

Ophthalmologie 2023 · 120:932–939  
<https://doi.org/10.1007/s00347-023-01840-6>  
Eingegangen: 23. November 2022  
Überarbeitet: 15. Februar 2023  
Angenommen: 1. März 2023  
Online publiziert: 13. April 2023  
© Der/die Autor(en) 2023



# Erhebung und Reduktion der Abfallproduktion im Augenoperationsbereich

Mael Lever · Nicolai Smetana · Nikolaos E. Bechrakis · Andreas Foerster  
Klinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum Essen, Essen, Deutschland

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** Der Gesundheitssektor steht aufgrund der gesundheitlichen Folgen des Klimawandels vor neuen Herausforderungen. Gleichzeitig trägt dieser selbst zur schweren Klimabilanz unserer Gesellschaft bei. Die erhebliche Produktion von Abfällen durch Krankenhäuser ist hierfür ein wichtiger Aspekt. Ziel dieser Arbeit war es, die Masse an Abfall, die durch Augenoperationen anfällt, zu quantifizieren und – als Optimierungsmaßnahme – den Effekt der Glastrennung zu evaluieren.

**Material und Methoden:** Über 2 Wochen wurde der Abfall, der durch Augenoperationen im Operationsbereich der Universitätsklinik anfiel, gewogen. Eine erneute 2-wöchige Erhebung erfolgte nach Einführung der Trennung von Glas vom Restabfall. Die gewonnenen Daten wurden zwischen den 2 Zeiträumen sowie nach Abfall- (Rest- und Wertstoffabfall) und Eingriffsart (intra-, extraokular) vergleichend analysiert. Durch Anwendung von regionalen Abfallentsorgungskosten war auch ein ökonomischer Vergleich möglich.

**Ergebnisse:** Im ersten Messzeitraum (196 Eingriffe) fielen insgesamt 549,6 kg Abfall an, 87 % (478,3 kg) davon als Restabfall, entsprechend 14,3 t Gesamtabfall jährlich. Durch intraokulare Eingriffe fielen durchschnittlich 80 % mehr Abfall an als durch extraokulare Eingriffe:  $18,1 \pm 3,9$  respektive  $11,4 \pm 4,0$  kg pro Tag und Operationsaal. Durch die Trennung von Glas aus dem Restabfall konnte im zweiten Messzeitraum (197 Eingriffe) die Restabfallmasse um 7,2 % reduziert werden. Da die Entsorgung von Glas in Essen kostenlos ist, entstand hierdurch ein geringer ökonomischer Vorteil (hochgerechnet 112 € jährlich).

**Schlussfolgerung:** Die Menge an Abfall, die durch Augenoperationen entsteht, ist erheblich, mit einem überwiegenden Anteil an nicht wiederverwertbarem Restabfall. Vor allem intraokulare Eingriffe sind für die Abfallmengen verantwortlich. Einfache Maßnahmen wie die Trennung von Glas sind hilfreich und günstig, um die Menge an Restabfall zu reduzieren.

### Schlüsselwörter

Nachhaltigkeit · Augenchirurgie · Abfallmanagement · Klimabilanz · Gesundheitswesen



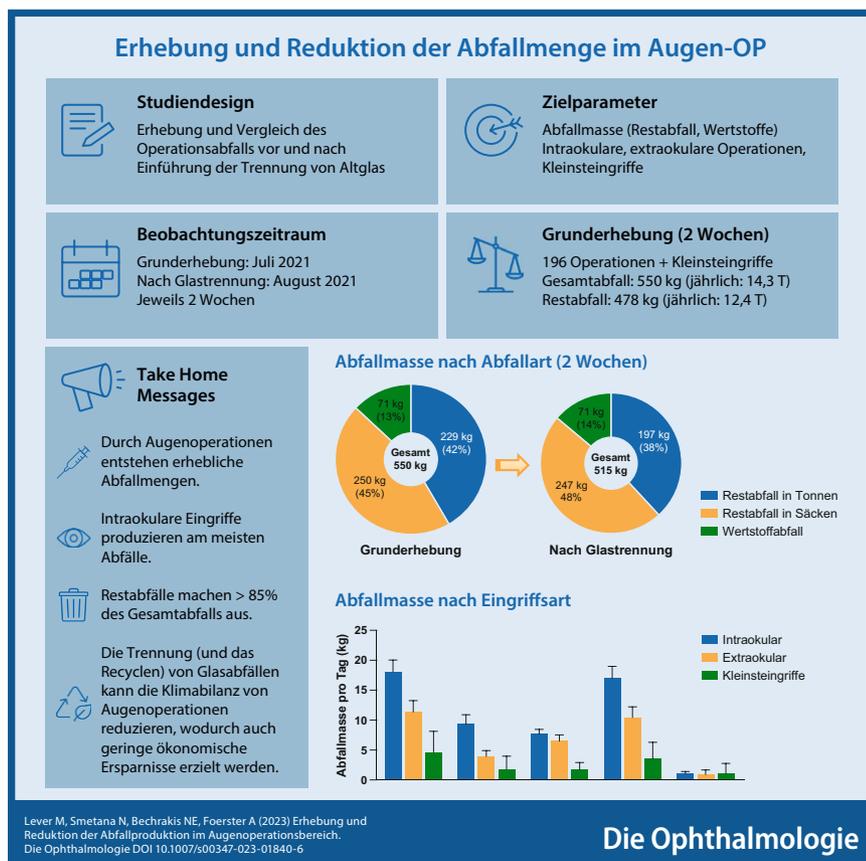
QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Der Klimawandel wirkt sich negativ auf unsere Gesundheit aus. Dabei trägt der Gesundheitssektor selbst mit seinem hohen Energie- und Ressourcenverbrauch sowie der Abfallproduktion erheblich zum Klimawandel bei. Durch die hohen Operationszahlen und die breite Nutzung von Einwegmaterial spielt die Augenheilkunde dabei eine große Rolle. In diesem Artikel werden Abfallmengen aus einem universitären Augenoperati-

onsbereich vorgestellt, und der positive Effekt der Glastrennung auf diese Mengen gezeigt. Schließlich werden weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Klimabilanz von Augenoperationen diskutiert.

