



Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Wissenschaft und Gesundheit

Amt für Arbeitsschutz

Umgang mit Narkosegasen

Herausgeber:
Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Wissenschaft und Gesundheit
Amt für Arbeitsschutz
Seit Februar 2005:
Billstraße 80, 20539 Hamburg

Bestellung von Merkblättern:
Fax: 040/42837.3370
<http://www.arbeitsschutz.hamburg.de>
publicorder@bwg.hamburg.de

Verfasserin: Dr. Sabine Müller-Bagehl
unter Mitarbeit von
Manfred Diefenbach
Heinz Reinhold
Ursula Schröter
Dr. Bernd Wüstefeld

Merkblatt M 9
3., überarbeitete und erweiterte Auflage
Stand: April 1997

Nachdruck nur mit Genehmigung

Vorwort zur Neuauflage

Aufgrund der großen Nachfrage war die vorherige, zweite Auflage unseres „Merkblatt für den Umgang mit Narkosegasen“ schon nach kurzer Zeit vergriffen. Den Nachdruck haben wir zum Anlaß genommen, das Merkblatt erneut zu aktualisieren.

So wurde das Kapitel 3, „Luftgrenzwerte und Einstufung“, vollständig überarbeitet, um dem Leser die zum Teil erheblichen Änderungen des Gefahrstoffrechts im Jahre 1996 zugänglich zu machen. Auch im Kapitel 7, „Meßtechnische Überwachung“, haben sich Änderungen ergeben, da inzwischen in einer BIA-/BG-Empfehlung die Bedingungen zur dauerhaft sicheren Überwachung von Grenzwerten in Aufwächrräumen veröffentlicht wurden. Unsere Empfehlungen zur Dauerüberwachung von Narkosegasen am Anästhesiearbeitsplatz legen wir in erweiterter Form vor. Neu aufgenommen haben wir schließlich eine Checkliste für die Kontrolle und Wartung von Narkosegeräten; diese soll es allen Beteiligten ermöglichen, die im Kapitel 5, „Sicherheitstechnische Maßnahmen und ihre Überwachung“, aufgestellten Anforderungen an den technischen Zustand von Narkosesystemen systematisch zu erfassen.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung.....	1
2 Anwendungsbereich.....	2
3 Luftgrenzwerte und Einstufung.....	2
4 Begriffsbestimmungen.....	3
4.1 Narkosesysteme.....	3
4.2 Narkosetechnik.....	4
5 Sicherheitstechnische Maßnahmen und ihre Überwachung....	5
5.1 Anforderungen an Bau und Überwachung der Hochdrucksysteme.....	5
5.1.1 Druckgaszentralen und Aufstellräume.....	5
5.1.2 Hochdruckleitungssystem für N ₂ O.....	5
5.1.3 Sonstige Dichtheitsprüfungen und Prüffristen.....	6
5.2 Anforderungen an die Überwachung der Niederdrucksysteme.....	6
5.3 Wartung der Geräte.....	6
5.4 Narkosegasabsaugungen.....	7
5.4.1 Zentrale Absaugungen.....	7
5.4.2 Passive Narkosegasausleitung nach außen.....	7
5.4.3 Narkosegasausleitung in den Raum über Kohlefilter.....	7
5.4.4 Lokale Absaugungen bei bestimmten Narkoseformen/Operationstechniken.....	8
5.5 Technische Messungen.....	8
6 Raumluftechnische Anlagen (RTL-Anlagen).....	8
7 Meßtechnische Überwachung.....	9
7.1 Allgemeines.....	9
7.2 Durchführung der Arbeitsbereichsanalyse.....	10
7.3 Dauerüberwachung.....	11
8 Organisatorische Schutzmaßnahmen.....	12
8.1 Schutzpflicht des Unternehmers.....	12
8.2 Betriebsanweisung.....	12
8.3 Unterweisung.....	12
9 Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Schwangere.	12
10 Literatur.....	13

Anlagen

Anlage 1: Funktionsschema eines Narkosegerätes.....	16
Anlage 2: Schema Narkosekreissysteme mit Angabe der wichtigsten Leckagepunkte.	17
Anlage 3: Checkliste: Analyse aller Räume, in denen mit Narkosegasen umgegangen wird.....	18
Anlage 4: Probenahmeprotokoll.....	20
Anlage 5: Checkliste für Kontrolle/Wartung von Geräten und Anlagen.....	21

1 Einleitung

Heute gebräuchliche volatile Inhalationsanästhetika haben in arbeitsmedizinisch relevanten Konzentrationen, wie sie am Anästhesiearbeitsplatz auftreten, eine untergeordnete organ-toxikologische Bedeutung für die Belastung des Anästhesiepersonals - ausgenommen von dieser Einschätzung ist die Exposition schwangerer Arbeitnehmerinnen. Die Toxikologie halogener Kohlenwasserstoffe steht schon seit langer Zeit unter dem besonderen Augenmerk der Arbeitsmediziner, da einige dieser Substanzen neben ihrer akuten narkotischen Wirkung erhebliche Nebenwirkungen auf verschiedene Organsysteme entfalten können. Aus Patientenschutzgründen wird man heute immer volatile Narkotika auswählen, die eine gute narkotische Wirkung bei möglichst fehlender organotoxikologischer Begleitwirkung aufweisen. Da das Anästhesiepersonal am Arbeitsplatz diesen Inhalationsanästhetika in Konzentrationen ausgesetzt ist, die mehrere Zehnerpotenzen unter den Konzentrationen liegen, denen die Patienten ausgesetzt sind, kann man aufgrund fehlender organotoxikologischer Nebenwirkungen bei den Patienten herleiten, daß diese volatilen Kohlenwasserstoffe auch unter Arbeitsschutzgesichtspunkten relativ hohe Sicherheit bieten. Neurotoxische Effekte der Niedrigdosis-Expositionen sind von dieser Einschätzung ausgenommen, da diese bislang nicht ausreichend erforscht sind.

Kritischer muß man nach neueren Erkenntnissen die Expositionen des Anästhesiepersonals gegenüber Lachgas betrachten. Lachgas wurde lange Zeit quasi als Inertgas betrachtet und kaum oder gar nicht in die toxikologische Beurteilung der Narkosegasexposition des Anästhesiepersonals einbezogen. Erst in den letzten zehn bis fünfzehn Jahren wurde erkannt, daß Lachgas, wenn auch nur in geringem Umfang, metabolisiert wird, dieser Metabolismus aber insofern problematisch ist, als es über eine Hemmung der Funktion des Vitamins B 12 zu einer Störung der DNS-Synthese kommt. Dieses kann zu hämatologischen, neurologischen und reproduktionstoxischen Wirkungen sowie zu Störungen der embryonalen Entwicklung führen.

Die reproduktionstoxischen Effekte betreffen mit hoher Wahrscheinlichkeit sowohl die männliche als auch die weibliche Fertilität. Studien an Zahnarzthelferinnen, die gegenüber Lachgas exponiert waren, zeigten eine verringerte Fertilität und eine erhöhte Abortrate. Unter suffizienten Arbeitsschutzbedingungen waren diese Effekte nicht mehr nachweisbar. Tierexperimentelle Studien zeigen einen Einfluß auf die männliche Reproduktionsfähigkeit. Da eine epidemiologische Studie eine erhöhte Mißbildungsrate bei den Nachkommen exponierter Anästhesisten, deren Frauen nicht exponiert waren, aufzeigt, ist ein gleichartiger Effekt des Lachgases beim Mann unter unzureichenden Arbeitsschutzbedingungen nicht auszuschließen.

Aufgrund dieser Befunde müssen an den Umgang mit Lachgas hohe Anforderungen bezüglich der Arbeitssicherheit gestellt werden. Störungen in technischen und/oder arbeitsorganisatorischen Bereichen können sehr schnell zu anhaltenden hohen Lachgaskontaminationen der Raumluft im Bereich der Wirkschwelle führen.

Es ist aber festzuhalten, daß bei Einhalten der im folgenden geschilderten Arbeitsschutzmaßnahmen in den meisten Anästhesiearbeitsbereichen der nationale Grenzwert für Lachgas von 100 ppm (182 mg/m³) eingehalten werden kann. Darüber hinaus werden Anästhesiearbeitsplätze von seiten des Amtes für Arbeitsschutz weiterhin entsprechend des für Hamburg 1989 vorläufig festgelegten Grenzwertes für Lachgas von 50 ppm (91 mg/m³) beurteilt, da dieser Wert den in Hamburg erreichten "Stand der Technik" besser beschreibt. In vielen Anästhesiebereichen kann ohne Zweifel dieser Wert eingehalten werden; wird er überschritten, muß über eine erneute Analyse des Arbeitsplatzes ein technischer Defekt oder eine andere Kontaminationsquelle ausgeschlossen werden.

