

# Arbeitsplatzbelastung durch Sevofluran

## Konzentrationsmessungen während Bronchoskopien bei Kindern

### Zusammenfassung

Die Bronchoskopie bei Kindern mittels volatiler Anästhetika ist ein gängiges und anerkanntes Verfahren. Nachteilig ist allerdings eine Kontamination der Umgebung mit diesen Substanzen. Zielsetzung: Ziel der Untersuchung war es, die Exposition des Personals sowohl in dem vorhandenen Untersuchungsraum in der Pädiatrie als auch unter optimalen Lüftungstechnischen Bedingungen im OP Saal hinsichtlich der derzeit gültigen Arbeitsschutzgrenzwerte zu messen.

Methodik: 25 Kinder, die für eine diagnostische Bronchoskopie vorgesehen waren, wurden in die Studie eingeschlossen. Nach inhalativer Einleitung wurden die Kinder mit einem starren Bronchoskop intubiert und über eine Bypassöffnung manuell ventiliert. Für die anschließende Gastroskopie wurden die Kinder mit nicht blockbaren Tuben intubiert. Die Narkose wurde mit Sevofluran aufrechterhalten. Die Spurenkonzentrationen wurden mittels eines direktanzeigenden Infrarotspektrometers (Brüel & Kjaer 1302) in den Atemzonen von Pädiater und Anästhesisten gemessen. Die untere Nachweisgrenze betrug für Sevofluran 0,02 ppm, die gemessenen Konzentrationen lagen im Meßbereich des Infrarotspektrometers. Ergebnisse: Das mittlere Alter der Kinder betrug 50,3 Monate (Spannweite 3–109 Monate). Die durchschnittlichen Expositionswerte lagen in dem Raum ohne Klimatechnik für den Anästhesisten deutlich über 40 ppm, für den Pädiater über 50 ppm. Spitzenwerte von Sevofluran über 100 ppm wurden in 40% der Narkosen mehrfach übertroffen. Selbst unter suffizienter Klimatechnik wurden hohe Arbeitsplatzkonzentrationen gemessen.

Schlußfolgerung: Arbeitsplatzbelastungen mit Sevofluran können in Räumen mit optimaler Klimatechnik deutlich abgeschwächt werden, obwohl auch dort hohe Arbeitsplatzkonzentrationen nachgewiesen werden konnten. Um ein mögliches Gesundheitsrisiko für Beschäftigte zu minimieren, sollte bei starren Bronchoskopien auf eine total intravenöse Anästhesietechnik ausgewichen werden.

### Schlüsselwörter

Sevofluran · Inhalationseinleitung · Schadstoffbelastung · Kinderbronchoskopie

Die bevorzugte Anästhesietechnik der Kinderanästhesie ist die Allgemeinnarkose. In der Kinderanästhesie bestehen mit dem in der Vergangenheit am häufigsten eingesetzten volatilen Anästhetikum Halothan die umfangreichsten Erfahrungen. Für bronchoskopische Eingriffe bei Kindern wird der Einsatz volatiler Anästhetika empfohlen [14]. Vor allem die niedrigere Inzidenz an Komplikationen der oberen Luftwege (Laryngo-/Bronchospasmen) bei Kindern während Narkoseein- und -ausleitung räumen Halothan eine gewisse Bevorzugung gegenüber anderen volatilen Anästhetika ein. Bei Kindern mit unklaren entzündlichen pulmonalen Erkrankungen sind häufig mehrfache Narkosen notwendig. Aufgrund des hohen Metabolisierungsgrads von Halothan ist die Möglichkeit einer

Schädigung der Leber nicht auszuschließen [13, 16]. Isofluran, das sich wegen seiner rascheren Kinetik und der fehlenden Lebertoxizität als volatiles Anästhetikum gegenüber Halothan weitgehend durchgesetzt hat, besitzt einen stechenden Geruch und irritiert die Atemwege [5].

Mit Sevofluran, einem neuen Inhalationsanästhetikum, steht eine Substanz zur Verfügung, die zum einen wenig Atemwegsirritationen verursacht und zum anderen im Gegensatz zu Halothan einen geringeren Metabolisierungsgrad aufweist [17, 24]. Vorteile von Sevofluran gegenüber Isofluran bestehen vor allem in der fehlenden Irritation der Atemwege und einer wesentlichen rascheren Aufnahmekinetik [5, 7, 15, 26].