Dass wir Menschen für Erderwärmung und Klimawandel verantwortlich sind, ist schon seit 50 Jahren mit der Veröffentlichung des Berichts des Club of Rome 1972 wissen-

## Graphic abstract



schaftlich belegt [14]. Der Verbrauch von Ressourcen und unser Umgang mit der Umwelt wirken sich auf die Biodiversität und auch auf die Gesellschaft negativ aus. Deswegen deklarierte 2007 die britische Zeitschrift *Lancet* und die University College London Institute for Global Health Commission den Klimawandel als größte Bedrohung des Jahrhunderts für die globale Gesundheit [5]. Der Gesundheitssektor, der die Folgen des Klimawandels abfedern soll, trägt jedoch durch einen hohen Ressourcen- und Energieverbrauch selbst erheblich zur Klimabelastung unserer Gesellschaft bei [1]. Im Vereinigten Königreich (UK) ist das öffentliche Gesundheitswesen (National Health Service [NHS]) für 3 % der Kohlendioxid-(CO<sub>2</sub>-)Emissionen des Landes verantwortlich [2]; in den Vereinigten Staaten von Amerika (USA) soll das Gesundheitssystem bis zu 10 % der Gesamtemissionen des Landes verursachen [6]. Ein Großteil dieser CO<sub>2</sub>-Bilanz ist auf die Abfallentstehung, v. a. durch den Einsatz von Einwegmaterial zurückzuführen [19].

So produzieren Krankenhäuser in den USA zusammen täglich 7000 t Abfall [22]. Zum Vergleich fallen im Universitätsklinikum Essen täglich 9 t Abfall an. Und innerhalb von Krankenhäuser wird geschätzt, dass Operationsbereiche für ca. 25 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich sind [22].

In der Augenheilkunde zeigten Umfragen in Neuseeland und den USA, dass der Klimawandel eine hohe Sichtbarkeit und Relevanz beim ärztlichen und pflegerischen Personal hat [2, 4]. Bereits 2013 widmeten sich Morris et al. der Kalkulation einer CO<sub>2</sub>-Bilanz von Kataraktoperationen und errechneten, dass eine Phakoemulsifikation mit Kunstlinsenimplantation im UK so viel CO<sub>2</sub> verursacht wie ein erwachsener Brite innerhalb einer Woche [15]. Darauf folgten Untersuchungen in weiteren Ländern und zu unterschiedlichen Eingriffen, die zusammen die negative Klimabilanz der Augenchirurgie aufzeigten [7, 9, 11, 12, 17]. Gleichzeitig helfen diese Untersuchungen entsprechend dem 5R-Prinzip („reduce, reuse, recycle, rethink, and re-

search“), Maßnahmen zu identifizieren, die diese Klimabilanz verbessern, sodass das Gesundheitswesen möglichst bald klimaneutral agieren kann [13]. Die Vermeidung von Abfällen ist eine wichtige Maßnahme zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Bilanz eines Krankenhauses und Recycling spielt dabei eine wichtige Rolle. Glas ist hierfür bestens geeignet, da es ohne Qualitätsverlust unendlich oft wiederverarbeitet werden kann.

Da bisher deutsche Zahlen zu der Abfallentstehung in ophthalmologischen Operationssälen fehlen [23], war ein Ziel dieser Arbeit, die Abfallmenge, die im Operationsbereich der Augenklinik des Uniklinikums Essen anfällt, zu erfassen. Anschließend wurde als Intervention zur Reduktion der Abfallmenge die Trennung von Glas aus den Restabfällen eingeführt und der Effekt dieser Maßnahme im Vergleich zur Erstmessung evaluiert.