Für die Festlegung der Fristen von Wiederholungsmessungen am Arbeitsplatz nach TRGS 402 und andere rechtlich begründete Konsequenzen, die an das Überschreiten des MAK-Wertes und der Auslöseschwelle gebunden sind, gilt der MAK-Wert von 100 ppm.

2 Anwendungsbereich

Dieses Merkblatt gilt für alle Bereiche, in denen mit Inhalationsanästhetika gearbeitet wird. Das Schutzziel ist die Einhaltung von Grenzwerten gemäß TRGS 900 und TRGS 402 und die Einhaltung von Bewertungsindizes für Schadstoffgemische gemäß TRGS 403.

Der vorgestellte Maßnahmenkatalog orientiert sich an der Rangfolge der Schutzmaßnahmen gemäß § 19 Gefahrstoffverordnung. Die Wirksamkeit der angeführten Schutzmaßnahmen muß entsprechend § 18 Gefahrstoffverordnung in Verbindung mit der TRGS 402 und 403 überwacht werden. Zum sinnvollen Vorgehen bezüglich der meßtechnischen Überwachung von Anästhesiearbeitsplätzen werden gleichfalls Angaben gemacht.

3 Luftgrenzwerte und Einstufung

Messungen belegen, daß in Räumen, in denen volatile Anästhetika und Lachgas benutzt werden, nicht unerhebliche Belastungen für das dort beschäftigte Personal auftreten können. Bedingt wird dieses durch Undichtigkeiten im Hoch- und Niederdrucksystem der Narkosesysteme, durch besondere Narkose- und Operationstechniken, durch eine nicht optimale Handhabung der Narkosesysteme seitens der Narkoseärzte oder durch anatomische Besonderheiten der Patienten.

Nationale Luft-Grenzwerte:

(Stand: 4/1997 - TRGS 900, 903, 905; s. auch BIA-Grenzwerteliste 1996)

Gefahrstoff	Art/Herkunft	mg/m ³	ml/m ³ - ppm	Spitzenbegrenzung	Schwangerschaftsgruppe	BAT
Lachgas	MAK	182	100	4	-	-
Halothan	MAK	40	5	4	R _E 2	+
Enfluran	MAK	150	20	4	Y	-
Isofluran	MAK/GB	80	-	-	-	-

Luft-Grenzwerte Hamburg:

(seit 1989):

Lachgas	50 ppm
Enfluran	10 ppm
Isofluran	10 ppm

Diese Werte wurden 1989 in Ermangelung nationaler Luft-Grenzwerte in Anlehnung an internationale Grenzwerte eingeführt.

Zur Erläuterung:

- **Luft-Grenzwerte**

Der MAK-Wert (maximale Arbeitsplatzkonzentration) ist die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis auch bei wiederholter und langfristiger Exposition im allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt und diese nicht unangemessen belästigt. Die Grenzwerte sind als Mittelwerte über eine Arbeitsschicht konzipiert (Schichtmittelwerte), bei in der Regel täglich achtstündiger Exposition und bei Einhaltung einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 40 Stunden.

- **Bewertungsindex**

Neben Grenzwerten für Einzelstoffe ist auch der Bewertungsindex für Gefahrstoffgemische gemäß TRGS 403 zu ermitteln, d.h. es sind gemäß § 16 (3a) Gefahrstoffverordnung

alle Gefahrstoffe im Operationsbereich zu ermitteln und in die Arbeitsbereichsanalyse (s. Punkt 7) mit einzubeziehen.

- **Auslöseschwelle (TRGS 101)**

Die Auslöseschwelle ist überschritten, wenn die Einhaltung des Luftgrenzwertes nicht nachgewiesen ist (neue Definition der Auslöseschwelle nach Aufhebung der TRGS 100).

- **Kurzzeitwerte/Spitzenbegrenzung**

An Arbeitsplätzen kann die Konzentration der Stoffe in der Atemluft erheblichen Schwankungen unterworfen sein. Die Begrenzung der Abweichung vom Mittelwert nach oben trägt dem Minimierungsgebot für die Exposition Rechnung. Der Schichtmittelwert ist in jedem Fall einzuhalten.

Seit 1996 gilt ein völlig neues Kurzzeitwertkonzept (siehe TRGS 900/96). Für die Begrenzung von Expositionsspitzen bei Narkosegasen gilt jetzt folgendes: Die mittlere Konzentration resorptiv wirksamer Stoffe (Kurzzeitwertkategorien II, III und IV der MAK- und BAT-Werte-Liste) soll in einem 15-Minuten-Zeitraum die vierfache Grenzwertkonzentration nicht überschreiten (15-Minuten-Mittelwert, Überschreitungsfaktor 4).

- **Risikogruppen für Schwangere (TRGS 905 in Verbindung mit Anhang I GefStoffV)**

R_F - fortpflanzungsgefährdend

R_E - fruchtschädigend

Kategorie 1: Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen fortpflanzungsgefährdend oder fruchtschädigend wirken

Kategorie 2: Stoffe, die als beeinträchtigend für die Fortpflanzungsfähigkeit oder als fruchtschädigend beim Menschen angesehen werden sollten

Kategorie 3: Stoffe, die wegen möglicher Beeinträchtigung der Fruchtbarkeit oder fruchtschädigender Wirkung beim Menschen Anlaß zu Besorgnis geben

Y: Stoffe, bei denen ein Risiko der Fruchtschädigung bei Einhaltung der MAK und des BAT-Wertes nicht zu befürchten sind.

4 Begriffsbestimmungen

4.1 Narkosesysteme

In der Bundesrepublik Deutschland werden üblicherweise halbgeschlossene Rückatem-Narkosekreissysteme, die dem Schema der Anlage 1 entsprechen, verwendet. Ein Teil des Ausatemgases wird in das Kreissystem zurückgegeben, das durch Frischgas zum Einatemvolumen ergänzt wird.

Der Frischgas-Flow besteht aus einer variablen Mischung von N₂O und Sauerstoff, üblicherweise im Verhältnis 1:1 bis 3:1. Konventionell wurde und wird ein hoher Frischgasflow von 3 bis 6 l/min. eingesetzt. Hierbei werden in jeder Atemphase große Mengen überschüssiger Gase abgegeben.

Unter bestimmten Bedingungen können Narkosen mit niedrigem Frischgas-Flow durchgeführt werden. Sie werden bezeichnet als

- Low Flow Anästhesie: Frischgas-Flow: < 1 l/min. ≤ 0,5 l/min. O₂ und 0,5 l/min N₂O

- Minimal Flow Anästhesie: Frischgas-Flow: < 0,5 l/min. ≤ 0,3 ml/min O₂ und 0,2 l/min N₂O

Diese Art der Narkoseführung ist an bestimmte, hier nicht näher zu beschreibende Voraussetzungen gebunden. Die unter Arbeitsschutzgesichtspunkten besonders problematischen Narkosen, bei denen z.B. eine ausreichende Abdichtung der Atemwege nicht möglich ist, können mit diesen Verfahren nicht durchgeführt werden.

Bestandteile des Narkosesystems

Hochdrucksystem

Dieses umfaßt

- die zentrale Gasversorgung für Sauerstoff und N₂O oder Flaschensysteme direkt am Narkosegerät
- die dazugehörigen Zuleitungen zu den einzelnen operativen Einheiten
- die Wandsteckdosen
- die Zuleitungen zum Narkosegerät
- die gasführenden Teile der Narkosegeräte bis zum Reduzierventil

Niederdrucksystem

Es besteht aus

- dem Beatmungssystem
- dem gesamten patientennahen Kreissystem mit verschiedenen Ventilsystemen, Meßeinheiten, CO₂-Absorber usw.

4.2 Narkosetechnik

• *Intubationsnarkose*

Nach intravenöser Narkoseeinleitung wird der Patient intubiert und über den Tubus an das Narkosesystem angeschlossen. Bei Erwachsenen wird der Tubus normalerweise mittels einer ballonartigen Dichtung (cuff) gegenüber der Luftröhre so abgedichtet, daß Atemgase und Narkosegase nur über den Tubus entweichen können. Außer einem Tubus werden auch Larynxmasken verwendet. Diese schließen unter Spontanatmung ähnlich dicht ab wie ein geblockter Tubus.

