

Die Anästhesiegasexposition. Über eine Messkampagne im Operationstrakt eines Universitätsspitals

Florence Joray, Yves Glanzmann, Sylvie Praplan, Catherine Lazor-Blanchet

Während einer Allgemeinanästhesie werden häufig Anästhesiegase verwendet. Dieser Artikel beschreibt die Resultate einer Messkampagne an Personen die solchen Anästhesiegasexpositionen ausgesetzt sind. Die Resultate zeigen eine akzeptable Situation hinsichtlich der in der Schweiz geltenden Normen. Doch gibt es Anästhesien, welche den Rahmen einer üblichen Exposition wesentlich überschreiten.

Einleitung

Die Einleitung aber vor allem die Aufrechterhaltung einer Anästhesie werden häufig mit Hilfe von halogenierten Volatilen (Anästhesiegasen), wie Sevoflurane, Desflurane oder Isoflurane und manchmal in Kombination mit Lachgas durchgeführt. Sie werden zur Einleitung und Aufrechterhaltung der Anästhesie verwendet und über Verdampfer oder Injektoren zugeführt. Gasanästhesien werden auch ausserhalb des Operationszentrums, beispielsweise für Untersuchungen in der Radiologie oder in der Diagnostik durchgeführt. Insbesondere das Anästhesiepersonal, aber auch die sich in der Nähe befindenden Personen sind diesen Gasen ausgesetzt [1].

Dieser Artikel beschreibt die Resultate einer Messkampagne bei beruflich bedingter Anästhesiegasexposition bezüglich deren Verwendung, Auffüllen der Verdampfer, Verabreichung und Verwendung im gesamten Kreislauf Beatmungsgerät – Patient. Die Messungen wurden im Operationssaal und im Aufwachraum durchgeführt.

Risiken: Konsequenzen und Prävention

Risiken die sämtliche Mitarbeitende in Operationszentren betreffen sind Infektionsrisiken, Latexallergie, Röntgenstrahlen, Brand- und Explosionsgefahr, Elektrounfälle, berufliches Unvermögen usw. Darunter sind einige direkt im Zusammenhang mit der Anästhesie, zum Beispiel der Gebrauch von halogenen Volatilen (Anästhesiegasen) [2, 3, 4, 5]. Die Absorption von Anästhesiegasen findet ausschliesslich respiratorisch statt. Sie verteilen sich schnell im ganzen Gewebe und werden dann schnell wieder abgeatmet. Die beschriebenen Auswirkungen auf Anästhesiegas exponierte Personen können neurologische Verhaltensstörungen, erhöhtes Abortrisiko, Risiko für Frühgeburten, kongenitale Anomalien und zytogenetische Effekte sein [6, 7, 8, 9,10]. Sie wurden in älteren Studien beobachtet, denn Gasabsaugungssystemen war die Gasexposition damals um einiges höher.

Die Prävention besteht darin die Anästhesiegaskonzentration in der Umgebung auf das Minimum zu reduzieren [2, 3,11].

Die Prävention verläuft auf drei Schienen :

1. Produkte und Material : [3, 8,12]

- Sammeln, Absaugen und Filtern der ausgeatmeten Gase in der Expiration (SEGA: Système d'évacuation des gaz anesthésique oder AGSS : Anaesthetic Gas Scavenging System). Alle modernen Beatmungsgeräte mit geschlossenem oder halbgeschlossenem Kreislauf sind damit ausgerüstet.
- Verwendung eines geschlossenen Beatmungssystems, wo ein sehr geringer Gasfluss und damit auch ein geringerer Verbrauch an Anästhesiegas nötig ist.
- Überprüfen der Anästhesiesysteme um möglichst alle Verluste auszuschliessen (suspekte Gerüche, täglich zu befolgende Kontrollchecklisten, vorsorgliche Handhabungen ausführen).
- Anästhesieeinleitung und Aufrechterhaltung durch intravenöse Verfahren

2. Räumlichkeiten : [3, 4,11]

- Den Richtlinien und Normen angepasste Lüftungssysteme
- Periodische Überprüfung und Anpassung der Lüftungssysteme

3. Personal: [1, 3,13]

- Weiterbildung des Anästhesieteams bezüglich Risiken und Prävention in Bezug zur Verwendung von Anästhesiegasen
- Risikofaktoren und Risikosituationen orten und definieren: Schwangere, enge Raumverhältnisse, immer wieder neue Studierende im Team uam.