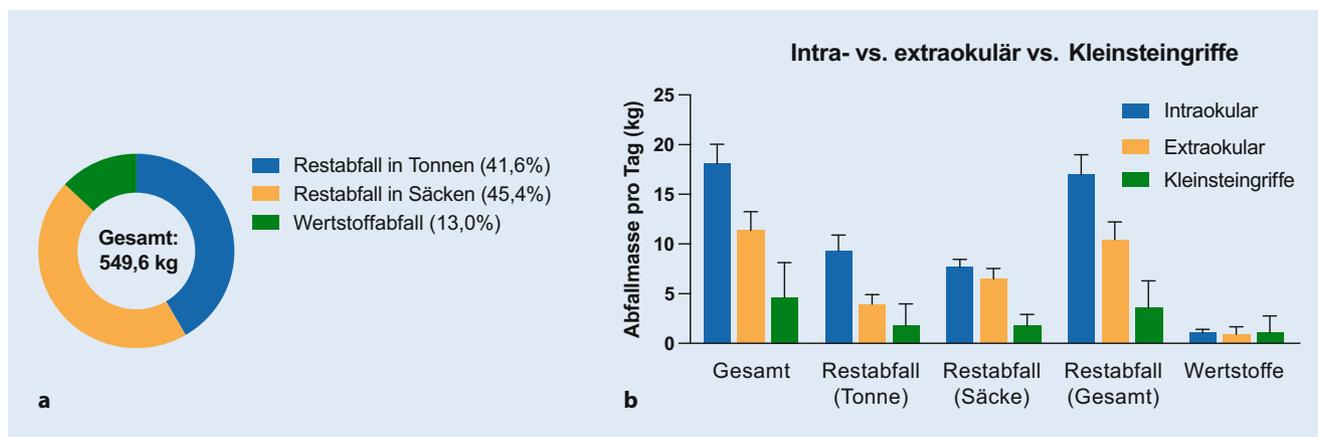
## Methodik

### Eigenschaften des Augenoperationsbereichs

In der Augenklinik des Universitätsklinikums Essen fanden im Studienzeitraum an 3 Tagen in der Woche Augeneingriffe in 4 Operationssälen und an den weiteren 2 Tagen in 3 Operationssälen statt. Es wurden täglich vitreoretinale und intraokulare Operationen am vorderen Augenabschnitt durchgeführt; an einem Tag finden in einem Operationssaal IVOMs statt; Narkoseinspektionen nehmen wöchentlich die Kapazitäten von 2 OP-Saal-Tagen ein; weiterhin finden an 4 (OP-Saal-)Tagen extraokulare Eingriffe statt (Lid- und Augenmuskelchirurgie, Augenapplikatoren bei intraokularen Tumoren).

### Modalitäten der Abfallentsorgung

Am Universitätsklinikum Essen wird der Abfall in Operationsbereichen vor der Entsorgung wie folgt getrennt: Sauberer Wertstoffabfall (vorwiegend Plastik- und Papierverpackung) wird in gelben Säcken gesammelt, der restliche Abfall (nicht wiederverwertbare oder kontaminierte Abfälle) wird in roten Säcken und roten Tonnen (für Flüssigkeiten und Abfälle mit potenziellem Verletzungsrisiko) entsorgt; Glasabfall wurde im Augen-OP bis nach dem



**Abb. 1** ▲ Abfallmenge nach Abfall- und Eingriffsart im ersten Erhebungszeitraum. **a** zeigt die Gesamtabfallmenge nach Abfallart im ersten Erhebungszeitraum: Wertstoffabfall (v. a. Verpackung), Restabfall in Säcken (kontaminierte und nicht wiederwertbare Abfälle) und in Tonnen (Flüssigkeiten, feste Abfälle mit Verletzungsrisiko, hier inklusive Glas). **b** stellt die durchschnittliche Gesamtabfallmasse (in kg) sowie die Masse an Wertstoffabfall und Restabfall (Tonnen, Säcke) und zusammengefasst pro Operationstag dar. Die Daten werden nach Operationssaal für intraokulare, extraokulare und Kleinsteingriffe (Narkoseinspektionen und intravitreale operative Medikamentenapplikationen) separat angezeigt

ersten Erhebungszeitraums dieser Studie in den roten Tonnen für Restabfall entsorgt, danach ausschließlich in dafür vorgesehenen grauen Tonnen; Organe und hochinfektiöser Abfall werden in schwarzen Tonnen entsorgt – diese kommen im Augen-OP nicht zum Einsatz. Für das Universitätsklinikum Essen ist die Entsorgung von Wertstoffen (gelber Sack), Papier und Glas kostenlos. Im Gegensatz dazu fallen für die Entsorgung von Restabfall (Tonnen und Säcke) 0,136 € pro Kilogramm an.

### Erhebung der Grundabfallmenge

Die Erhebung der anfallenden Abfallmassen wurde an Wochentagen vom 5. bis 16. Juli 2021 (2 Wochen) während des Regelprogramms durchgeführt. Es wurde der durch die Augenklinik entstehende Abfall gemessen. Der durch die Anästhesieabteilung oder im Nachtdienst und an Wochenenden anfallende Abfall konnte aus logistischen Gründen nicht berücksichtigt werden. Die Abfallsäcke und -tonnen wurden entsprechend dem üblichen Entsorgungsturnus vom Reinigungspersonal des Operationsbereiches mit einer digitalen Kofferwaage (Firma Luxebell, maximale Belastbarkeit: 50 kg, Genauigkeit: 10 g) gewogen und die resultierenden Werten unmittelbar dokumentiert.

### Intervention zur Reduktion des Restabfalls

Nach Auswertung dieser Erhebung wurde entschieden, als erste Maßnahme den Glasabfall vom Restmüll zu trennen. Das gesamte Operationspersonal der Augenklinik wurde schriftlich und mündlich über diese Änderung instruiert. Nach einer Probezeit von 2 Wochen wurden nach gleicher Methode wie für die Initialerhebung erneut für 2 Wochen – vom 16. bis 27. August 2021 – die anfallenden Abfallmassen erhoben.

Schließlich wurden beide Zeiträume verglichen. Die Daten wurden zusätzlich für intraokulare, extraokulare und Kleinsteingriffe (Narkoseuntersuchungen und intravitreale operative Medikamentenapplikation [IVOMs]) differenzierend ausgewertet.

### Statistik

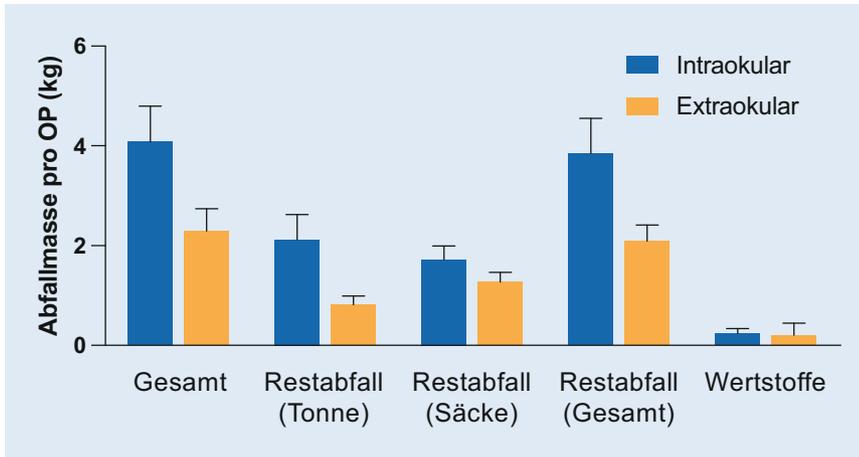
Die Daten wurden in Microsoft Excel (Microsoft, Redmond, WA, USA) erfasst. Statistische Analysen wurden mit der Software Prism 9.3 (GraphPad, La Jolla, CA, USA) berechnet. In dieser Arbeit werden dichotome Variablen als absolute und relative Häufigkeiten ( $n$ , %) dargestellt, kategorische Variablen als Median  $\pm$  Interquartilbereich (IQR) und kontinuierliche Variablen als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung (SD).