Bei der Durchführung von Bronchoskopien mit starren Bronchoskopen ergeben sich zwangsläufig Situationen, bei denen expirierte Gase frei in die Umgebungsluft abgegeben werden. Starre Bronchoskopien sind weiterhin bei Kindern mit unklaren rezidivierenden pulmonalen Infekten notwendig, um Gewebsbiopsien zu entnehmen. Auf die Möglichkeit gesundheitsschädlicher Folgen aufgrund chronischer Narkosegasexposition wird seit den 20er Jahren hingewiesen [12]. Spurenkonzentrationen gasförmiger Anästhetika in der Umwelt werden als poten-

Dr. K. Westphal

Zentrum für Anästhesiologie und Wiederbelebung,  
Klinikum der J. W. Goethe-Universität,  
Theodor-Stern-Kai 7, 60590 Frankfurt/Main

K. Westphal · U. Strouhal · P. Kessler ·  
J. Schneider

## Sevoflurane contamination during paediatric bronchoscopy

### Abstract

General anaesthetic agents are frequently used for paediatric bronchoscopy. A disadvantage of open-system anaesthesia is the contamination of the working environment. The aim of this study was to determine the exposure of the anaesthesiologist and endoscopist during paediatric bronchoscopy under general anaesthesia in different working environments and to compare these measurements to the currently valid international threshold limits.

**Materials and methods:** Twenty-five children (ASA I–III) scheduled for diagnostic bronchoscopy were included in the study. After inhalational induction, all patients were intubated with a nonflexible bronchoscope and manually ventilated through a side-arm of the bronchoscope. Maintenance of anaesthesia was achieved with sevoflurane (2–3 vol.%) in pure oxygen. Trace concentrations were measured every 90 s in the breathing zones of the operating theatre (OT) personnel by means of a highly sensitive direct-reading instrument (Brüel & Kjaer 1302). The lower detection limit was 0.02 ppm. The investigation was done in an OT with and without air-conditioning and a scavenging system.

**Results:** The mean age of the children was 50.3 months (range: 3–109 months). Ventilation and oxygenation were stable throughout the bronchoscopic procedure. Mean exposure to sevoflurane in the OT without air-conditioning and a scavenging system was over 40 ppm for the anaesthetist and 50 ppm for the endoscopist. All international threshold limit values were exceeded. Peak concentrations higher than 100 ppm could be detected during 40% of the anaesthetics. **Conclusion:** the main finding of the present study is that under inhalation anaesthesia with sevoflurane for paediatric bronchoscopy, occupational exposure is higher than all known health regulation guidelines permit. Therefore, the use of total intravenous anaesthesia is advocated even in very small infants.

### Key words

Sevoflurane · Inhalation induction · Occupational exposure · Paediatric bronchoscopy

## Originalien

tieller Risikofaktor für verschiedene gesundheitliche Beeinträchtigungen des exponierten Krankenhauspersonals angesehen [21]. Obwohl bisher kein kausaler Zusammenhang zwischen Expositionshöhe und Schädigung nachgewiesen wurde, sind, um ein potentielles Risiko zu minimieren, Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK) festgelegt worden. Erstmals wurden 1977 in den USA Empfehlungsrichtlinien für eine maximale Narkosegasbelastung am Arbeitsplatz aufgestellt [20]. In den frühen 80er Jahren folgten einige europäische Länder wie Dänemark und Schweden [1, 25]. 1988 wurden die für die einzelnen Narkosegase gültigen schwedischen Richtlinien über die MAK volatiler Anästhetika von dem Bundesland Hamburg durch das Amt für Arbeitsschutz übernommen. Für Isofluran liegt eine Grenzwertempfehlung von 10 ppm vor. Grenzwerte für Sevofluran, das Anfang 1966 die Zulassung in Deutschland erhielt, liegen zur Zeit noch nicht vor. Ziel der vorliegenden meßtechnischen Studie war es, die Arbeitsplatzkonzentration von Sevofluran bei kinderbronchoskopischen Eingriffen zu untersuchen. Zielgrößen waren die Arbeitsplatzbelastungen des Anästhesisten, des bronchoskopierenden Pädiaters und die allgemeine ortsggebundene Raumbelastung mit Sevofluran.

### Methodik

Nach Zustimmung der Ethikkommission des Klinikums der Universität Frankfurt am Main und vorangehender schriftlicher Einwilligung der Eltern wurden 25 Kindern der ASA-Risikogruppen I–III, die sich einer elektiven Bronchoskopie unterzogen, in die Untersuchung eingeschlossen. Die Eingriffe wurden mit einem starren Bronchoskop (Storz, Deutschland) durchgeführt. Indikation für die diagnostische Bronchoskopie waren chronische rezidivierende Infektionen des Bronchialtrakts. Bei Verdacht auf Vorliegen einer gastroösophagealen Refluxkrankheit wurde zur Diagnosesicherung zusätzlich eine Gastroskopie durchgeführt.