Evaluationskriterien

In der Schweiz gibt die SUVA die Grenzwerte einer Anästhesiegasexposition vor. [1].

Beschreibung der untersuchten Situationen

Nach einer Risikoanalyse durch Spezialisten für Prävention von Berufsrisiken (Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz USST) in der Anästhesiologischen Abteilung unseres Spitals hat man sich entschlossen die Risiken der anästhesiegasexponierten Personen zu untersuchen. Seit 1982 wurden weder risikomindernde noch präventive Massnahmen durchgeführt. 2012 wurden in Zusammenarbeit mit der USST (Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz) und dem Personal der Anästhesieabteilung Messungen vorgenommen. Acht verschiedene Situationen wurden untersucht (siehe Tabelle 2). Maskeneinleitungen wurde nur bei Kindern vorgenommen. Erwachsene wurden in der Regel mittels intravenös applizierten Anästhetika eingeleitet. Das Lachgas wurde nur in der Pädiatrie verwendet und dies nur zur Maskeneinleitung. Ganz selten wird Lachgas in der Geburtshilfe (Notfallsectio) verwendet. Die Frischgaszufuhr dann 5-6 l/min bei 60-70% Lachgas. Sevofluran wird bei uns am häufigsten verwendet. Der Flow und der Wert der verwendeten Konzentration lag bei 5-8 l/min und 8% Sevofluran, dann 2-4% (bei der Einleitung und der Aufrechterhaltung mit der Maske), 0,7-1 l/min und 1-4% Sevofluran (Aufrechterhaltung und Intubation). Desflurane wurde in diesem Rahmen nicht untersucht.

Produkt	VME*	VLE**
N2O	100 ppm	200 ppm (4 x 15 min pro Tag)
Isofluran	10 ppm	80 ppm (4 x 15 min pro Tag)
Sevofluran	Keinen Wert, 10 ppm analog	Keinen Wert, 80 ppm (4 x 15 min pro Tag) analog

Tabelle 1: Expositionsgrenzen

* VME: Gemäss aktuellem Wissenstand die mittlere Konzentration des gegebenen Schadstoffs am Arbeitsplatz, welche für die grosse Mehrheit der exponierten gesunden Arbeitenden keine Gefährdung der Gesundheit, innerhalb von 42 Wochenstunden, bei 8-Stunden-Tagen, über eine lange Zeit darstellt.

** VLE: mittlere errechnete Konzentrationsgrenze über eine kurze Zeit (15 Minuten)

NR	Datum	Ort	Ventilationstyp Luftaustausch [h]	Beobachtungen
1	16.01.12	Op Päd. *	Laterale Diffusion 23/h	Maskeneinleitung und Intubation: Sevofluran und Lachgas
2	16.01.12	AWR Päd. *	10/h	2 Patienten haben Sevofluran und Lachgas bekommen
3	17.01.12	Endo. Päd. * (6 Interventionen)	Laterale Diffusion 17/h	Einleitung und Aufrechterhaltung in Maskenbeatmung: Sevofluran und Lachgas
4	17.01.12	AWR Endo. *	6/h	Bis zu vier aufwachende Patienten
5	18.01.12	Op Geb. *	Deckenseitige Diffusion 50/h	Maskeneinleitung und Intubation: Sevofluran
6	19.01.12	Op Otrho. *	Deckenseitige Diffusion 54/h	Intubation : Sevofluran
7	19.01.12	AWR Erw. *	10/h	Bis zu 8 Patienten die Sevofluran erhalten hatten
8	20.01.12	Op Kardio. * (ECC)	Laterale Diffusion 23/h	Intravenöse Einleitung dann Isofluran