### Ergebnisse

#### Erhebung der Grundabfallmenge

Während des ersten Messzeitraumes wurden im Augen-OP insgesamt 196 Eingriffe durchgeführt (ausgenommen Narkoseinspektionen und IVOMs). Auf die untersuchten Eingriffe entfielen 549,6 kg Abfall. Der Gesamtabfall bestand aus 478,3 kg Restabfall (228,6 kg in 56 Tonnen; 249,7 kg in 166 Säcken) und 71,3 kg Wertstoffabfall (64 Säcke). Somit machten Restabfälle mit 87 % den Hauptteil des Gesamtabfalls aus. Auf 1 Jahr (52 Wochen) hochgerechnet, entsprechen diese Mengen 14,3 t Gesamtabfall, davon 12,4 t Restabfall.

Weiterhin wurden die täglichen Abfallmengen in OP-Sälen mit intraokularen, extraokularen und mit Kleinsteingriffen verglichen. Hierbei zeigte sich, dass bei intraokularen Eingriffen täglich  $18,1 \pm 3,9$  kg Abfall pro OP-Saal anfallen, verglichen zu  $11,4 \pm 4,0$  kg bei extraokularen Eingriffen und  $4,6 \pm 2,8$  kg bei Kleinsteingriffen. Die **Abb. 1** zeigt die Aufteilung der Abfallmassen nach Eingriffs- und Abfallart. Dass intraokulare Eingriffe deutlich mehr Abfall verursachen als Extraokulare, zeigt sich auch nach Analyse der Abfallmasse pro Eingriff (**Abb. 2**). Pro intraokularem Eingriff fielen  $4,1 \pm 1,4$  kg Gesamtabfall an, im Vergleich zu  $2,3 \pm 0,6$  kg bei den extraokularen. Somit entstehen bei intraokularen



**Abb. 2 ▲** Vergleich der Abfallmenge pro intraokularem und extraokularem Eingriff im ersten Erhebungszeitraum. Diese Abbildung stellt die durchschnittliche Gesamtabfallmasse (in kg), sowie die Masse an Wertstoffen und Restabfall (Tonnen, Säcke und zusammengefasst) pro intra- und extraokularem Eingriff vergleichend dar

Eingriffen rund 1,8-mal mehr Abfälle als bei extraokularen.

### Abfallmenge nach Trennung von Glasabfällen

Bei der Auswertung der Daten aus dem ersten Zeitraum fiel auf, dass Glasabfall über den Restabfall (Tonnen) entsorgt wurden, obwohl dieser getrennt gesammelt werden sollte. Das Personal im Operationsbereich wurde daraufhin über diese Vorgabe ausführlich instruiert. Seitdem erfolgt die Sammlung von Glasabfall in den vorgesehenen grauen Tonnen. Nach einer Umstellungsphase von 2 Wochen wurde der Effekt dieser Maßnahme auf die anfallende Restabfallmenge untersucht. Hierfür wurde erneut über 2 Wochen der anfallende Rest- und Wertstoffabfall gewogen. Der Glasabfall selbst konnte aus organisatorischen Gründen nicht erhoben werden. Während dieses zweiten Messzeitraumes wurden im Augen-OP insgesamt 197 Eingriffe durchgeführt (ausgenommen Narkoseinspektionen und IVOMs). Hierbei fielen insgesamt 468,2 kg Abfall an. Der Abfall teilte sich in 403,5 kg Restabfall (178,8 kg in 42 Tonnen und 224,7 kg in 142 Säcken, zusammen 86%) und 64,8 kg Wertstoffabfall (51 Säcke) auf.

### Auswirkung der Glastrennung auf die anfallende Restabfallmenge

Der Vergleich beider Messzeiträume zeigt, dass nach Trennung des Glasabfalles (zweiter Zeitraum) die Gesamtabfallmasse um 15% geringer ausfällt (■ Tab. 1, Rohwerte). Allerdings fällt auch auf, dass diese Reduktion trotz der vergleichbaren Anzahl an intra- und extraokularen Eingriffen nicht nur die Masse der Restabfalltonnen betrifft, sondern auch die Masse an Wertstoffen und Restabfall in Säcken. Um diesen systemischen Fehler auszugleichen, wurde nach der Masse an Wertstoffen adjustiert – die 64,8 kg im zweiten Zeitraum wurden mit dem Umrechnungsfaktor 1,10 auf die Masse von 71,3 kg im ersten Zeitraum angepasst. Nach Anwendung des Umrechnungsfaktors auf alle anderen Messdaten war der Massenunterschied der Zeiträume beim Restabfall in Säcken ebenfalls ausgeglichen (Restdifferenz 1%), sodass eine weitere Adjustierung nicht erforderlich erschien. Daraus ergab sich eine korrigierte Gesamtabfallmasse im zweiten Zeitraum von 515,0 kg, bestehend aus 443,9 kg Restabfall (196,7 kg in Tonnen und 247,2 kg in Säcken) und unveränderten 71,3 kg Wertstoffabfall. Der Massenunterschied der Restabfalltonnen zwischen beiden Zeiträumen betrug somit 31,9 kg, was eine Reduktion von 14% darstellt; auf den gesamten Restabfall bezogen, liegt der Unterschied bei 7% (■ Tab. 1, adjustierte Werte). Es kann angenommen werden, dass dieser

Unterschied der Trennung von Glasabfall zugeschrieben werden kann.