Intubationsnarkosen können sich durch die Art der Narkoseführung bezüglich möglicher Narkosegas-Emissionen in die Raumluft erheblich unterscheiden. Zu nennen wären

- TIVA (Totalintravenöse Anästhesie):
Hierbei werden nur intravenöse Narkotika benutzt. Der Patient wird mit einem Luft-/Sauerstoffgemisch beatmet. Eine Narkosegasexposition der Beschäftigten findet nicht statt.
- Balancierte Anästhesie (Mischnarkose):
Neben intravenösen Narkotika wird die Narkose über volatile Narkosegase und Beatmung mit einem Gemisch aus Lachgas und Sauerstoff gesteuert.
- Reine Gasnarkose:
Hier wird die Narkose über eine höhere Dosis volatiler Narkosegase aufrechterhalten. Das Beatmungsgas ist ein Gemisch von Lachgas und Sauerstoff.

Die beiden letztgenannten Narkosearten unterscheiden sich in der Höhe der Exposition gegenüber volatilen Narkosegasen. In der Lachgasexposition hingegen gibt es keine Unterschiede.

• *Maskennarkose*

Eine Narkosemaske besteht aus flexiblem Material und wird über Mund und Nase des Patienten möglichst fest aufgesetzt. Die Narkosegase werden vom Patienten aus der Maske heraus eingeatmet. Diese Narkoseform wird meist nur für Kurznarkosen eingesetzt.

Das Ausmaß von Narkosegas-Emissionen aus diesem System hängt ganz wesentlich von der Arbeitsweise und der Erfahrung des Anästhesisten, aber auch von anatomischen Besonderheiten des Patienten ab.

Intubationsnarkose mit Maskeneinleitung

Sie wird meist bei Kleinkindern angewandt, da hier eine intravenöse Einleitung nicht immer möglich ist. Hierbei können Narkosegase frei in den Raum abströmen, wenn das Kind sich gegen das feste Aufsetzen der Maske wehrt. Die Intubation erfolgt nach Erreichen einer ausreichenden Narkosetiefe über gasförmige Anästhetika. Bei Kindern bis zu sechs Jahren werden meist ungeblockte (oder cuff-lose) Tuben verwendet. Hieraus resultiert, daß auch nach Intubation bei zu klein gewähltem Tubus Gase aus der Luftröhre neben dem Tubus entweichen können. Dies kann zu erheblichen Leckagen führen.

5 Sicherheitstechnische Maßnahmen und ihre Überwachung

5.1 Anforderungen an Bau und Überwachung der Hochdrucksysteme

5.1.1 Druckgaszentralen und Aufstellräume

Druckgaszentralen und Aufstellräume für Druckgasflaschen müssen ausreichend belüftet sein. Eine natürliche Lüftung ist ausreichend, wenn unmittelbar ins Freie führende Lüftungsöffnungen von mindestens 1/100 der Raumgrundfläche vorhanden sind. Aufstellräume müssen von angrenzenden Räumen mindestens durch feuerhemmende Bauteile getrennt sein (Ziff. 8.4.2 der Technischen Regel Druckgase TRG 280 "Betreiben von Druckgasbehältern"). Nach jedem Flaschenwechsel muß mittels eines Lecksuch-Sprays die Dichtigkeit des Anschlußsystems überprüft werden.

5.1.2 Hochdruckleitungssystem für N₂O

Das Hochdruckleitungssystem für N₂O muß vor der erstmaligen Inbetriebnahme, im regulären Betrieb einmal jährlich sowie nach einer Instandsetzung oder einer wesentlichen Änderung von einem Sachkundigen auf Dichtigkeit geprüft werden. Über das Ergebnis der Prüfung ist ein schriftlicher Nachweis zu führen (DIN 13260 und § 22 der UVV "Gase", VBG 61). Durch diese Maßnahme soll gewährleistet werden, daß Hochdrucksysteme für Lachgas gemäß UVV "Gase" (§§ 12 u. 19) technisch dicht sind und bleiben.

Die bloße Kontrolle der Geräteanschlußdosen mittels Leckagesuchgeräten genügt hierzu nicht, da weitere Undichtigkeiten im Versorgungsnetz möglich sind oder sich einstellen können, z.B. bei Rohrverbindungen; dies insbesondere, wenn diese mechanischen Einflüssen ausgesetzt sind, wie es bei Deckenversorgungseinheiten möglich ist.

Leckagen lassen sich nach Installation von Schwebekörper-Durchflußmessern (Flowmeter) in den für den Arbeitsbereich bzw. geschoßweise vorhandenen Absperrstationen feststellen. Die Überprüfung ist dann, außer bei laufendem Betrieb, jederzeit möglich. Eine Lokalisierung der Leckstellen muß gegebenenfalls folgen.

Eine andere Möglichkeit ist es, den zu überprüfenden Arbeitsbereich von der Gasversorgung abzusperrern und über einen Geräteanschluß mittels separater Druckgasflasche und Durchflußmesser mit Netzdruck zu beaufschlagen. Der sich einstellende Flow muß technische Dichtheit anzeigen, andernfalls muß durch systematische Suche und Behebung der Ursachen die technische Dichtheit wiederhergestellt werden.

Weichdichtungen an Geräteanschlußdosen und Ventilen sind unabhängig von den Dichtheitsprüfungen bei zu erwartendem Verschleiß auszutauschen.

Instandsetzungen und Wartungen dürfen gemäß DIN 13260 und VBG 61 nur von sachkundigen Personen durchgeführt werden. Die Arbeiten müssen gemäß DIN 13260 Pkt. 9.6 dokumentiert werden.

5.1.3 Sonstige Dichtheitsprüfungen und Prüffristen

Wandbuchsen für Narkosegasanschlüsse sind mindestens einmal jährlich im Ruhe- und im Betriebszustand (mit Stecker) auf Dichtheit zu prüfen.

Mittels eines geeigneten Systems müssen die Hochdruckteile der Narkosegeräte inklusive der Anschlußschläuche halbjährlich auf ihre Dichtheit überprüft werden. Einfache Konstruktionen, die aus einem Wandanschluß, Manometer oder Durchflußmesser, Absperrhahn und Geräteanschluß bestehen, sind hier denkbar und für den Betreiber leicht handhabbar.

5.2 Anforderungen an die Überwachung der Niederdrucksysteme

Alle Verbindungen im Niederdrucksystem können Ursache für Leckagen sein (siehe auch Anlage 2). Dann entsteht neben einer Lachgasbelastung gegebenenfalls auch zusätzliche Belastung durch halogenierte Narkosegase. Ursachen sind nicht fest aufgesetzte Schlauchanschlüsse, Schlauchundichtigkeiten bei Versprödung, nicht angeschlossene Schläuche (z.B. von Bakterienfiltern usw.), Meßgeräte zur Überwachung, die das Meßgas in die Raumluft abgeben. Besonders häufig finden sich Leckagen im Bereich der CO₂-Absorber, verursacht werden sie durch Deformierungen der Aufsatzkoni und durch Verunreinigungen im Dichtungsbereich durch Atemkalk. Das Niederdrucksystem muß daher vor jeder Narkose überprüft werden.

Leckagen größer als 150 ml/min bei 30 cm H₂O im Niederdrucksystem (vgl. EN-Norm 740) sollen nicht toleriert werden. Auch Geräte älterer Bauart weisen bei guter Pflege und Wartung sowie evtl. Nachrüstung selten höhere Leckagen auf. Finden sich bei ausreichender Pflege, Wartung und Nachrüstung höhere Leckagen, so ist durch ausreichende Raumbelüftung das Einhalten von Grenzwerten zu gewährleisten. Bei neuen Geräten ist die technisch erreichbare minimale Leckagerate einzuhalten.

Überprüfung der Dichtheit des Niederdrucksystems:

Bei geschlossenem Überdruckventil wird das Ypsilon-Stück mit der Hand verschlossen. Mit Sauerstoff wird ein Druck von 3 kPa (30 cm H₂O) aufgebaut. Der Flow, der erforderlich ist, um diesen Druck aufrechtzuerhalten, entspricht der Leckrate pro Minute. Andere Arten der Dichtheitsprüfung können jederzeit angewandt werden, sofern sie sich als tauglich erweisen, auch kleine Leckagen anzuzeigen. Neuere Geräte zeigen durch Selbstprüfung die Leckagerate an.

Die Prüfung ist erforderlich

- nach jeder Gerätereinigung und erneuter Bereitstellung,
- vor jeder Narkose nach dem Wechsel des Patientensystems. In Notfallsituationen (Patient) kann auf diese Prüfung verzichtet werden.