Tabelle 2: untersuchte Situationen

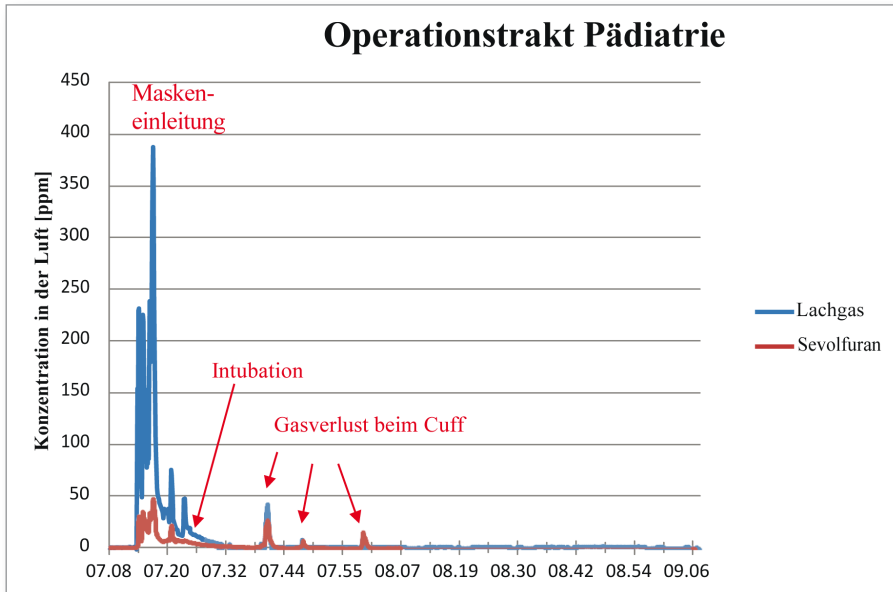
Op Päd.: Operationstrakt Pädiatrie
Endo. Päd.: Endoskopie Pädiatrie
Op Geb.: Operationstrakt Geburtshilfe
AWR Erw.: Aufwachraum Erwachsene

AWR Päd.: Aufwachraum Pädiatrie
AWR Endo.: Aufwachraum Endoskopie
Op Otrho.: Operationstrakt Orthopädie
Op Kardio.: Operationstrakt Kardiochirurgie

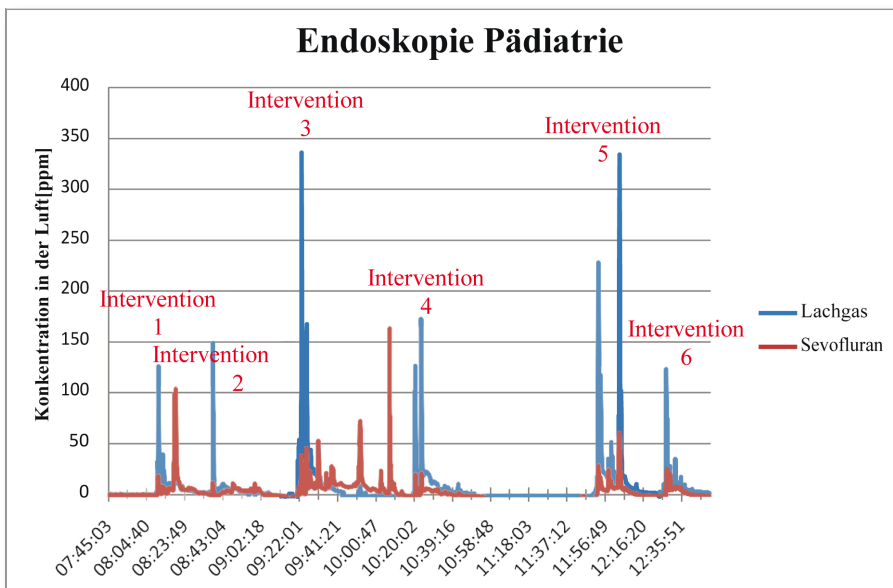
Situation	Räumlichkeit	Genauer Ort der Messung	Messperiode	Sevofluran [ppm]
1	Op Päd.	* auf dem Anästhesiewagen	07h10-09h00	[ppm] 0.45
1	Op Päd.	**auf Anästhesiepflege und Anästhesisten	07h10-09h00	0.38
2	AWR Päd.	*über dem Kopfende des Bettes	09h31-11h24 13h23-14h27	0.07
2	AWR Päd.	**auf Anästhesiepflege	09h29-11h25 13h23-14h32	0.09
3	Endo. Päd.	**auf Anästhesisten	08h05-10h59	9.08
3	Endo. Päd.	* auf dem Anästhesiewagen	08h05-10h56	3.15
4	AWR Endo	*immer wieder am Kopfende des Bettes platziert	08h28-12h55	0.28
3	Endo. Päd.	** auf Anästhesisten	11h48-12h48	6.05
3	Endo. Päd.	* auf dem Anästhesiewagen	11h40-12h45	1.39
5	Op Geb.	* auf dem Anästhesiewagen	11h05-12h52	0.25
5	Op Geb.	** auf Anästhesisten	11h05-13h05	0.25
6	Op Ortho.	** auf Anästhesisten	08h21-11h19	<0.01
6	Op Ortho.	* auf dem Anästhesiewagen	08h08-11h17	<0.01
7	AWR Erw.	** auf Anästhesiepflege	11h23-15h26	0.70
7	AWR Erw.	*jeweils am Kopfende des Bettes	11h35-15h38	1.00
7	AWR Erw.	*Apothekenablage	11h57-15h21	0.34
Situation	Räumlichkeit	Genauer Ort der Messung	Messperiode	Isofluran [ppm]
8	Op Kardio	* auf dem Anästhesiewagen	07h54-13h12	0.84
8	Op Kardio	**auf dem Kardiotechniker	08h59-12h03	1.03
8	Op Kardio	*auf der Herz-Lungen-Maschine	09h32-12hS00	0.65