### Mögliche ökonomische Konsequenzen

Anhand der festgestellten Unterschiede wurde schließlich ausgerechnet, welchen ökonomischen Effekt die Glastrennung haben könnte. Auf Basis der Abfallentsorgungskosten für unser Klinikum entfallen ohne Glastrennung (erster Zeitraum) jährliche Abfallentsorgungskosten von 1691,27 €. Durch die Vermeidung von 31,9 kg Restabfall durch die Glastrennung konnten innerhalb von 2 Wochen 4,34 € gespart werden. Auf 1 Jahr (52 Wochen) hochgerechnet, entspräche dies einer Ersparnis von 112,84 €.

### Diskussion

In dieser Studie wurde zunächst die anfallende Abfallmenge (Rest- und Wertstoffabfall) im Augenoperationsbereich quantifiziert und nach Eingriffsart differenziert untersucht. Als Verbesserungsmaßnahme wurde anschließend der Glasabfall vom Restabfall getrennt. Schließlich wurde der Effekt dieser Maßnahme auf die Restabfallmenge und auf die Abfallentsorgungskosten gemessen. Im Wesentlichen konnten folgende Beobachtungen gemacht werden:

- Die durch Augeneingriffe anfallenden Abfallmengen sind erheblich.
- Bei intraokularen Eingriffen fallen am meisten Abfälle an.
- Restabfälle machen über 85% der anfallenden Abfälle aus.
- Durch Trennung und somit Recycling von Glasabfällen kann die Restabfallmenge reduziert und dabei können geringe ökonomische und CO<sub>2</sub>-Ersparnisse und erzielt werden.

Als Erstes haben wir uns in dieser Studie mit der Gesamtmasse an Abfällen, die durch ophthalmochirurgische Eingriffen anfallen, beschäftigt. So fanden wir heraus, dass in der Universitätsaugenklinik Essen innerhalb von 2 Wochen ca. eine halbe Tonne Abfall entsteht. Der Großteil dieser Abfälle (80%, 478,3 kg) waren Restabfälle, die im weiteren Verlauf verbrannt werden – im Gegensatz dazu werden Wert-

Tab. 1 Vergleich der Abfallmengen vor und nach Trennung von Glasabfall									
	Gesamt			Restabfall (Tonne)		Restabfall (Säcke)		Wertstoffe	
	Masse (kg)	Masse (kg)	%	Masse (kg)	%	Masse (kg)	%	Masse (kg)	%
<i>Rohwerte</i>									
Vor Glastrennung	549,6	478,3	87,0	228,6	41,6	249,7	45,4	71,3	13,0
Mit Glastrennung	468,2	403,5	86,2	178,8	38,2	224,7	48,0	64,8	13,8
Differenz	81,4 (14,8%)	74,8 (15,6%)	–	49,8 (21,8%)	–	25,0 (10,0%)	–	6,5 (9,1%)	–
<i>Adjustierte Werte</i>									
Mit Glastrennung	515,0	443,9	86,2	196,7	38,2	247,2	48,0	71,3	13,8
Differenz	34,6 (6,3%)	34,5 (7,2%)	–	31,9 (14,0%)	–	2,5 (1,0%)	–	0,0 (0,0%)	–
Die Tabelle fasst die Abfallmassen nach Abfallart in den Zeiträumen vor und nach Glastrennung aus dem Restabfall zusammen. Es wird auch der relative Anteil der Abfallarten zur Gesamtabfallmenge angegeben. Die „Rohwerte“ des zweiten Zeitraumes wurden zusätzlich nach der Wertstoffabfallmenge adjustiert („adjustierte Werte“, Faktor 1,10). Die Differenz aus beiden Zeiträumen wird sowohl als absolute Masse (in kg) und relativ zu den Werten aus dem ersten Zeitraum (in %) angezeigt									

stoffabfälle des Universitätsklinikum Essen recycelt. Diese Restabfallmenge ist erheblich und entspricht ungefähr der Masse an Haushaltsabfällen, die in Deutschland im Jahr 2019 pro Person entstand (laut dem Statistischen Bundesamt durchschnittlich 457 kg).

Des Weiteren stellten wir fest, dass intraokulare Eingriffe (Katarakt-, vitreoretinale und Glaukomchirurgie) 1,8-mal mehr Abfall produzieren als extraokulare (Augenmuskel-, Lid- und Tumorchirurgie). Bezüglich der Klimabilanz von intraokularer Chirurgie liegen mittlerweile einige Untersuchungen vor. Interessant ist, dass diese Bilanz deutlich von der Operationstechnik und der Region abhängt. Im Falle der Phakoemulsifikation variiert die Abfallproduktion zwischen 0,19 kg in Ostafrika (Eswatini), 0,25 kg in Indien [20], 0,83 kg in Malaysia [11], 2,8 kg in Frankreich [7] und 4,3 kg im UK [9]. Bei der „manual small incision cataract surgery“ (MSICS) ist diese Menge geringer (zwischen 0,18 kg in Eswatini und 2,3 kg in Neuseeland) [9]. Bei Trabekulektomien sind die Unterschiede ähnlich; pro Operation fallen in Indien 0,5 kg Abfall an, hingegen 1,4 kg in den USA [17]. Mit dem in unserem Operationsbereich gemessenen Durchschnittswert von 4,1 kg pro Eingriff liegen wir somit eindeutig im oberen Bereich der weltweiten Spannweite, auch wenn ein direkter Vergleich nicht möglich ist, da unsere Daten keine Unterscheidung zwischen Katarakt-, Glaukom- und Netzhautchirurgie ermöglichen. Vergleichbare Zahlen für extraokulare oder vitreoretinale Eingriffe fehlen bisher. Jedoch ist hierzu erwähnenswert, dass der Treib-