5.3 Wartung der Geräte

Neben der halbjährlichen sicherheitstechnischen Kontrolle der Geräte nach MedGV müssen die Geräte nach den Angaben der Hersteller auch hinsichtlich ihrer Verschleißteile vorschriftsmäßig gewartet werden. Für Geräte, die nach den Vorschriften des MPG (CE-Kennzeichnung) in den Verkehr gebracht wurden, wird empfohlen, diese bis zum Vorliegen der Betreibervorschriften gemäß § 22 MPG nach den Vorschriften des MedGV zu betreiben. Auf jeden Fall sind jedoch die Herstellerangaben zu Art und Häufigkeit der Instandhaltungsmaßnahmen uneingeschränkt zu beachten.

Zeitpunkt der Durchführung von vorgeschriebenen sicherheitstechnischen Kontrollen und von Instandhaltungsmaßnahmen sowie der Name der Person oder die Firma, die die Maßnahme durchgeführt hat, sind gemäß § 13 MedGV in das Gerätebuch einzutragen.

5.4 Narkosegasabsaugungen

5.4.1 Zentrale Absaugungen

Zentrale Narkosegasabsaugungen müssen in ihrer Leistung dem Narkosesystem angepaßt sein. Bei Narkosegeräten ohne Puffersysteme für überschüssige Gase muß die Leistung der zentralen Absaugung mindestens 40-60 l/min betragen, da sonst die abgegebenen Narkosegase zu Beginn der Ausatemphase des Patienten nicht vollständig erfaßt werden können und über die Sicherheitsöffnungen in den Absaugschläuchen in die Raumluft abgegeben werden. Die Absaugleistung darf 60 ml/min nicht übersteigen, da sonst das Atem-Minuten-Volumen des Patienten unkontrolliert verringert wird. Es wird daher den Betreibern von Narkosegeräten geraten, sich die ausreichende Funktion zentraler Absauganlagen in Verbindung mit den anzuschaffenden Narkosegeräten gewährleisten zu lassen.

Bei hohen Flußraten und hohem Atemminutenvolumen wird die Verwendung eines buffermoduls empfohlen, um Narkosegasemissionen über die Sicherheitsöffnungen der Zentralabsaugung zu vermeiden.

Das Verschließen der Sicherheitsöffnungen in den Absaugschläuchen ist aus Patientenschutzgründen verboten.

Kontrollen

- Vor Beginn jeder Narkose muß sichergestellt werden, daß die zentrale Absaugung angeschlossen wurde.
- Gase von Nebenstrom-Meßgeräten (O₂, CO₂, Narkosegase usw.) müssen in die zentrale Absaugung abgeleitet oder in das Kreissystem zurückgeführt werden.
- Die ausreichende Funktion der zentralen Absauganlagen ist über regelmäßige Wartung und regelmäßige, mindestens halbjährliche Kontrolle der vorgegebenen Saugleistung zu gewährleisten.
Mögliche Art der Prüfung der Saugleistung: Anschluß eines Volumeters an die zentrale Absaugung, Verschuß der Sicherheitsöffnungen und Einschalten der zentralen Absaugung. Das Volumeter zeigt nach 1 min. die Leistung der zentralen Absaugung an. Wird die vorgegebene Absaugleistung nicht erreicht, ist eine Wartung erforderlich.
Diese Kontrolle kann gegebenenfalls durch ein optisches oder akustisches Signal, das die ausreichende Leistung der zentralen Absauganlage anzeigt, ersetzt werden.
- Überprüfung und Wartung der zentralen Absaugung sind zu dokumentieren.

5.4.2 Passive Narkosegasausleitung nach außen

Passive Narkosegasausleitungen nach außen müssen fest installiert sein. Die Grobstaubfilter in der Außenwand müssen regelmäßig mindestens einmal pro Jahr ausgewechselt werden, da sonst ein Rückstau der abgeatmeten Narkosegase mit entsprechenden Konsequenzen für die Patienten und/oder Narkosegaskontaminationen in der Raumluft auftreten können. Es ist zu beachten, daß die Länge des Ableitschlauches einen Einfluß auf den Strömungswiderstand hat.

5.4.3 Narkosegasausleitung in den Raum über Kohlefilter

Kohlefilter halten Lachgas nicht zurück. Derartige Narkosegasableitungen dürfen daher aus Arbeitsschutzgründen nicht mehr benutzt werden. Entsprechende Geräte sind nur noch als fahrbare Notfallgeräte für den gelegentlichen notfallmäßigen Einsatz zugelassen. Kohlefilter müssen regelmäßig gewechselt werden.

5.4.4 Lokale Absaugungen bei bestimmten Narkoseformen/Operationstechniken

Bei manchen Narkoseformen wie z.B.

- Säuglingsnarkosen mit dem Kuhn'schen System
 - Maskennarkosen/Maskeneinleitungen
 - Intubationsnarkosen mit cuff-losem oder ungeblocktem Tubus, insbesondere im Hals-Nasen-Ohren- und Augen-OP
 - Narkosen mit "High Frequency Jet Ventilation"
 - Untersuchungen mit dem starren Bronchoskop unter Inhalationsanästhesie
- kommt es durch frei abströmende Narkosegase zu lokalen oder generellen (im gesamten OP) Narkosegas-Emissionen, die zum Teil sehr hoch sein und ein Vielfaches zulässiger Belastungen betragen können.

Bei solchen Narkoseverfahren oder Operationstechniken muß die Einhaltung von Grenzwerten gewährleistet werden durch

- lokale Absaugungen, wie z.B.
 - Doppelmaskensysteme
 - Absaugung am Tubus (bei cuff-losen Tuben)
 - abgesaugte Doppelbeutelssysteme (Kuhn'sches Besteck)
 - Tischabsaugungen
 - andere lokale Absaugsysteme, die frei abströmende Narkosegase soweit wie möglich erfassen,

und

- ausreichende Frischluftzufuhr über die RLT-Anlage.

Die Abluft von lokalen Absauganlagen darf nicht in raumluftechnische Anlagen mit Umluftanteil eingespeist werden.

5.5 Technische Messungen

Die unter Punkt 5.1 bis 5.4 angegebenen Maßnahmen sind als technische Maßnahmen gemäß § 19 (1) und (2) GefStoffV aufzufassen. Die Einhaltung der Wirksamkeit dieser technischen Maßnahmen kann u.a. durch sogenannte technische Messungen überprüft werden.

Unter technischen Messungen ist folgendes zu verstehen: Mit direkt anzeigenden Infrarot-Meßgeräten wird außerhalb des laufenden Betriebes überprüft, ob eine Lachgaskontamination der Raumluft vorliegt. Die weitere Überprüfung umfaßt dann die Prüfung der Dichtigkeit des gesamten Hoch- und Niederdrucksystems der Narkosesysteme unter Betriebsdruck. Diese Meßprogramme können außerhalb des OP-Betriebes durchgeführt werden. Die Raumlüftung muß dabei mit normaler Kraft laufen.

Technische Messungen sind einmal jährlich oder vor jeder Kontrollmessung durchzuführen und zu dokumentieren.

6 Raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen)

Durch lüftungstechnische Maßnahmen muß in allen bereits bestehenden Räumen, in denen Inhalationsnarkosen durchgeführt werden, sichergestellt werden, daß mindestens ein fünf- bis sechsfacher Luftwechsel (Frischgas/Stunde) eingehalten wird, da ansonsten auch bei vorhandener Zentralabsaugung und guter Narkosetechnik eine Einhaltung von Grenzwerten nicht gewährleistet ist.

Bei Neubauten ist gemäß DIN 1946 Teil 4 die Installation von RLT-Anlagen in Operationsräumen, Ein- und Ausleiträumen und in Aufwächerräumen erforderlich.

Aus Gründen der Narkosegasabführung verlangt die DIN in Aufwachräumen einen ca. zehnbis zwölffachen Luftwechsel (Frischgas: $30 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$).

In Operationssälen wird nach DIN 1946 Teil 4 Punkt 5.6 unabhängig von der Grundfläche ein Außenluftvolumenstrom von $1.200 \text{ m}^3/\text{h}$ verlangt. Gemäß Anmerkung 10 zu Punkt 5.6.3 wurde bei der Festlegung dieses Frischluftanteils allein der Grenzwert für Halothan berücksichtigt. Es wird gemäß DIN angenommen, daß der Grenzwert für Halothan im Arbeitsbereich des Anästhesisten zu 80 % ausgeschöpft werden darf. Dieses ist aus Arbeitsschutzsicht unzureichend: Es fehlt der ausdrückliche Hinweis auf das Minimierungsgebot des Gefahrstoffrechts. Ferner muß beachtet werden, daß der Bewertungsindex gemäß TRGS 403 eingehalten werden muß.