### Anästhesietechnik

Alle Narkosen wurden vom gleichen Facharzt durchgeführt. Die mindestens 4 h nüchternen Kindern kamen ohne

medikamentöse Prämedikation in Begleitung der Eltern in den Bronchoskopieraum. Ein intravenöser Zugang wurde vom Kinderarzt schon auf der Station gelegt. Die Narkoseeinleitung erfolgte per inhalationem über eine größenangepaßte, totaumentreduzierte Maske. Die inspiratorische Konzentration von Sevofluran wurde nach jedem 4. Atemzug um 1 Vol.-% (max. 8 Vol.-%) gesteigert. Der Frischgasfluß betrug dabei 6 l/min. Nach Erlöschen des Lidreflexes wurde bei reinen Bronchoskopien 1 mg/kg/KG Succinylcholin, bei Kombination aus Bronchoskopie und Gastroskopie 0,3 mg/kg/KG Atracurium injiziert. Während der Bronchoskopie wurde über einen Seitenarm des Bronchoskops manuell beatmet. Der Frischgasfluß wurde auf 4 l/min reduziert (Sulla 808, Dräger, Hamburg). Zur anschließenden Gastroskopie wurden die Kinder endotracheal mit nicht blockbaren Tuben intubiert. Die Narkose wurde mit Sevofluran (2–3 Vol.-%) mit einem Sauerstoff-/Luftgemisch (F<sub>1</sub>O<sub>2</sub> 0,6–0,8) aufrechterhalten. Auf Lachgas wurde wegen möglicher Oxygenierungsprobleme verzichtet. Die Untersuchung war in 2 Teile angelegt. Im ersten Teil wurden an 20 Kindern Untersuchungen über die Arbeitsplatzbelastung mit Sevofluran in unserem Untersuchungsraum der Kinderklinik, der nicht über eine Klimatechnik verfügt, durchgeführt. In einem zweiten Teil wurde, um das Ausmaß der Arbeitsplatzbelastung als Folge der fehlenden Klimatechnik zu verifizieren, die Untersuchung bei 5 Kindern in einem OP mit moderner Klimatechnik durchgeführt.

### Lüftungstechnische Ausstattung

Der Bronchoskopieraum der Kinderklinik verfügt weder über eine mechanische Raumbelüftung noch über eine Narkosegasabsaugung. Zur Elimination der Narkotika kam ein Aktivkohleabsorber zum Einsatz. Der OP-Saal verfügt über eine Narkosegasabsaugung (40 l/min) und 20 Luftwechsel/h ohne Rückführung. Die Gesamtvolumina der beiden Räume waren vergleichbar (142/150 m<sup>3</sup>).

### Meßmethode

Die Konzentrationsmessungen erfolgten mittels photoakustischer Infrarotspektrometrie. Der eingesetzte Multigas-

Tabelle 1

**Durchschnittliche personengebundene Sevofluranbelastung während kinderbronchoskopischer Eingriffe (in ppm)**

	Kinderbronchoskopie-Raum ohne Klimatechnik									OP mit Luftwechsel und Narkosegasabsaugung						
	1.Tag	Min.	Max.	2.Tag	Min.	Max.	3.Tag	Min.	Max.	1.-3.Tag	Min.	Max.	4.Tag	Min.	Max.	
<b>Anästhesist</b>																
Einleitung	15,5	0,0	63,1	14,6	0,2	42,8	14,5	0,4	22,0	15,0	0,0	63,1	0,4	0,0	1,5	
Narkose *	42,2	0,0	147,0	47,6	0,2	275,0	45,3	0,4	97,3	45,3	0,0	275,0	15,0	0,0	48,4	
<b>Kinderarzt</b>																
Bronchoskopie	48,6	3,2	146,0	80,6	16,1	275,0	52,2	8,6	97,3	59,9	3,2	275,0	26,4	2,4	48,4	
Untersuchung **	46,5	3,2	147,0	66,8	16,1	275,0	50,2	8,6	97,3	54,5	3,2	275,0	21,6	0,4	48,4	

\* Durchschnittswerte der Sevofluranbelastung während Einleitungs-, Untersuchungs- und Ausleitungsphase. Einleitungsphase entspricht dem Zeitraum vom 0-Wert bis zum Beginn der Bronchoskopie. Untersuchungsphase entspricht dem Zeitraum vom Beginn der Bronchoskopie einschließlich der evtl. durchgeführten Gastroskopie. Während der Gastroskopie ist der Patient endotracheal intubiert. Ausleitungsphase entspricht dem Zeitraum von der Extubation bis zur Verlegung des Kindes aus dem Untersuchungsraum.