hauseffekt von Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>), das häufig bei Vitrektomien eingesetzt wird, nach 100 Jahren dem 23.900fachen von CO<sub>2</sub> entspricht [16], was trotz der kleinen Volumina eine nennenswerte Relevanz für die ökologische Bilanz unseres Faches hat. Kurzum, ophthalmologische Eingriffe machen durch ihre hohe Anzahl (geschätzt 10 Mio. Kataraktoperationen jährlich weltweit [8]) einen relevanten Anteil am ökologischen Fußabdruck des Gesundheitssystems aus. Diese Zahlen zeigen, welch großes Einsparpotenzial sich hier verbirgt, insbesondere, wenn sich Maßnahmen international umsetzen lassen.

Eine weitere wichtige Erkenntnis ist, dass in unserem Operationsbereich 85% der Abfälle nicht wiederverwertbar sind (Restabfälle). Diese Zahl ist vergleichbar mit den 2,3–3,9 kg Abfällen, die in den USA pro Kataraktoperation in Mülldeponien landen [11]. Im Gegensatz dazu werden in Indien bis zu zwei Drittel der Abfälle recycelt [20] und eine Hälfte in Malaysia [11]. Ebenso ergab eine ältere Untersuchung im UK, dass die Hälfte der CO<sub>2</sub>-Äquivalente bei Operationen durch nicht wiederverwertbare Materialien anfallen [19]. Der sehr geringe Anteil an wiederverwertbarem Abfall in unserem Setting ist dem Umstand geschuldet, dass der überwiegende Teil der verwendeten Materialien aus Einwegartikeln besteht. Zusätzlich zu den Vitrektomie- und Phako-Kassetten trifft dies auch auf die Abdecktücher für Patienten und Instrumententische zu.

Um die Masse an Restabfall zu verringern, wurde in unserem Operationsbereich nach dem ersten Erhebungszeitraum

Glasabfall vom Restabfall getrennt. Somit konnten wir die Masse an Restabfällen ohne Zusatzkosten um 7% verringern. Dadurch dass die Glasentsorgung für das Universitätsklinikum Essen kostenfrei ist, entstehen sogar geringfügige ökonomische Einsparungen. Weiterhin ist Glastrennung generell sinnvoll, da Glas ohne Qualitätsverlust unbegrenzt wiederverwendet werden kann [21] und weil durch Hinzugabe von Altglas bei der Glasherstellung signifikante Energie- und Rohstoffeinsparungen erzielt werden können. Die Wahrnehmung dieser Maßnahme durch das Personal im OP-Bereich wurde hier nicht untersucht; allgemein lässt sich aber sagen, dass für sie der geringe Aufwand der Handlungsumstellung deutlich kleiner war als der empfundene Vorteil, Glas als Wertstoff einem Recyclen zur Verfügung zu stellen, anstatt es zu zerstören.

Dennoch ist der Glasanteil am Gesamtabfall verhältnismäßig gering, und um die Abfallproduktion merklicher zu reduzieren, sind weitere Maßnahmen erforderlich. Die Erfahrung aus weniger industrialisierten Ländern wie Indien zeigt, dass in der westlichen Augenchirurgie ein enormes Potenzial an Ressourceneinsparungen liegt: Durch Maßnahmen wie die Resterilisation von Phako-Tips, mehrmalige Benutzung von Operationskitteln und Handschuhen (mit zwischenzeitlicher Desinfektion) wird dort der Anteil an wiederverwendbarem Abfall erhöht und der Gesamtabfall erheblich reduziert [20]. Die meisten dieser Maßnahmen sind in Deutschland kaum vorstellbar, da hygienische Vorgaben dies nicht zulassen und weil die Anweisungen der Behörden, Produkte- und Ge-

rätehersteller eine solche Benutzung verbieten. Überraschend ist in diesem Zusammenhang dann, dass die Endophthalmitisrate nach Phakoemulsifikation in der eben zitierten indischen Augenklinikgruppe bei 0,01 % liegt [10] und somit niedriger als die in US-amerikanischen Studien angegebenen 0,04 % ist [18]. Aufgrund dieser Feststellung und im Sinne der ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit argumentierte David Chang in *Ophthalmology* für eine wissenschaftlich fundierte Überarbeitung der aktuell geltenden Hygienepraktiken [3].

Eine Vielzahl von Optimierungsmaßnahmen lösen möglicherweise stark polarisierende Meinungen aus (z.B. die Mehrfachnutzung von Phako-Tips oder chirurgischen Kitteln, die routinemäßige „same-day“ bilaterale Kataraktoperation). Weitere Maßnahmen zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Bilanz von Augeneingriffen bestehen jedoch, wie beispielsweise bauliche Maßnahmen (z.B. Modernisierung von Lüftungs- und Beleuchtungstechnik) oder die Beziehung von Strom aus erneuerbaren Quellen. Schließlich können auch im

anästhesiologischen Bereich CO<sub>2</sub>-Einsparungen erzielt werden, da Narkosegase zu den größten Verursachern von Treibhausgasemissionen im Gesundheitswesen zählen [13]. Zum Beispiel wird deswegen – auch am Universitätsklinikum Essen – die Wiederaufnahme von ausgeatmeten Narkosegasen aus den Beatmungsgeräten erprobt.