Bei hohem Umluftanteil ist davon auszugehen, daß nur bei sehr leckarmen Narkosesystemen die Grenzwerte eingehalten werden können. Somit ist der Umluftanteil auch gemäß DIN 1946 Punkt 4.2.4 so zu wählen, daß Auslöseschwellen, Grenzwerte und Grenzwertindizes sicher eingehalten werden. § 19 (3) und (4) Gefahrstoffverordnung sind sinngemäß anzuwenden, d.h. es sind auch Prinzipien der Gefahrstoffminimierung in Betracht zu ziehen.

Die Besonderheiten des Anästhesiearbeitsplatzes innerhalb des Operationssaales bedingen häufig, daß dieser Arbeitsplatz trotz funktionierender raumlufttechnischer Anlage nicht wirksam belüftet ist. Bei Neuplanungen muß der Anästhesiearbeitsplatz ausdrücklich in die Planung der raumlufttechnischen Anlage unter Beachtung der besonderen Gegebenheiten mit einbezogen werden. Die Wirksamkeit raumlufttechnischer Anlagen im Bereich des Anästhesiearbeitsplatzes muß unter üblichen Arbeitsbedingungen überprüft werden. D.h. es muß z.B. mittels Rauchröhrchen überprüft werden, ob auch *nach* vollständiger Abdeckung des Operationsfeldes der Anästhesiearbeitsplatz noch ausreichend belüftet ist. Gegebenenfalls ist eine zusätzliche Belüftung im Anästhesiebereich zu installieren.

7 Meßtechnische Überwachung

7.1 Allgemeines

Durch Arbeitsbereichsanalysen nach TRGS 402 ist für alle operativen Abteilungen die Einhaltung der Grenzwerte bzw. des Bewertungsindex für Gemische nach TRGS 403 festzustellen bzw. herbeizuführen. Andere Gefahrstoffe wie Desinfektionsmittel sind einzubeziehen. Durch Kontrollmessungen nach Kontrollmeßplan ist der Befund zu sichern. In der Regel wird es bei Kontrollmessungen ausreichend sein, Lachgas als Leitkomponente zu messen.

Der Befund "dauerhaft sichere Einhaltung von Luftgrenzwerten" kann in OP-Räumen beim Umgang mit Narkosegasen in der Regel nicht erhoben werden; insbesondere dann nicht, wenn das Operationsprogramm und mit ihm die Narkosetechnik und -führung häufig wechseln. Ausgenommen können sein - neben Aufwachräumen - z.B. Intubationsnarkosen bei Erwachsenen. Erfahrungsgemäß aber ist die Höhe der Narkosegasbelastung wesentlich abhängig von der Arbeitsweise des Anästhesisten - wenn alle weiteren Faktoren, die eine Narkosegaskontamination bewirken können, durch technische Kontrollen überwacht werden.

Bei Arbeitsplatzmessungen (Expositionsmessungen) an zufällig ausgewählten, "normalen" Arbeitstagen kann zur Befunderhebung das Bewertungsschema nach Anhang 1 zur TRGS 402 herangezogen werden. Die Verwendung nach anderen Entscheidungskriterien, z.B. nach GA 20 "Arbeitsplatzmessungen" der Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, ist möglich. Um den Meßaufwand für Expositionsmessungen zu verringern, kann es sich empfehlen, statt zufälliger, gezielte Messungen unter Einbeziehung von Schichten oder Tätigkeiten mit der höchsten anzunehmenden Exposition (ungünstigster Fall) oder vorab sogenannte technische Messungen durchzuführen (s. Punkt 5.5).

Im Rahmen der Arbeitsbereichsanalyse ist auch die Einhaltung von Kurzzeitgrenzwerten zu überwachen. Hier kann auch mit direkt registrierenden, kontinuierlichen Meßgeräten (IR-Spektrometer) gearbeitet werden. Dabei ist die Messung zeitlich so zu legen, daß insbesondere Problemnarkosen nach Punkt 5.4.4 erfaßt werden.

Die erste Kontrollmessung muß in der Regel direkt im Anschluß an die Arbeitsbereichsanalyse erfolgen. Sind im Rahmen der Arbeitsbereichsanalyse für einen bestimmten Arbeitsbereich Expositionsmessungen durchgeführt worden, kann zugelassen werden, daß sich die Frist für die erste Kontrollmessung aus dem höchsten Schichtmittelwert ergibt.

Meßergebnisse sind 30 Jahre aufzubewahren.

7.2 Durchführung der Arbeitsbereichsanalyse

Zunächst werden für alle operativen Abteilungen eines Krankenhauses die ersten beiden Schritte der Arbeitsbereichsanalyse durchgeführt:

- Erfassung der Gefahrstoffe
- Beschaffung des Grundwissens.

Dazu sollte die im Anhang aufgeführte Checkliste für jede operative Einheit vollständig ausgefüllt werden.

Vor den eigentlichen Expositionsmessungen sollten durch technische Messungen alle Leitungen der Hochdruck- und Niederdrucksysteme auf Leckagen abgesucht und die Grundbelastung durch Lachgas ohne Operationsbetrieb gemessen werden (s. Punkt 5.5). Dabei sollte auch die Wirksamkeit der gegebenenfalls vorhandenen raumluftechnischen Anlage, insbesondere im Arbeitsbereich des Anästhesisten, überprüft werden.

Expositionsmessungen:

Zur Standardmeßmethode gehört die aktive Probenahme. Passivsammler können eingesetzt werden, wenn die Meßstelle die Vergleichbarkeit der Ergebnisse belegen kann. Anderenfalls kann Passivsammlung nur orientierend gewertet werden.

Es sind personenbezogene Messungen auf Lachgas, volatile Anästhetika sowie Desinfektionsmittel u.ä. erforderlich:

- beim Anästhesisten,
- bei einer Person des OP-Personals, z.B. bei OP-Schwestern und -Pflegerinnen,
- beim Chirurgen/bei der Chirurgin, sofern dieser/diese einer direkten Narkosegasemission ausgesetzt ist (z.B. HNO-Arzt).

Expositionsmessungen sollten möglichst innerhalb der gesamten Expositionszeit einer Schicht und an so vielen Tagen (abhängig von der Höhe der Exposition) in möglichst kurzer Zeit durchgeführt werden, daß durch Erfassung aller in dem Arbeitsbereich üblichen Operationsarten und Narkosetechniken eine repräsentative Aussage und eine ausreichend sichere Befunderhebung möglich ist. Im Rahmen der Arbeitsbereichsanalyse muß überprüft werden, inwieweit die Lüftung im Arbeitsbereich des Anästhesisten wirksam ist (s. auch Punkt 6).

Zu einem Befund "dauerhaft sichere Einhaltung" gehören eine ausreichende Anzahl von Meßergebnissen, die einen Bewertungsindex < 25 % haben müssen, und die Gewißheit, daß die Meßergebnisse repräsentativ sind. Es müssen dann regelmäßig die Bedingungen geprüft werden, die zu diesem Befund geführt haben, wie

- ständige Wirksamkeit zentraler und ggf. lokaler Absaugung (Wartung)
- Dichtheit von Hoch- und Niederdruckteil
- überprüfetes Handling des Anästhesisten.

Die Dichtheit des Narkosesystems ist durch technische Messungen (s. Punkt 5.5, s. auch Anlage 5: Checkliste des Amtes für Arbeitsschutz, Hamburg, für Kontrolle/Wartung von Geräten und Anlagen) einmal jährlich zu überprüfen und zu dokumentieren.

Aufwachräume:

Für die Beurteilung der Expositionssituation in Aufwachräumen kann die BIA-/BG-Empfehlung zur Überwachung von Arbeitsbereichen: Anästhesiearbeitsplätze - Aufwachräume (siehe BIA-Arbeitsmappe 1996), herangezogen werden. In dieser Empfehlung sind die Bedingungen genannt, unter denen in Aufwachräumen eine dauerhaft sichere Einhaltung von Grenzwerten gewährleistet ist (Erstellung eines verfahrens- und stoffspezifischen Kriteriums (VSK) gemäß TRGS 420).

7.3 Dauerüberwachung

Anstelle der wiederkehrenden Stichprobenmessungen nach Kontrollmeßplan kann eine Dauerüberwachung mit einem kontinuierlich messenden N₂O-Meßgerät mit Meßwertespeicher sinnvoll sein. Die Meßsonde sollte sich möglichst nahe am Atembereich des Anästhesisten befinden.