\*\* Durchschnittswerte der Sevofluranbelastung während Bronchoskopie und Gastroskopie. Angegeben sind Mittelwerte und Spannweiten

monitor (Brüel & Kjaer 1302) gestattet es, mehrere flüchtige Substanzen gleichzeitig in einem Arbeitsgang zu bestimmen. Außer der Zielgröße Sevofluran wurden die Substanzen Glutaraldehyd, 2-Propanol, Wasserdampf und Kohlendioxid als mögliche Interferenzsubstanzen gemessen. Glutaraldehyd und 2-Propanol sind in Desinfektionsmitteln enthalten. Die untere Nachweisgrenze bei automatischer Querempfindlichkeitskompensation lag bei Sevofluran bei 0,02 ppm, die Meßgenauigkeit betrug  $\pm 2\%$  des gemessenen Werts. Insgesamt wurden 3 Meßpunkte (personengebunden: Anästhesist und Kinderarzt, ortsgebunden: Raumbelastung (Raummitte)) simultan analysiert. Die Befestigung der Probeschläuche (PTFE-Schlauch, Brüel & Kjaer) erfolgte in der unmittelbaren Nähe der Mundöffnung der Testpersonen. Um die konsekutive Abfrage der 3 definierten Meßorte zu gewährleisten, erfolgte eine Ankopplung des Analysators an einen Meßpunktmehrprobennehmer (Brüel & Kjaer 1309). Sowohl die Ansteuerung im 90 s-Raster als auch die On line-Registrierung der analysierten Parameter wurde über ein IBM-kompatibles EDV-System durchgeführt.

**Statistik**

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte in Mittelwert und in der Angabe der Spannweite.

**Ergebnisse**

Das Durchschnittsalter der Kinder betrug 50,3 Monate (Spannweite 3–109 Monate).

Bei 18 Kindern wurde sowohl eine Bronchoskopie als auch eine Gastroskopie durchgeführt. Die Tabelle 1 enthält eine Übersicht der an den 4 Untersuchungstagen ermittelten Konzentrationen von Sevofluran. Die durchschnittlichen Expositionswerte lagen in dem Raum ohne Klimatechnik während der Narkosen für den Anästhesisten über 40 ppm, für den Kinderarzt über 50 ppm (Tabelle 1). Durch eine suffiziente Klimatechnik konnte die Arbeitsplatzbelastung deutlich gesenkt werden (Tabellen 1 und 2). Spitzenkonzentrationen über 100 ppm wurden in 40% der Narkosen in dem Raum ohne Klimatechnik mehrfach übertroffen. Die kumulativen Expositionszeiten wurden pro 8 h Schicht selbst unter einer möglichen Kurzzeitbelastung von 20 ppm über insgesamt 120 min in dem Raum ohne Klimatechnik deutlich überschritten (Tabelle 3). Die Arbeitsplatzkonzentrationen von Sevofluran, die am untersuchten Arbeitsplatz ohne Klimatisierung auftraten und denen der Anästhesist in den Phasen Einleitung und Untersuchung (bestehend aus Bronchoskopie und Gastroskopie) sowie in der Ausleitungsphase ausgesetzt war, zeigt die Abb. 1. Hierbei sind im besonderen die steigende Raumbelastung mit Sevofluran mit zunehmender

zentrationen über 100 ppm wurden in 40% der Narkosen in dem Raum ohne Klimatechnik mehrfach übertroffen. Die kumulativen Expositionszeiten wurden pro 8 h Schicht selbst unter einer möglichen Kurzzeitbelastung von 20 ppm über insgesamt 120 min in dem Raum ohne Klimatechnik deutlich überschritten (Tabelle 3). Die Arbeitsplatzkonzentrationen von Sevofluran, die am untersuchten Arbeitsplatz ohne Klimatisierung auftraten und denen der Anästhesist in den Phasen Einleitung und Untersuchung (bestehend aus Bronchoskopie und Gastroskopie) sowie in der Ausleitungsphase ausgesetzt war, zeigt die Abb. 1. Hierbei sind im besonderen die steigende Raumbelastung mit Sevofluran mit zunehmender

Tabelle 2

**Kumulative ortsgebundene Sevofluranbelastung (in ppm)**

Kinderbronchoskopie-Raum ohne Klimatechnik			OP mit Luftwechsel und Narkosegasabsaugung
1.Tag (8.35 h–13.35 h)	2.Tag (8.32 h–15.03 h)	3.Tag (9.18 h–15.15 h)	4.Tag (8.34 h–12.59 h)
37,94	42,12	39,68	13,06

Die kumulative ortsgebundene Arbeitsplatzbelastung erfaßt nicht nur die Einleitungs-, Untersuchungs- und Ausleitungsphasen, sondern auch die Wechselzeiten zwischen den Narkosen.