Tabelle 3: Messresultate der Luft (Sevofluran und Isofluran)

*FM: Fixe Messung **PM: Personen-Messung



Grafik 1 : Situation 1, Operationstrakt Pädiatrie, Lachgas und Sevofluran



Grafik 2 : Situation 3, Endoskopie Pädiatrie, Lachgas und Sevofluran

Opsaal	Messperiode	Lachgaskonzentration [ppm]	Max. Lachgaskonzentration über 15 Minuten [ppm]
Op Päd.	07h10-09h07	7.9	59
Endo Päd.	07h13-12h50	6	43

Tabelle 4 : mittlere Lachgaskonzentration in der Luft

Isofluran wurde nur in Situation 8 verwendet: intravenöse Induktion, Maskenbeatmung, dann Intubation und Aufrechterhaltung während der Zeit am extracorporellen Kreislaufes (ECC). Der Flow und die verwendete Konzentration lagen bei 0,9l/min und 1-3,5% Isofluran zur Intubation, dann 4,7l/min und 1% Isoflu-

ran während der Zeit am extracorporellen Kreislaufes. Vor der ECC kam es zu einigen Dekonnektionen der Beatmungsschläuche (Aussetzen der Thoraxbewegungen für die Sternotomie).

Das Absaugen von Gas mittels Anästhesiegasabsaugung ist in jedem Operationsaal möglich und jeder Anästhesiebeat-

mungsapparat ist dazu ausgerüstet. Eine Ausnahme in der Herzchirurgie, bildet die Zeit, während der der Patient am extracorporellen Kreislaufes (ECC) angeschlossen ist, dort gibt es kein Anästhesieabsaugsystem. Es ist aber zu erwähnen, dass dort mit Gas geführte Anästhesien sehr selten sind.

Resultate zu den erhobenen Messungen

Die Gaskonzentrationsmessungen wurden wie folgt gemacht: durch Luftmessungen von Pflegenden und Ärzten selbst (Pumpen wurden dazu auf Anästhesiepflegende (IALG) und Anästhesisten (MALG) platziert, Bild 1 und 2, aber auch durch Luftmessungen an einem Fixen Ort (Anästhesiewagen, Bild 3). Mit dieser Methode können aber nur die halogenierten Gase gemessen werden. Die Tabelle 3 präsentiert die gemessenen Resultate.

Parallel dazu fanden kontinuierliche Messungen der Anästhesiegase mit dem GASMET TM DX-4000 statt (Bild 4). Mit dieser FTIR-Technologie können halogenierte Gase und Lachgas gleichzeitig gemessen werden. Die Werte sind indikativ und sollen nicht als Absolutwerte betrachtet werden. Sie erlauben die Beobachtung von Variationen der Exposition in Bezug auf Aktivitäten oder auf getroffene Vorsichtsmaßnahmen, Grafik 1–5.

Eine Messung der Lachgasexposition ist nicht durch Luftproben machbar. Eine Annäherung ist nur durch das Verwenden des GASMETTM, der direkten Erfassung möglich. (siehe Tabelle 4)

Evaluationskriterien und Interpretation der Resultate

Alle Messresultate zu den halogenierten Anästhesiegasen und zum Lachgas lagen unter der in der Schweiz festgelegten Normen. Die Situation ist also im Sinne der exponierten Personen akzeptabel. Die Werte während einer Maskeneinleitung liegen aber im Maximalbereich, insbesondere für das Sevofluran. Dies lässt sich durch den Gasverlust bei undicht gehaltener Maske und einem hohen Gasfluss wegen der zu diesem Zeitpunkt sehr wichtigen hohen Gaskonzentration erklären. Einzige beunruhigende Situation ist jene in der Endoskopie Pädiatrie, dort waren die Wert fix durch den Anästhesis-

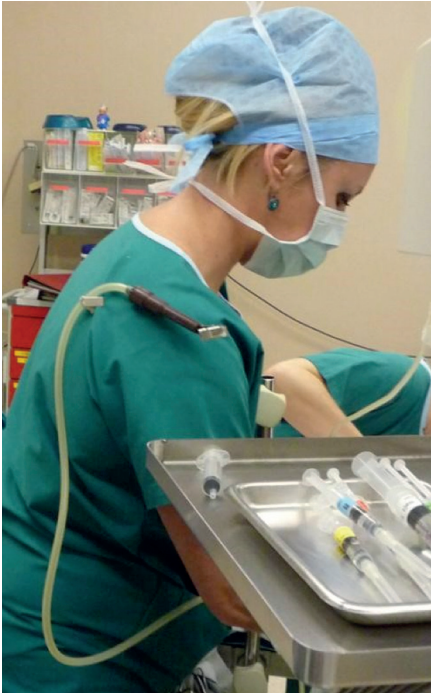


Bild 1: Messgerät auf der Schulter rechts positioniert.



Bild 2: Messgerät auf der Schulter rechts positioniert.

Quelle: USST S. Praplan mit schriftlicher Einwilligung des Personals

ten gemessen bei 9 ppm. Die Gasverluste hängen sehr stark von der Erfahrung des Anästhesiepersonals, welches die Maske beim Kind hält ab. In gewissen Fällen werden dann die Limiten der Expositionswerte überschritten. Es wird weiter beobachtet, dass dank den neuen Luftzirkulationssystemen die Gaskonzentration nach jeder Einleitung oder jedem Verlust von Atemgas, relativ schnell wieder sinkt. Bei geschlossenem Kreislaufsystem ist die Anästhesiegasexposition praktisch gleich null. Während der Extubation und in der Aufwachphase atmet der Patient den Rest der Anästhesiegase aus. Auch im Aufwachraum wird trotz 8 Patienten nach Gasnarkosen die erlaubte Limite nicht erreicht. Bewegt sich das Personal jedoch in 20cm Nähe vom Kopf des Patienten, so steigt die Konzentration auf 20 ppm bei Sevofluran. Bei einem Meter Abstand sinkt die Konzentration unter 5 ppm. Erst nach etwa 1,5 Stunden ist das Anästhesiegas in der Ausatemluft nicht mehr messbar. Im Operationstrakt Pädiatrie wurde ein Gasverlust detektiert. Die Quelle des Verlustes war ein undichter Tubuscuff.

Nur während des extrakorporalen Kreislaufes waren die Verluste gross. Die Anästhesiegase entweichen beim Oxy-

genator, etwa 10 cm ab Boden. Dort hat es keine Anästhesiegasabsaugung. Für das Personal stellt dies insofern kein Problem dar, da der Verlust nicht auf unserer Atmungshöhe stattfindet.

Empfehlungen und Konklusion

Die Messungen der Luftverschmutzung in den verschiedenen Interventionsräumen zeigen, dass gewisse Anästhesietechniken für erhöhte Anästhesiegasexpositio-

nen verantwortlich sind. Entscheidend sind die verwendeten Typen des Gaskreislaufes, die Ventilation der Interventionsräume, das Fehlen von Abgasvorrichtungen und die Erfahrung des Personals. Einzelne Vorgehen sind mehr betroffen, so die Kinderanästhesie. Die Messresultate zeigen bezüglich der Anästhesiegasexposition akzeptable Werte. Im Kinder-Endoskopieraum jedoch gilt es die