### Limitationen

Bei der Interpretation der vorgestellten Ergebnisse müssen bestimmte Limitationen berücksichtigt werden. Erstens bestehen bezüglich der Messungen gewisse Unsicherheiten, dadurch dass die Erhebungszeiträume kurz (jeweils 2 Wochen) waren, dass die getrennte Glasabfallmenge nur geschätzt und nicht direkt gemessen werden konnte und dass die Einhaltung der Maßgabe zur Glastrennung durch das Personal im Operationsbereich nicht systematisch kontrolliert wurde. Eine gewisse Überschätzung der tatsächlichen Abfallmassen könnte bei den vorgestellten Messungen dadurch entstanden sein, dass

Flüssigkeiten, die über die Restabfalltonnen entsorgt wurden, mitgewogen wurden – hierdurch entsprechen unsere Messungen nicht der Masse an festem Abfall, die in anderen Studien vorgestellt wurden. Andererseits entsprechen die hier präsentierten Abfallmengen nur einem Anteil der tatsächlich anfallenden Mengen, weil nur die Eingriffe während der Regelarbeitszeit erfasst wurden (nicht die im Dienst oder am Wochenende stattgefundenen Eingriffe) und weil weitere Abfälle wie die Umverpackung der benutzten Materialien nicht berücksichtigt wurden. Dass die Erhebungen in den Sommermonaten stattfanden, führt möglicherweise ebenfalls dazu, dass die gemessenen Mengen eine Unterschätzung des Jahresdurchschnittes repräsentieren, weil in diesem Zeitraum das OP-Programm erfahrungsgemäß etwas reduziert ist; schließlich fehlen in dieser Studie der Abfallanteil komplett, der auf die Anästhesieabteilung zurückfällt, sowie die Spitzabfälle. Außerdem können die Kostenkalkulationen nur als grobe Annäherung erachtet werden, dadurch dass zusätzliche Kosten wie Anschaffungskosten der verschiede-

Hier steht eine Anzeige.



denen Abfallbehältnisse (Tonnen, Säcke) nicht berücksichtigt wurden. Letztlich ist eine Generalisierung unserer Beobachtungen schwierig, weil zwischen den Kliniken die Anzahl und Art der Eingriffe deutlich variieren und weil die Abfallentsorgungsmodalitäten regionalen Unterschieden unterliegen.

## Ausblick

Augenoperationen produzieren viel Abfall, der überwiegend aus Restabfall besteht und damit nicht wiederverwertet wird. Da Nachhaltigkeitsüberlegungen in der Augen Chirurgie bisher in ihren Anfängen stehen, resultiert aus dieser Feststellung ein hohes Potenzial für Ressourceneinsparungen. Umweltschutz betrifft jeden von uns im beruflichen, ebenso wie im privaten Bereich. So gilt es, Maßnahmen, die die Klimabilanz unseres Faches verbessern, zu identifizieren und diese unter Beibehalten der medizinischen Versorgungsqualität rasch umzusetzen.

### Fazit für die Praxis

- Die Analyse von Handlungsabläufen ermöglicht das Identifizieren von Maßnahmen zur Reduktion unserer beruflichen Klimabilanz.
- Innerhalb der Augen Chirurgie sind v. a. intraokulare Eingriffe für die Entstehung erheblicher Abfallmengen verantwortlich.
- Die Reduktion der Restabfallmenge ist eine der Maßnahmen durch die die Klimabilanz der Augen Chirurgie verbessert werden kann.

### Korrespondenzadresse

**Dr. med. Mael Lever**  
Klinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum Essen  
Hufelandstr. 55, 45147 Essen, Deutschland  
mael.lever@uk-essen.de

**Danksagung.** Die Autoren bedanken sich beim gesamten Operationspersonal und insbesondere beim Reinigungspersonal für die Messung der Abfallmengen.

**Funding.** Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

## Survey and reduction of waste production from eye surgery

**Background:** The health sector is facing new challenges due to the impact of climate change on health. At the same time, it significantly contributes to our society's climate footprint. Hospitals producing considerable amounts of waste are an important aspect of this burden. The aim of this work was to quantify the amount of waste produced by eye surgery and, as an optimization measure, to evaluate the effect of glass separation from residual waste.

**Material and methods:** Over a 2-week period, the waste generated by eye operations in the surgical theater of our university hospital was measured. Another 2-week long measurement was conducted after the initiation of glass separation from general waste. The data obtained allowed a comparison of the two periods, the type of waste (residual and recyclable) as well as the type of operation (intraocular, extraocular). Considering regional waste disposal costs, an economic comparison was also performed.

**Results:** In the first measurement period (196 operations), a total of 549.6 kg of waste was generated, 87% (478.3 kg) of which was residual waste, corresponding to 14.3 tons of total waste annually. Intraocular procedures generated on average 80% more waste than extraocular procedures:  $18.1 \pm 3.9$  kg and  $11.4 \pm 4.0$  kg, respectively, per day and theater. Separation of glass from residual waste reduced its quantity by 7.2% in the second measurement period (197 procedures). As the disposal of glass is free of charge in the city of Essen, this resulted in a small economic advantage (extrapolated to 112 € per year).

**Conclusion:** The amount of waste generated by ophthalmic surgery is substantial, with a predominant proportion of non-recyclable residual waste. Intraocular operations are the cause of the majority of the waste produced. Simple measures, such as disposing of glass separately, are helpful and inexpensive to reduce the quantity of residual waste.