Angegeben sind Mittelwerte

Tabelle 3  
Kumulative Expositionszeiten des Personals (in min)

	Kinderbronchoskopie-Raum ohne Klimatechnik									OP mit Luftwechsel und Narkosegasabsaugung					
	1.Tag	Min.	Max.	2.Tag	Min.	Max.	3.Tag	Min.	Max.	1.-3.Tag	Min.	Max.	4.Tag	Min.	Max.
Anästhesist															
Einleitung	66,50	9,30	9,30	66,50	9,30	9,30	57,00	9,30	9,30	62,00	9,30	9,30	47,50	9,30	9,30
Narkose*	226,29	24,53	41,47	260,07	31,31	60,18	274,03	31,02	56,74	253,46	24,53	60,18	201,31	24,56	52,53
Kinderarzt															
Bronchoskopie	89,19	4,53	18,25	98,46	8,29	20,06	118,36	10,21	22,51	102,00	4,53	22,51	62,34	9,49	18,25
Untersuchung**	124,31	4,53	28,25	163,26	20,06	30,21	154,03	22,03	34,30	147,20	4,53	43,30	100,05	17,30	28,09

\* Umfaßt Einleitungs-, Untersuchungs- und Ausleitungsphase.

\*\* Umfaßt Bronchoskopie und Gastroskopie.

Angegeben sind die kumulative Expositionszeit sowie Minimum- und Maximumwerte

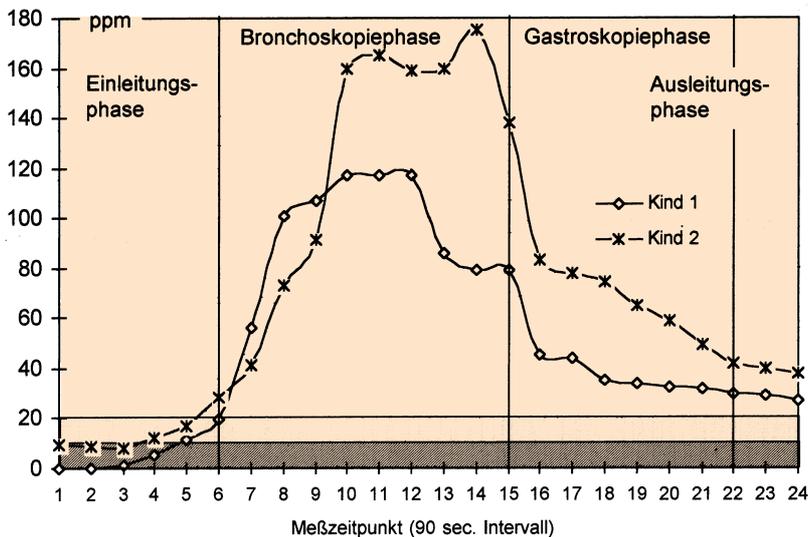


Abb. 1 ◀ Arbeitsplatzkonzentration von Sevofluran im Bronchoskopieraum ohne Klimatechnik. Jede Linie entspricht einem Patienten. Ab dem Beginn der Bronchoskopiephase ist die Arbeitsplatzbelastung von Sevofluran über eine vom Gesetzgeber zu erwartende Grenzwertempfehlung (Kurzzeitbelastung) von 20 ppm signifikant erhöht. Dargestellt sind die verschiedenen Phasen der Narkosen. Kind 1 entspricht der ersten Narkose im unbelasteten Raum. Kind 2 entspricht der zweiten Narkose (Untersuchungstag 2).

Unterlegte Flächen: ■ 10 ppm-Bereich (entspricht der maximal empfohlenen MAK von Isofluran), □ 20 ppm-Bereich (Grenzwertempfehlung nach TRGS 9000)

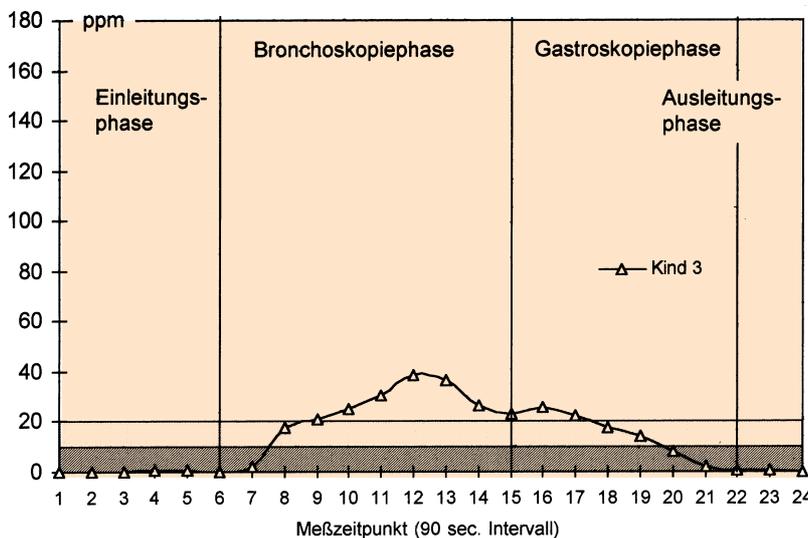


Abb. 2 ◀ Arbeitsplatzkonzentration von Sevofluran im OP mit optimaler Klimatechnik (Narkosegasabsaugung mit 40 l/min, 20 Luftwechsel pro h ohne Rückführung). Während der Bronchoskopiephase ist die Arbeitsplatzkonzentration von Sevofluran deutlich erhöht. Dargestellt sind die verschiedenen Phasen der Narkosen.