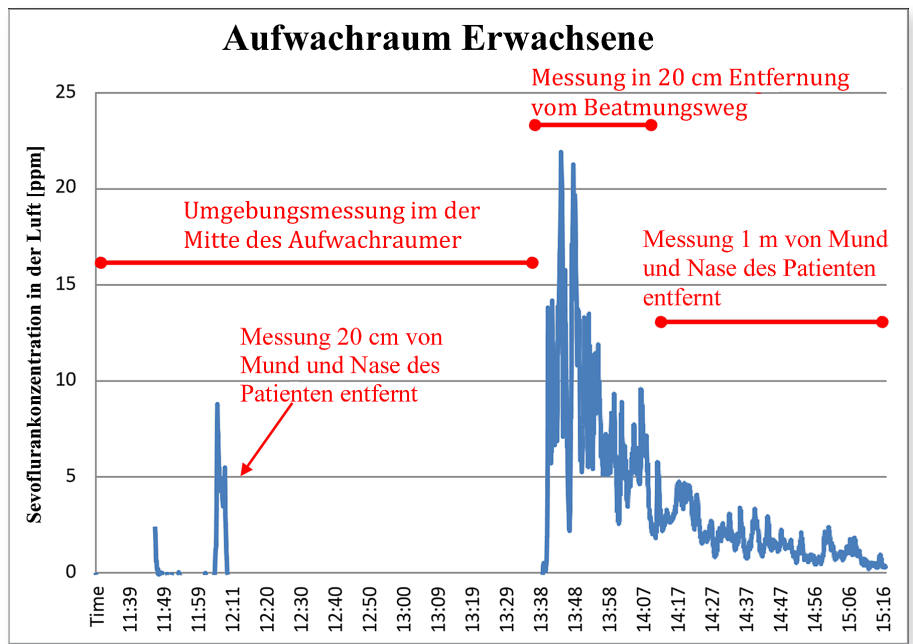


Grafik 3 : Situation 5, Operationstrakt Geburtshilfe, Sevofluran

Situation bezüglich Anästhesiegasexposition zu überdenken. Denn hier werden die Limiten fast immer erreicht und in gewissen Situationen überschritten. Mit den Verantwortlichen wird eine Verbesserung ins Auge gefasst:

- Die Anästhesiepersonen sollen bereits während der Ausbildung auf die Gasverluste bei der Maskenbeatmung hingewiesen werden
- Sich Möglichkeiten einer Gasabsaugung auf Gesichtshöhe des Kindes überlegen
- Folgende Möglichkeiten wurden diskutiert, aber dann doch fallen gelassen, da sie als insuffizient beurteilt wurden oder schwierig umzusetzen gewesen wären: Erhöhung und Verbesserung der Luftumwälzung, Einsetzen von Doppelmasken oder Larynxmasken oder Installation einer Absauglocke.

Der Gasverlust durch den Beatmungsbeutel, welcher mit dem GASMETTTM gemessen wurde konnte an Hand der Dichtigkeitsprüfung des Beatmungsgerätes nicht bewiesen werden und scheint wahrscheinlich zu den Anekdoten zu gehören. Zum Verlust kam es entweder nach dem Test oder während der Ventilation.



Grafik 4 : Situation 7, Aufwachraum Erwachsene, Sevofluran

Die Evaluation der Möglichkeit einer Anästhesiegasexposition gehört zur Verbesserung der Sicherheit am Arbeitsplatz. Einhalten der Limiten heisst Prävention.

Das Anästhesiepersonal hat sehr aktiv zu den Erhebungen beigetragen und wurde anschliessend über die Resultate informiert.