Die Meßwerte müssen arbeitsplatzbezogen täglich ausgedruckt und graphisch dargestellt werden. Der Konzentrationsverlauf über die Schicht auch unter Berücksichtigung der Einhaltung von Kurzzeitwerten ist täglich schichtweise zu beurteilen. Bei Auffälligkeiten, z.B. erhöhter Grundbelastung oder einzelnen Grenzwertüberschreitungen, sind Sofortmaßnahmen zu ergreifen, wie z.B. technische Messungen oder die Analyse von Narkoseprotokollen, um die Ursache für einzelne Grenzwertüberschreitungen zu ermitteln.

Die bewerteten Meßergebnisse sind 30 Jahre aufzubewahren.

Es handelt sich bei einer Dauerüberwachung im Anästhesiebereich nicht um eine Überwachung der dauerhaft sicheren Einhaltung von Grenzwerten im Sinne des Anhangs 2 zur TRGS 402, da z.B. die Zuschaltung einer zweiten Lüfterstufe bei Überschreitung des Voralarms im Operationsbereich in der Regel nicht gegeben ist. Auch das Verlassen des Arbeitsplatzes bei Grenzwertüberschreitung ist nicht möglich.

Grenzwertüberschreitungen sind jedoch in der Regel auch an den meisten Anästhesiearbeitsplätzen bei ordnungsgemäßigem technischen Zustand und bei richtigem Handling des Anästhesisten nicht zu erwarten. An solchen Arbeitsplätzen kann eine Dauerüberwachung der Lachgasbelastung sinnvoll sein, um frühzeitig auf Undichtigkeiten im technischen System oder auf Handhabungsfehler aufmerksam zu machen. In diesen Fällen kann eine Dauerüberwachung jedoch nur dann richtig genutzt werden, wenn das Überwachungsgerät schon „Alarm“ gibt, sobald der im Rahmen der Arbeitsbereichsanalyse ermittelte Maximalwert erreicht wird. Unter solchen Voraussetzungen bietet eine direktanzeigende Lachgasdauerüberwachung des Anästhesiearbeitsplatzes recht hohe Sicherheit in bezug auf Grenzwerteinhaltung und Gefahrstoffminimierung.

Soll-/Grenzwertüberschreitungen sollten nicht durch akustische, sondern durch optische Signale angezeigt werden, da die hohe mentale Belastung am Anästhesiearbeitsplatz nicht noch durch weitere akustische Signale gesteigert werden sollte.

Die Einrichtung einer Dauerüberwachung wird vom Amt für Arbeitsschutz empfohlen.

8 Organisatorische Schutzmaßnahmen

8.1 Schutzpflicht des Unternehmers

Die Schutzpflicht gemäß § 17 der Gefahrstoffverordnung liegt in der Verantwortung des Unternehmers und kann fachbezogen an den Chefarzt der Anästhesie-Abteilung delegiert werden. Dieser ist dafür verantwortlich, daß die Schutzvorschriften beim Umgang mit Narkosegasen eingehalten werden. Ihm obliegt auch die Einweisung und Ausbildung neuer Mitarbeiter und die Durchführung der regelmäßigen Unterweisungen. Die Delegation ist schriftlich festzuhalten.

8.2 Betriebsanweisung

Nach § 20 Gefahrstoffverordnung ist eine Betriebsanweisung entsprechend TRGS 555 für das Anästhesiepersonal zu erstellen. Es muß darin auf die besonderen Gefährdungen durch Narkosegase hingewiesen werden. Insbesondere muß auch auf die in diesem Merkblatt angegebenen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln eingegangen werden.

8.3 Unterweisung

Nach § 20 (2) Gefahrstoffverordnung muß vor Aufnahme der Tätigkeit und danach mindestens einmal jährlich eine Unterweisung erfolgen. Sie sollte beinhalten:

- **Gerätekunde:**
Unterweisung in Dichtheitsprüfung, Leckagesuche, Anwendung von lokalen Absaugmaßnahmen, Anschließen der zentralen Absaugung (s. auch Punkt 5.2, 5.4.1 und 5.4.2 dieses Merkblattes) usw.
- Unterweisung in kontaminationsarmer Narkoseführung
- Hinweise für die gebärfähigen Arbeitnehmerinnen auf die Gefährdungen durch den Anästhesiearbeitsplatz.

9 Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Schwangere

- Schwangere dürfen nicht in Räumen beschäftigt werden, in denen Halothan verwendet wird oder in denen Halothan, wie in Aufwächrräumen, in der Raumluft vorhanden ist.
- Sie dürfen auch nicht beschäftigt werden, wenn bei Narkoseverfahren, wie unter Punkt 5.4.4 beschrieben, nicht durch technische Maßnahmen die sichere Einhaltung von Grenzwerten gewährleistet ist.
- Im übrigen dürfen Schwangere nur beschäftigt werden, wenn
 - in Operationsräumen, in denen ausschließlich Intubationsnarkosen durchgeführt werden, die Grenzwerteinhaltung aufgrund der Durchführung von Schutzmaßnahmen gemäß den Punkten 5 bis 8 dieses Merkblattes sichergestellt ist, und
 - in Aufwächrräumen meßtechnisch sichergestellt wird, daß Grenzwerte sicher eingehalten sind.
- Daneben muß sichergestellt werden, daß auch alle anderen Schutzvorschriften, z.B. nach der Gefahrstoffverordnung, dem Mutterschutzgesetz und der Strahlenschutzverordnung, eingehalten werden.

10 Literatur

- Amt für Arbeitsschutz, Hamburg, Arbeitsschuttlabor: Belastung des Anästhesiepersonals durch Narkosegase, September 1988
- Baden, J.M./Rice, S.A.: Metabolism and Toxicity; in: Miller, R. (ed): Anaesthesia
- Bauer: Auswirkung des Mutterschutzgesetzes auf die Beschäftigung werdender Mütter im Anästhesiebereich; Anästhesiologie und Intensivmedizin 6/88 perimed Verlag, Stuttgart
- Baum, J: Die Inhalationsnarkose mit niedrigem Frischgasfluß; Thieme Verlag 1992
- Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales (Hg.): Arbeits- und Gesundheitsschutz im Krankenhaus; Schriftenreihe des Amtes für Arbeitsschutz, Bremen 1994.
- Bernow, Björdal, Wiklund: Pollution of Delivery Ward Air by Nitrous Oxide, Effects of Various Modes of Room Ventilation. Excess and Close Scavenging: Acta Anaesthesiol Scand 1984: 28: 119-123
- Bethune, Collins: Removal of anesthetic gases; Anaesthesia 35 (1980) 395 ff.
- BIA-/BG-Empfehlung zur Überwachung von Arbeitsbereichen, Anästhesiearbeitsplätze - Aufwachräume, in: Messung von Gefahrstoffen, BIA-Arbeitsmappe, Kap. 1018, Erich-Schmidt-Verlag-Bielefeld, 17. Lieferung 10/96
- Bohne-Matusall, R./Rasmussen, H.U.: Narkosegase in Krankenhäusern; Hg.: BAU, Wirtschaftsverlag Bremen
- Brodsky: Exposure to anaesthetic gases: A controversy; AORN Journal, Juli 1983 Vol. 38, No 1
- Carlsson/Ljungquist: The Effect of Local Scavenging on Occupational Exposure to Nitrous Oxide; Acta Anaesthesiol Scand 1983: 27: 470-475
- Conzen, P.: Gesundheitliche Risiken von Inhalationsanästhetika; Anaesthesiol, Notfallmed. Schmerzther. 29 (1994) 10-17
- Forth, W./Henschler, D./Rummel, W./Starke, K.: Pharmakologie und Toxikologie; Wissenschaftsverlag 1992 (6. Aufl.)
- Fridrich, P./Kraft, D.: Volatile Anaesthetika - immunologische Aspekte; Beitr. Anaest. Intens. Notfallmed. 42, 25-31 (1993)
- Gefahrstoffverordnung - GefStoffV - BGBl. I, S. 1470/III 8053-6-5 v. 26.08.86 Verordnung zur Novellierung der GefStoffV vom 26.10.93, BGBl. I, 1993
- Grabow: Lehrbuch der Anästhesie und Intensivpflege; Stuttgart 1988 (2. Aufl.)
- Greim, H. (Hg.): Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe: Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründung von MAK-Werten; VCH-Verlagsgesellschaft; hier: Toxikologische Begründungen für Halothan, Isofluran, Distickstoffmonoxid, Enfluran
- Hagemann: Arbeitsplatzbelastungen durch volatile Anästhetika; Vortrag auf dem 21. Deutschen Kongress für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 1989
- Henschler, D. (Hg): Biologische Arbeitsstoff-Toleranz-Werte (BAT-Werte); VCH-Verlagsgesellschaft; hier: Halothan
- Hirte, I./Nitsche, B./Ruppe, K.: Neurotoxische Wirkungen von Narkosegasen bei beruflicher Exposition; Zbl. Arbeitsmed. 45 (1995) 94-102
- Hoarauf, K. et al: Lachgasexposition des OP-Personals bei Intubationsnarkosen; Gesundh.-Wes. 57 (1995) 92-96
- Hojkjaer: Removal of halogenated anaesthetics from a closed circle system with a charcoal filter; Acta Anaesthesiol Scand 1989: 33: 374-378