Unterlegte Flächen: ■ 10 ppm-Bereich (entspricht der maximal empfohlenen MAK von Isofluran), □ 20 ppm-Bereich (Grenzwertempfehlung nach TRGS 9000)

Zahl der Narkosen pro Tag sowie die in allen Narkosephasen deutlich erhöhten Konzentrationen von Sevofluran zu beachten. Diese kontinuierliche Zunahme der Gesamtkonzentration des volatilen Anästhetikums in diesem Raum vor der nächsten Bronchoskopie erreichte schließlich sehr hohe Werte, die bis zu 20 ppm betragen. In Abb. 2 ist die geringere Arbeitsplatzkonzentration von Sevofluran unter einer optimalen Klimatechnik dargestellt. Grenzwertüberschreitungen wurden vor allem für den Kinderarzt während der bronchoskopischen Untersuchung dokumentiert (Abb. 2).

## Diskussion

Schon 1918 forderte Kelling [12] Kontrollmessungen der Narkosegasbelastung in Operationssälen. Hirsch und Kappurs [10], die am Hygieneinstitut von Berlin arbeiteten, veröffentlichten 1929 einen Bericht über die Kontamination von Operationssälen durch Anästhesiegase und kamen zu der Überzeugung: „wo akute Intoxikationen auftreten, können chronische Schäden nicht ausgeschlossen werden“. Schädigende Wirkungen durch chronisch subanästhetische Narkosegaskonzentrationen werden immer noch kontrovers diskutiert und konnten bisher nicht schlüssig nachgewiesen werden [3, 6, 23]. Allgemein wird eine Reduktion der Emissionsbelastung auf das technisch mögliche Minimum empfohlen [22]. Bei der Beurteilung des Gesundheitsrisikos für die Beschäftigten ist allerdings zu bedenken, daß die Exposition durch Spurenkonzentrationen von volatilen Anästhetika (hier Sevofluran) nur eine Facette des Gesamtrisikos durch andere gas- oder dampfförmige Stoffe darstellt. Hierbei ist auch die Exposition durch Desinfektionsmittel (Formaldehyd, Glutaraldehyd, Isopropanol) zu nennen [9].

### Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen

Um das Risiko von Gesundheitsschäden möglichst gering zu halten, haben verschiedene Gesundheitsbehörden Grenzwerte und Empfehlungen für Konzentrationen von Anästhesiegasen am Arbeitsplatz aufgestellt, die bei 8ständiger Exposition nicht überschritten werden

sollten. Das Amt für Arbeitsschutz empfiehlt, daß Arbeitsplatzbelastungen mit Isofluran im Mittel 10 ppm pro Arbeitsschicht nicht überschreiten dürfen. In den USA empfiehlt das National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) einen Grenzwert von Iso- oder Enfluran von 2 ppm. Für das Anfang 1996 in Deutschland zugelassene Inhalationsanästhetikum Sevofluran sind noch keine maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK) festgelegt worden. In Anlehnung an die in Deutschland geltende Grenzwertempfehlung für Isofluran von 10 ppm bei Monoexposition dürfte auch dieser Wert für Sevofluran empfohlen werden. Weiterhin sieht die Gesetzgebung vor, daß der Grenzwert für einen Zeitraum von 30 min nicht größer als das Doppelte der MAK (Kurzzeitbelastung) betragen darf, der Abstand zur nächsten Kurzzeitbelastung mindestens 90 min betragen muß, bei maximal 4 Kurzzeitbelastungen pro Schicht [4]. Durch Arbeitsweise und Konstruktionsmerkmale bei der starren Bronchoskopie in Allgemeinnarkose mit volatilen Anästhetika ist das Abströmen der verwendeten Dämpfe in die Raumluft unvermeidbar. Da in der Regel bei Kindern mit chronisch rezidivierenden pulmonalen Infekten Gewebeproben entnommen werden, war bisher ein Ausweichen auf den Einsatz eines flexiblen Bronchoskops und damit eine Reduktion der Konzentration von Inhalationsanästhetika in der Umgebungsluft nicht möglich. Bei den ersten Einsätzen eines flexiblen Bronchoskops und Gewebentnahmen bei Kindern wird von einem Auftreten eines Pneumothorax in 11% der Bronchoskopien berichtet [18]. Wir beobachteten in keinem Fall eine pulmonale Komplikation. Zudem setzt die Notwendigkeit, bei Kleinkindern näher am Kopf zu arbeiten als beim Erwachsenen, den Anästhesisten höheren Narkosegaskonzentrationen aus, da diese in der Nähe des Lecks akkumulieren [2, 11, 19].

### Narkosegasabsaugung

Anästhesiearbeitsplätze, die sich außerhalb des OP-Bereichs befinden, besitzen häufig keine ausreichende mechanische Belüftung oder eine Narkosegasabsaugung [8]. Auch der Raum, in dem wir die Kinderbronchoskopien durch-

führen müssen, verfügt über keine ausreichende mechanische Belüftung, da dieser Raum für diese Eingriffe ursprünglich nicht vorgesehen war. Deshalb wurden hier, nimmt man eine vergleichbare Grenzwertempfehlung für Sevofluran an, alle international gültigen Grenzwertempfehlungen hinsichtlich Iso- und Enfluran deutlich überschritten. Sowohl der Anästhesist, der Kinderarzt als auch das Pflegepersonal wurden unverhältnismäßig hoch belastet. Die Untersuchung zeigt, daß der Raum, in dem unsere Arbeitsplatzkonzentrationsmessungen durchgeführt wurden, in bezug auf seine fehlende mechanische Raumlüftung sowie Narkosegasabsaugung nur unzureichend ausgestattet ist. Wir gehen davon aus, daß in Deutschland für ähnliche diagnostische Untersuchungen zahlreiche unzureichend ausgestattete Räume existieren, in denen die dort beschäftigten Personen hohen Konzentrationen von volatilen Anästhetika ausgesetzt sind. Auf der anderen Seite muß festgestellt werden, daß die Konzentration von Sevofluran in der Einleitungsphase der ersten Narkose des jeweiligen Tages bei dicht sitzender Maske trotz fehlender Rahmenbedingungen immer noch unterhalb der MAK blieb, die bisher für Iso- und Enfluran gilt. Diese Phase stellt jedoch nur bei nachfolgender Intubationsnarkose den Hauptanteil der Arbeitsplatzbelastung mit volatilen Anästhetika dar [11], während es bei anschließender Bronchoskopie unter Anwendung eines offenen Systems (starres Rohr) zu einem fulminanten Konzentrationsanstieg der über das Bronchoskop in die Luft abgegebenen Anästhetika kommt. Wie sich die mangelnde Klimatechnik im Bronchoskopieraum auf die Luftkontamination mit volatilen Anästhetika auswirkt, wird besonders eindrucksvoll in Abb. 1 dargestellt. Sie zeigt, daß bei der Narkoseeinleitung zur 2. Bronchoskopie dieses Tages (Kind 2) eine bereits erhebliche Raumkontamination herrschte, die bei der ersten Bronchoskopie entstanden ist. Unsere Untersuchung zeigt ferner, daß bei mehreren aufeinanderfolgenden Bronchoskopien eine weitere Erhöhung der Ausgangskonzentration registriert werden konnte (Abb. 1). Die Durchführung derselben diagnostischen Untersuchung in einem klimatisierten OP-Saal (20 Luftwechsel/h ohne

Rückführung, Narkosegasabsaugung) führt, wie in der Abb. 2 zu sehen ist, zu einer wesentlich geringeren Belastung des Personals.

Im klimatisierten OP-Saal wurde bei Kindern die Arbeitsplatzbelastung mit Sevofluran gemessen. Wie aus der Tabelle 1 erkennbar ist, ist hier die durchschnittliche Belastung mit Sevofluran während der Einleitungsphase vernachlässigbar. Während der Bronchoskopie sind jedoch der Anästhesist und der Kinderarzt trotzdem über eine mögliche Grenzwertempfehlung der MAK für Sevofluran hinaus belastet. Die suffiziente Klimatechnik trägt zwar zu einer schnellen Abnahme der gemessenen Konzentration von Sevofluran während der Gastroskopie und der Extubation bei, kann aber unerwünscht hohe Konzentrationen nicht verhindern.

### Schlußbemerkung

Wir schließen aus unseren Untersuchungen, daß in Räumen ohne Klimatechnik von Narkosen, die mit Sevofluran oder mit anderen volatilen Anästhetika durchgeführt werden, abzuraten ist. Arbeitsplatzbelastungen mit Sevofluran im offenen System können, wie in dem hier vorliegenden Beispiel in Räumen mit optimaler Klimatechnik deutlich abgeschwächt, aber nicht verhindert werden. Unsere Untersuchungen zeigen eindeutig, daß Narkosen mit Systemen, die zwangsläufig während der Narkose als „offen“ bezeichnet werden müssen, zu hohen Belastungen des Personals führen. Da ein mögliches Gesundheitsrisiko für Beschäftigte nicht ausgeschlossen werden kann, ist der Einsatz von Inhalationsanästhetika bei Bronchoskopien als potentiell gefährlich einzustufen.