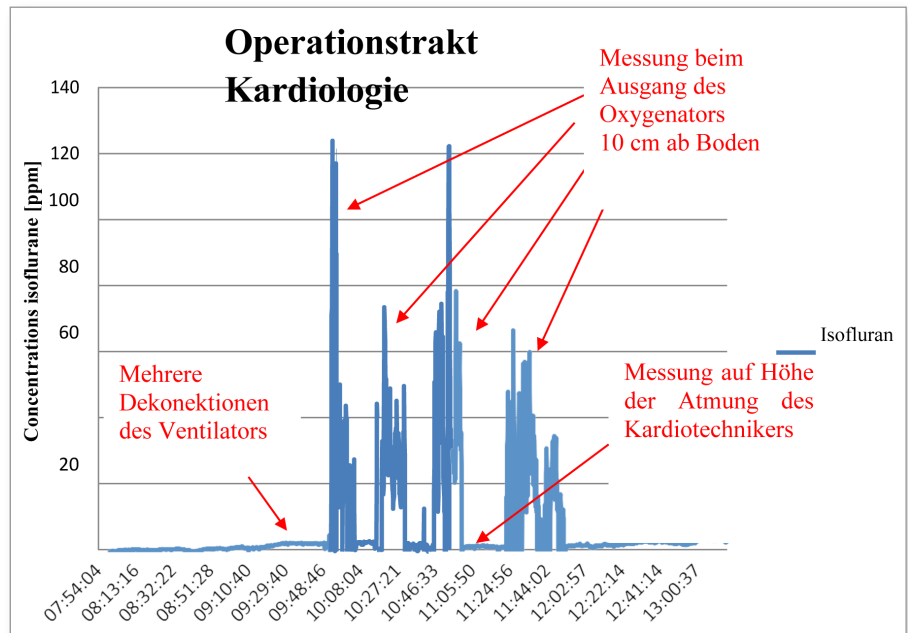


Bild 3: Gasmessung in der Nähe der Anästhesie.

Quelle: USST S. Praplan



Bild 4 : Analysegerät.

Quelle: <http://www.gasmet.fi/>

Grafik 5 : Situation 8, Operationstrakt Kardiologie, Isofluran

Kontakte

Yves Glanzmann
 Coordinateur M&D
 Département des services de chirurgie et
 d'anesthésiologie
 Service d'anesthésiologie
 CHUV
 Yves.Glanzmann@chuv.ch

Dr. méd. Florence Joray
 Cheffe de clinique
 Département des services de chirurgie et
 d'anesthésiologie
 Service d'anesthésiologie
 Centre Hospitalier Universitaire Vaudois
 Lausanne (CHUV)
 Florence.Joray@chuv.ch

Sylvie Praplan
 Hygiéniste du travail
 Service de médecine préventive hospitalière
 Unité de Santé et sécurité au travail
 CHUV
 Sylvie.Praplan@chuv.ch

Dr. méd. Catherine Lazor-Blanchet
 Médecin-Cheffe
 Service de médecine préventive hospitalière
 Médecine du personnel
 CHUV
 Catherine.Lazor-Blanchet@chuv.ch

Literatur

1. Conditions de travail lors d'exposition aux gaz anesthésiques, SUVA Publication numéro 2869/29.f, mars 1998
2. Prévention des risques professionnels: La pollution des blocs opératoires, Cram Rhône-Alpes, juillet 2000, FT1 011
3. Sécurité au travail et protection de la santé dans le secteur de la santé. Publication de la Confédération Suisse/ Commission fédérale de Coordination pour la sécurité au travail CFSST Ref. 6290.f 1^{ère} édition 2013.
4. Mérat F., Mérat S. (2008). Risques professionnels liés à la pratique de l'anesthésie. Annales Françaises d'Anesthésie et Réanimation 27, 63-73.
5. Van den Berg-Dijkmeijer ML.& co (2011) Risks and health effects in operating room personnel. Work 39 (3), 331-44
6. Bulletin d'information toxicologique: Exposition professionnelle aux gaz anesthésiques pour inhalation, volume 28(1), 2012, Institut national de santé publique, Québec.
7. Nathan-Denizot N. (1999). Toxicité des halogénés. Conférences d'actualisation SFAR, 53-69
8. Irwin MG, Trinh T., Yao Cl. (2009). Occupational exposure to anaesthetic gases: a role for TIVA. Expert Opinion Drug Safety 8 (4), 473-83.
9. Jost M., Merz B., Maladies professionnelles et prévention dans le secteur de la santé, Factsheet novembre 2010, SUVA
10. Lawson CC. & co. (2012) Occupational exposures among nurses and risk of sponateous abortion. American Journal of Obstetrics and Gynecology 206 (4): 327, 1-8
11. Guide pour prévenir les expositions professionnelles aux gaz et vapeurs anesthésiques, Cram Ile de France, 2^e trimestre 1998
12. Smith FD. (2010) Management of exposure to waste anesthetic gases. Association of periOperative Registered Nurses (AORN) Journal 91(4), 482-94.
13. Blokker-Veldhuis MJ. & co. (2011) Occupational exposure to sevoflurane during cardiopulmonary bypass. Perfusion 26 (5), 383-9.