- Huber, E.: Rechtliche Aspekte und MAK-Werte; *Anaesth. Intensivmed.* 35 (1994) 162-166
- HVVG - BIA-Report 11/96: Grenzwerteliste 1996 - Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Alte Heerstraße 111, 53754 St. Augustin
- Imbriani, M. et al: Biological Monitoring of occupational Exposure to Enfluran in Operation Room Personal; *Arch. of Env. Health* 49 (1994) 135-140
- Infante, P.F./Pesak, J.: A Historical Perspective of some Occupational Related Diseases of Women; *JOM*, Vol. 36, Nr. 8 (Aug. 1994) 826-831
- Klan/Herden/Lawin: Vergleichende gaschromatographische Untersuchungen der Expirationsluft von Narkosen mit Enflurane, Halothane und Methoxyfluran; *Praktische Anästhesie* 10 (1975) Stuttgart
- Konietzko, J.: Intoxikationen durch Arbeitsstoffe in: *Neurologie in Praxis und Klinik*, Hg.: Hopf, H. Ch. et al., Georg Thieme Verlag 1992
- Korn, M./Geisel, B.: Die Narkosegasbelastung in Operationssälen und Möglichkeiten für das Umgebungs- und Biomonitoring; *Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed.* 26 (1991) 312-321
- Kumar/Hintze/Jacob: A Random Survey of Anaesthesia Machines and Ancillary Monitors in 45 Hospitals; *Anaesth. Analg.* 1988: 67: 644-649
- Lauen/Stoeckel: Der Einfluß von Schutzmaßnahmen; *Anästhesiologie und Intensivmedizin*, 1/82
- Lehmann, G./Meinshausen, E.: Narkosebetrieb im geschlossenen System; *Krankenhaustechnik* Januar 1991 S. 28-31
- Meier, A./Jost, M./Ruegger, M./Knuti/Schlatter, Ch.: Narkosegasbelastung des Personals in der Kinderanästhesie; *Anaesthesist* (1995) 44: 154-162
- Miljö-Chemie: Messungen von Narkosegasen
- Normenausschuß Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Normenausschuß Medizin (NAMed) im DIN Normenausschuß Maschinenbau (NAM) im DIN: *Raumluftechnik Raumluftechnische Anlagen in Krankenhäusern (VDI Lüftungsregeln)*; Beuth-Verlag 1987
- Norpoth, K.: *Einführung in die Arbeitsmedizin*, ecomed 1991
- Pope/Halsey/Hammond/Ward: Occupational hazards of anaesthesia; *Canadian Anaesthetists society Journal*, 1985
- Pothmann, W.: Narkosegasbelastung am Arbeitsplatz Anaesthesie; *Anaesth. Intensivmed.* 35 (1993) 198-201
- Pothmann, W. et al.: Belastungen des Arbeitsplatzes durch Narkosegase; *Anaesthesist* (1991) 40: 339-346
- Railton/Fisher: Low flow active antipollution Systems; *Anaesthesia*, Vol. 39 (1984), 904-907
- Reiz/Gustavsson/Häggmark/ Lindkvist, A./Lindkvist, R./Norman/Strömberg: The double mask - a new local scavenging system for anaesthetic gases and volatile agents; *Acta Anaesthesiol Scand* 198 30: 260-265
- Rowland, A.S. et al.: Reduced Fertility among Women employed as Dental Assistants exposed to High Levels of Nitrous Oxide; *N. Engl.J. Med* 1992; 327:993-7
- Schule am Esch, J.: Gefährdung durch Narkosegase; *Beitr. Anaesth. Intens. Notfallmed.* 42, 11-24 (1993)
- Schweres/Hagemann: *IADM-Mitteilungen* 10 "Belastung und Beanspruchung des Anästhesiepersonals durch Narkosegase; Basisband; Duisburg 1988

Schweres, M., (Hg): Problem der Exposition von Operationsteams durch Narkosegase; IADM-Mitteilung 11, Duisburg 1993

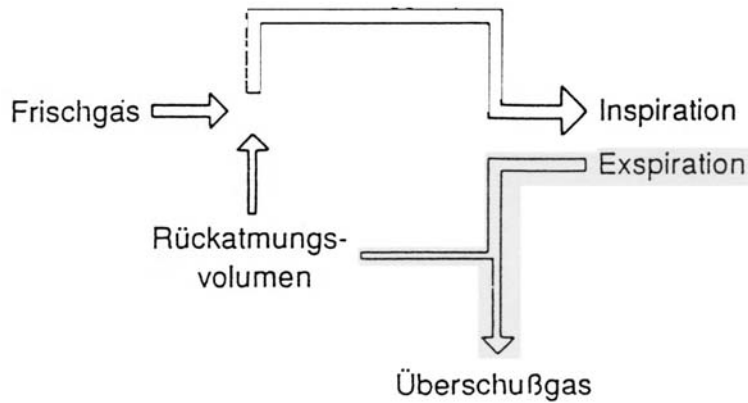
Sonander/Stenqvist/Nilsson: Nitrous Oxide Exposure during Routine Anaesthetic Work; Measurement of Biologic Exposure From Urine Samples and Technical Exposure by Bag Sampling, Acta Anaesthesiol Scand 1985; 29: 203-208

Sternkopf, G./L. Hiller: Einfluß der Klimatechnik auf die Belastung durch Narkosegase; Sicherheitsingenieur 10/92, 42-47

Stoeckel, Lauen: Exposition gegen Spurenkonzentrationen flüchtiger Anästhetika gegenwärtige Beurteilung; Inhalationsanästhesie heute und morgen, Herausgeber: K. Peter und F. Jesch, Berlin, Heidelberg, New York. Springer 1982, S. 21-27

Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) in Weinmann/Thomas: Gefahrstoffverordnung Teil 2/1 und 2/2, Carl Heymann Verlag; hier: TRGS 100, 402, 403, 900, 905.

Funktionsschema eines Narkosegerätes



Schematisiertes Flußdiagramm eines halbgeschlossenen Rückatemkreissystems

Systeme ohne Reservoir	Nichtrückatemsysteme		Rückatemsysteme
	Flowgesteuert	Ventilgesteuert	