## Literatur

1. Arbejdstilsynets liste over hygiejniske gae-ensevaerdier (1981) Arbejdstilsynet, DK-2100, Copenhagen
2. Becker MJ, McGill WA, Oh TH, Epstein BS (1981) **The effect of an airway leak on nitrous oxide contamination of the operating room.** *Anesthesiology* [Suppl 3 A] 55:335 A
3. Conzen P (1994) **Gesundheitliche Risiken von Inhalationsanästhetika.** *AINS* 29:10–17
4. Deutsche Forschungsgemeinschaft (1996) **MAK- und BAT-Werte-Liste** 32. Mitteilung, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim
5. Doi M, Ikeda K (1993) **Airway irritation produced by volatile anaesthetics during brief inhalation: comparison of halothane, enflurane, isoflurane and sevoflurane.** *Can J Anaesth* 40:122–126
6. Dudziak R (1981) **Nebenwirkungen von flüchtigen Anästhetika auf das Anästhesiepersonal unter besonderer Berücksichtigung des Mutterschutzgesetzes.** *Anästhesiol Intensivmed* 22:81–92
7. Funk W, Moldaschl J, Fujita Y, Taeger K, Hobbhahn J (1996) **Sevofluran oder Halothan bei inhalativ eingeleiteten Narkosen im Kindesalter.** *Anaesthesist* 45:22–30
8. Gilly H, Lex C, Steinbereithner K (1991) **Narkosegasbelastung im OP – ein ungelöstes Problem?** *Anaesthesist* 40:629–637
9. Hemminki K, Kyronen P, Lindbohm M (1985) **Spontaneous abortions and malformations in the offspring of nurses exposed to anesthetic gases, cytostatic drugs, and other potential hazards in hospitals, based on registered information of outcome.** *J Epidemiol Community Health* 39:141–147
10. Hirsch JB, Kappurs AL (1929) **Über die Mengen des Narkoseäthers in der Luft von Operationssälen.** *Z Hyg* 110:391–398
11. Hoerauf K, Koller C, Funk W, Palitzsch K, Hobbhahn J (1994) **Schadstoffbelastung durch Halothan und Lachgas während Kinder-narkosen mit Maskeneinleitung.** *Fortschr Anästh* [Suppl 1] 8:4 A
12. Kelling G (1918) **Über die Beseitigung der Narkosedämpfe aus dem Operationssaale.** *Zentralbl Chir* 45:602–606
13. Kenna JG, Neuberger J, Mieli-Vergani G (1987) **Halothan hepatitis in children.** *Br Med J* 294:1209–1211
14. Kretz F-J (1991) **Bronchoskopie.** In: Kretz F-J, Stiebel HW (Hrsg) *Kinderanästhesie.* Hoffmann-La Roche, Basel, S 189
15. Lerman J, Sikich N, Kleinman S, Yentis S (1994) **The pharmacology of sevoflurane in infants and children.** *Anesthesiology* 80:814–824
16. Larsen R (1987) **Anästhesie.** Urban & Schwarzenberg, München Wien Baltimore, S441
17. Meretoja OA, Taivainen T, Rähä L, Korpela R, Wirtavuori K (1996) **Sevoflurane-nitrous oxide or halothane-nitrous oxide for paediatric bronchoscopy and gastroscopy.** *BJA* 76:767–771
18. Mullins D, Livne M, Mallory GB, Kemp JS (1995) **A new technique for transbronchial biopsy in infants and small children.** *Pediatric Pulmonol* 20:253–257
19. Nilsson K, Sonander H, Stenqvist O (1981) **Close scavenging of anaesthetic gases during mask anaesthesia.** *Acta Anaesthesiol Scand* 25:421–426
20. NIOSH (1977) **Criteria for a recommended standard: occupational exposure to waste anesthetic gases and vapors.** DHEW publication no 77–140, Cincinnati, OH
21. Perthes G (1925) **Schutz der am Operationstisch Beschäftigten vor Schädigung durch die Narkosegase.** *Zentralbl Chir* 52:852–854
22. Pothmann W, Shimada K, Goerig M, Fuhlrott M, Schulte am Esch J (1991) **Belastungen des Arbeitsplatzes durch Narkosegase.** *Anaesthesist* 40:339–346
23. Rogers B (1986) **Exposure to waste anesthetic gases. A review of toxic effects.** *Aaohn J* 34:574
24. Shiraishi Y, Ikeda K (1990) **Uptake and biotransformation of sevoflurane in humans: a comparative study of sevoflurane with halothane, enflurane, and isoflurane.** *J ClinAnesth* 2:381–386
25. Swedish National Board of Occupational Safety and Health Pub (1981) AFS 1981:8
26. Yasuda N, Targ AG, Eger II, Johnson BH, Weiskopf RB (1991) **Pharmacokinetics of desflurane, sevoflurane, isoflurane and halothane in pigs.** *Anesth Analg* 71:340–348