### Keywords

Sustainability · Ophthalmic surgery · Waste management · Carbon footprint · Healthcare system

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** M. Lever, N. Smetana, N.E. Bechrakis und A. Foerster geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

**Open Access.** Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

## Literatur

1. Birtel J, Heimann H, Hoerauf H et al (2022) Sustainability in ophthalmology: Adaptation to the climate crisis and mitigation. *Ophthalmologie*. <https://doi.org/10.1007/S00347-022-01608-4>
2. Chandra P, Gale J, Murray N (2020) New Zealand ophthalmologists' opinions and behaviours on climate, carbon and sustainability. *Clin Experiment Ophthalmol* 48:427–433. <https://doi.org/10.1111/ceo.13727>
3. Chang DF (2020) Needless waste and the sustainability of cataract surgery. *Ophthalmology* 127:1600–1602. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2020.05.002>
4. Chang DF, Thiel CL (2020) Survey of cataract surgeons' and nurses' attitudes toward operating room waste. *J Cataract Refract Surg* 46:933–940. <https://doi.org/10.1097/J.JCRS.0000000000000267>
5. Costello A, Abbas M, Allen A et al (2009) Managing the health effects of climate change: Lancet and University College London Institute for Global Health Commission. *Lancet* 373:1693–1733. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60935-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60935-1)
6. Eckelman MJ, Sherman JD (2018) Estimated global disease burden from US health care sector greenhouse gas emissions. *Am J Public Health*

- 108:S120–S122. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2017.303846>
7. Ferrero A, Thouvenin R, Hoogewoud F et al (2022) The carbon footprint of cataract surgery in a French University Hospital. *J Fr Ophtalmol* 45:57–64. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2021.08.004>
  8. Foster A, Frcopth F (2000) VISION 2020: THE CATARACT CHALLENGE. *Community Eye Health* 13:17
  9. Goel H, Wemyss TA, Harris T et al (2021) Improving productivity, costs and environmental impact in International Eye Health Services: using the 'Eyeefficiency' cataract surgical services auditing tool to assess the value of cataract surgical services. *Bmj Open Ophthalmol* 6:e642. <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2020-000642>
  10. Haripriya A, Chang DF, Ravindran RD (2017) Endophthalmitis reduction with Intracameral moxifloxacin prophylaxis: analysis of 600 000 surgeries. *Ophthalmology* 124:768–775. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2017.01.026>
  11. Khor HG, Cho I, Lee KRCK, Chieng LL (2020) Waste production from phacoemulsification surgery. *J Cataract Refract Surg* 46:215–221. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000009>
  12. Latta M, Shaw C, Gale J (2021) The carbon footprint of cataract surgery in Wellington. *N Z Med J* 134:13–21
  13. MacNeill AJ, Lillywhite R, Brown CJ (2017) The impact of surgery on global climate: a carbon footprinting study of operating theatres in three health systems. *Lancet Planet Health* 1:e360–e367. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30162-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30162-6)
  14. Meadows DH, Meadows DL, Randers J, Behrens WW (2018) The limits to growth. In: *Green planet blues*. Routledge, London, S25–29
  15. Morris DS, Wright T, Somner JEA, Connor A (2013) The carbon footprint of cataract surgery. *Eye* 27:495–501. <https://doi.org/10.1038/eye.2013.9>
  16. Moussa G, Andreatta W, Ch'ng SW et al (2022) Environmental effect of air versus gas tamponade in the management of rhegmatogenous retinal detachment VR surgery: A multicentre study of 3,239 patients. *PLoS ONE* 17:e263009. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263009>
  17. Namburur S, Pillai M, Varghese G et al (2018) Waste generated during glaucoma surgery: A comparison of two global facilities. *Am J Ophthalmol Case Rep* 12:87–90. <https://doi.org/10.1016/j.ajoc.2018.10.002>
  18. Pershing S, Lum F, Hsu S et al (2020) Endophthalmitis after cataract surgery in the United States: A report from the intelligent research in sight registry, 2013–2017. *Ophthalmology* 127:151–158. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2019.08.026>
  19. Thiel CL, Eckelman M, Guido R et al (2015) Environmental impacts of surgical procedures: life cycle assessment of hysterectomy in the United States. *Environ Sci Technol* 49:1779–1786. <https://doi.org/10.1021/ES504719G>
  20. Thiel CL, Schehlein E, Ravilla T et al (2017) Cataract surgery and environmental sustainability: Waste and lifecycle assessment of phacoemulsification at a private healthcare facility. *J Cataract Refract Surg* 43:1391–1398. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.08.017>
  21. Umweltbundesamt Glas und Altglas [https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-](https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehler-abfallarten/glas-altglas#massenprodukt-glas)
  22. Weiss A, Hollandsworth HM, Alseidi A et al (2016) Environmentalism in surgical practice. *Curr Probl Surg* 53:165–205. <https://doi.org/10.1067/j.cpsurg.2016.02.001>
  23. Wirbelauer C, Geerling G (2022) Use of resources in cataract surgery—More waste is (not) always possible. *Ophthalmologe*. <https://doi.org/10.1007/s00347-022-01629-z>



## Bilder sagen mehr als Worte

**Wir suchen Ihre informativen und überraschenden Bilder!**



© Fotimmz / Fotolia

Verlag und Herausgebende von *Die Ophthalmologie* laden Sie ein, die aufschlussreichsten Bilder aus Ihrem Alltag mit der Community zu teilen.

Schicken Sie uns Ihre Aufnahme oder eine klinisch-pathologische Korrelation mit einer prägnanten und aussagekräftigen Bildlegende.

Eine Auswahl der informativsten Schnappschüsse und klinisch-pathologischen Korrelationen werden dann, inklusive der Geschichte dahinter, in *Die Ophthalmologie* veröffentlicht. Wir freuen uns auf Ihre Beteiligung!

### Hinweise zur Einreichung:

- 1 Abbildung bestehend aus max. sechs Einzelbildern (a-f); bei klinisch-pathologischer Korrelation unter Angabe von Färbung und Vergrößerung
- Aussagekräftiger Manuskript-Titel
- Bildlegende mit max. 2500 Zeichen inkl. Leerzeichen
- Max. 4 Autorinnen/Autoren sowie vollständige Korrespondenzadresse

### Senden Sie Ihre Bilder an:

Michal Meyer zu Tittingdorf  
Managing Editor von *Die Ophthalmologie*  
[michal.meyerzutittingdorf@springer.com](mailto:michal.meyerzutittingdorf@springer.com)