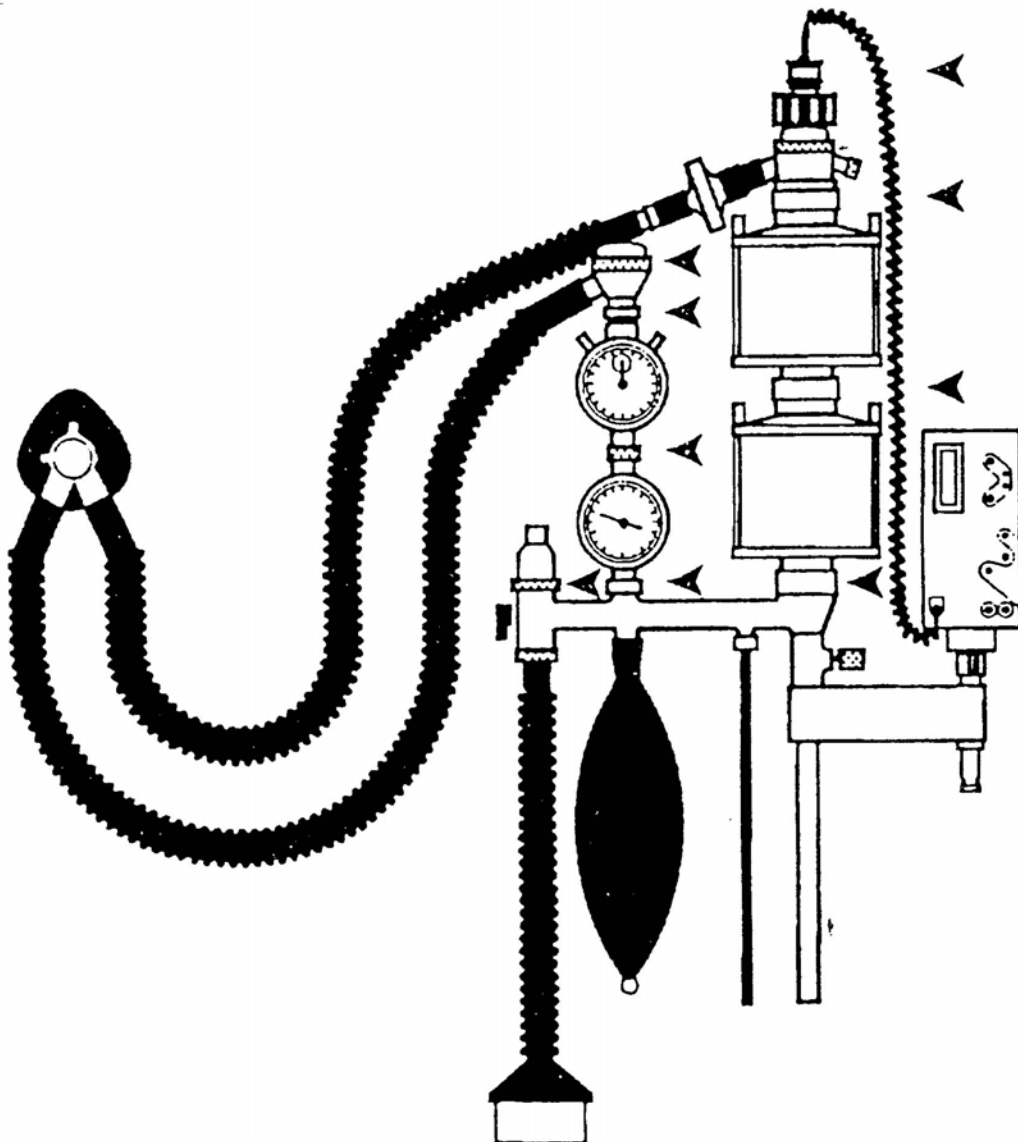
Abb. 1.1a-q Synoptische Darstellung der Narkosesysteme, differenziert entsprechend der zugrundeliegenden technischen Konzeption (nach 1, 5, 6, 8, 9, 12, 13)

a Schimmelbusch-Maske
b Davis-Meyer-Insufflationsspatel
c Ayresches T-Stück
d Mapleson E
e Kuhn-System
f Jackson-Rees-System
g Mapleson D
h Bain-System
i Mapleson A
j Magill-System
k Lack-System
l Mapleson B
m Mapleson C
n Ventilgesteuertes Nichtrückatemsystem
o Ambu-Paed-System
p Pendelsystem
q Kreissystem

A Ausatemventil
AB Absorber
F Frischgas
NR Nicht-Rückatemventil

Quelle: J. Baum „Die Inhalationsnarkose mit niedrigem Frischgasfluß“, Thieme-Verlag, 1992

Schema Narkosekreissysteme
mit Angabe der wichtigsten Leckagepunkte



Prädilektionsstellen für Leckagen:
alle Schraub- oder Steckverbindungen sowie Ventil- und Absorberdichtungen

Quelle: J. Baum „Die Inhalationsnarkose mit niedrigem Frischgasfluß“, Thieme-Verlag, 1992

**Analyse aller Räume, in denen mit Narkosegasen umgegangen wird
(Checkliste)**

1. Krankenhaus: _____
2. Klinik (z.B. HNO): _____
3. Arbeitsbereich (z.B. Ambulanz): _____
4. Zahl der beschäftigten Anästhesisten/ Tag: _____
5. Zahl der jährlich durchgeführten Narkosen: _____

6. Narkosegeräte:

Hersteller			
Baujahr			
Lecktest i. Niederdrucksystem ml/min			

- | 7. Narkosetechnik | Anzahl/ Monat |
|--|---------------|
| a) ITN mit i.v.-Einleitung: | _____ |
| aa) vorher O ₂ -Insufflation: | _____ |
| ab) vorher O ₂ + N ₂ O-Insufflation: | _____ |
| b) ITN mit Maskeneinleitung: | _____ |
| c) Maskennarkose: | _____ |
| ca) Erwachsene: | _____ |
| cb) Kinder: | _____ |

- | 8. Narkoseführung | Anzahl/ Monat |
|----------------------------|---------------|
| a) reine i.v.-Narkosen: | _____ |
| b) balancierte Anästhesie: | _____ |
| c) reine Gasnarkose: | _____ |
| d) Regionalanästhesie | _____ |

b.w.

Fortsetzung Anlage 3

9. Narkosedauer
- a) durchschnittlich _____ (Min)
- b) maximal _____ (Min)
- c) minimal _____ (Min)

10. Halogenierte Narkosegase
- | | <u>Anzahl</u> | <u>Vol. %</u> |
|---------------|---------------|---------------|
| a) Halothan: | _____ | _____ |
| b) Isofluran: | _____ | _____ |
| c) Enfluran: | _____ | _____ |
| d) andere: | _____ | _____ |

11. Narkosegasabführung
- a) zentrale/ dezentrale Absaugung, Leistung L/min. 0
- b) Kohlefilter 0
- c) passive Ableitung nach außen 0

12. Lüftungstechnik *

	nat. Lüftung	RLT-Anlage	Raumvolumen (m ³)	Frischluftvolumenstrom (m ³ /h)
OP-Saal				
Einleitraum				
Ausleitraum				
Aufwachraum				

13. Wartung*

	jährlich	½-jährlich	garnicht
Narkosegeräte			
RLT-Anlage			
N ₂ O-Hochdrucksystem			
Zentrale/ dezentale Absaugungen			

14. Vapornachfüllung: wo? _____
- _____

*Zutreffendes bitte ankreuzen oder ausfüllen

Anlage 4

Probenahmeprotokoll

Messungen bei Vollnarkose

Krankenhaus:

Operationssaal:

Datum:

Personenbezogene Messungen

Proben- Nummer	Tätigkeit		Anästhes.-Pfl.	Probenahmedauer		Probenahme Volumen
	Anästhes.	OP-Personal		von	bis	

Ortsfeste Messungen

Einleitung	0	Operationssaal	0
Ausleitung	0	Aufwachraum	0

Narkosetechnik

Zahl Zeitraum

Narkosegase

1. ITN mit i.v. Einleitung	0	1. Halothan	0
2. ITN mit Maskeneinleitung	0	2. Enfluran	0
3. Maskennarkose	0	3. Isofluran	0
4. Erwachsene	0	4. O ₂ /N ₂ O	0
5. Kinder	0		1/min

Vapordosierung über die Zeit

Narkoseabführung

Lüftungstechnik

1. zentrale Absaugung	0	1. Klimaanlage	0
2. Aktivkohlefilter ohne zentrale Absaugung	0	2. natürl. Belüftung	0
3. passive Ausleitung in die Außenluft	0	3. Luftwechsel ... fach/Std.	

Anmerkung:

Datum/Unterschrift:

Narkosegase:
Checkliste für Kontrolle/ Wartung von Geräten und Anlagen

Krankenhaus:

Sachbearbeiter: AS

Arbeitsbereich*:

Arbeitsschutzverantwortlicher:

Datum:

** Sofern es innerhalb der Anästhesieabteilung unterschiedliche Regelungen gibt, sind mehrere Formulare auszufüllen!*

Erklärung der verwendeten Zeichen:

Regelmäßige Kontrolle und Wartung:

½ jährlich ①

jährlich ②

Weitere Kontrollen:

vor erstmaliger Inbetriebnahme ③

nach Instandsetzung ④

nach wesentlicher Änderung ⑤

keine ⑥

Zutreffendes ist im folgenden anzukreuzen:

I) RLT-Anlagen:

①② ③④⑤ ⑥

D.I.:

Nachweis:

II) Absaugungen:

Kataster vorhanden:
①② ③④⑤ ⑥

ja nein

D.I.

Nachweis:

Fortsetzung Anlage 5

N₂O-Leitungssystem/Entnahmedosen:

Installationspläne vorhanden ja nein

Dosenkataster vorhanden ja nein

①② ③④⑤ ⑥

D.I.

Nachweis:

Narkosegeräte:

①② ③④⑤ ⑥

D.I.

Nachweis:

Lecktest im Niederdrucksystem:

Vor Beginn OP-Programm ja nein

Vor jeder Narkose ja nein

Sonstiges D.I.:

V) **N₂O-Flaschen:**

Nach Wechsel Kontrolle mit ja nein

Lecksuchspray

Arbeitsbereichsanalyse gemäß Anl. 3 Narkosegasmerkblatt: ja nein

D.I.

Nachweise:

Personenbezogene Messungen nach TRGS 402: ja nein

D.I.

Meßbericht: ja nein

Befund:

Bemerkungen: