird sicherlich Zeit brauchen, aber bleibt uns noch so viel Zeit?

Literaturverzeichnis auf [siga-fsia.ch](http://siga-fsia.ch)

### Kontakt:

Rudy Ferré, dipl. Experte Anästhesiepflege  
NDS HF, Centre hospitalier universitaire  
vaudois (CHUV), Lausanne  
[redaktion@siga-fsia.ch](mailto:redaktion@siga-fsia.ch)