

Luftführungssysteme für Operationsräume

Prüfung

DIN
4799

Ventilation and air conditioning; air duct systems for operating theatres; testing

Maße in mm

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	1	2.5.2 Impfgaseingabe	4
2 Prüfung	1	2.5.3 Impfgas-Konzentrationsmessungen	4
2.1 Übersicht	1	2.5.4 Temperaturmessungen	4
2.2 Prüfraum	2	2.5.5 Luftgeschwindigkeitsmessungen	4
2.2.1 Maße	2	2.5.6 Luftvolumenströme	4
2.2.2 Thermische Randbedingungen	2	2.5.7 Thermische Raumlasten	4
2.2.3 Druckhaltung	2	3 Auswertung der Konzentrationsmessungen ...	4
2.2.4 Zu- und Abluftöffnungen	2	4 Prüfbericht	5
2.3 Prüfraumeinrichtung und -besetzung	2	4.1 Inhalt des Prüfberichtes	5
2.3.1 Simulation von Personen	2	4.2 Beschreibung des Luftführungssystems	5
2.3.2 Simulation der OP-Leuchten	2	4.3 Zeichnungen über das Luftführungssystem	5
2.3.3 Simulation Medizinisch-technischer Geräte und sonstiger Einrichtungen	3	4.4 Beschreibung des Versuchsraumes	6
2.4 RLT-Anlagen für den Prüfraum	3	4.5 Beschreibung der Meßgeräte	6
2.4.1 Zuluftströme	3	4.6 Darstellung der Meßergebnisse	6
2.4.2 Abluftströme	3	5 Prüfstellen, Registrierung	6
2.4.3 Luftaufbereitung	3	Anhang A	7
2.4.4 Regelung	3	Anhang B	8
2.5 Durchführung der Messungen	3	Anhang C	12
2.5.1 Allgemeine Prüfbedingungen	3	Anhang D	13

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm gilt für raumlufttechnische Anlagen (im folgenden RLT-Anlagen genannt) in Operationsräumen (im folgenden OP-Räume genannt) bzw. in Räumen mit vergleichbaren Anforderungen. DIN 1946 Teil 4 enthält für diese Anlagen Anforderungen an die Luftführungssysteme, deren Erfüllung in bestimmten Fällen über den Nachweis des Kontaminationsgrades für das verwendete Luftführungssystem belegt werden muß. Hierfür sind in dieser Norm Prüfregeln festgelegt.

2 Prüfung

2.1 Übersicht

In DIN 1946 Teil 4 wird der für OP-Räume geforderte Mindest-Zuluftvolumenstrom von der Art des verwendeten Luftführungssystems abhängig gemacht. Als Bewertungsgröße dient der Kontaminationsgrad (Raumbelastungsgrad). Er ist von der Luftführung im Raum, von den thermischen Betriebsbedingungen und von eventuellen Strömungshindernissen zwischen der Zuluftzuführung in den Raum und den Schutzbereichen (Operationsfeld und Instrumententische) abhängig. Er muß daher für das vorgesehene Luftführungssystem unter solchen Betriebs-

bedingungen geprüft werden, die im wesentlichen denen des vorgesehenen Anwendungsfalles entsprechen.

Die Luftführung im Raum wird anlagentechnisch im wesentlichen durch die Art der Zuluftzuführung bestimmt, so daß die Prüfung des Kontaminationsgrades in der Regel nur an das System der Zuluftzuführung in den Raum gebunden wird.

Thermische Einflüsse auf die Luftströmung zwischen der Zuluftzuführung und den Schutzbereichen werden durch die konvektive Wärmeabgabe von Wärmequellen (Personen, Beleuchtung, Geräte) und durch die Temperaturdifferenz zwischen der Zuluft und der Raumluft im Schutzbereich bestimmt. Es werden daher entsprechende Randbedingungen für übliche Fälle in dieser Norm festgelegt. Bei wesentlichen Abweichungen in dem für den jeweiligen Anwendungsfall vorgesehenen Betrieb muß die Prüfung unter den veränderten Bedingungen des vorgesehenen Anwendungsfalles durchgeführt werden. Ebenso ist es möglich, z.B. für ein bestimmtes Luftführungssystem eine Prüfung in Verbindung mit OP-Leuchten durchzuführen, die für dieses System besonders gut geeignet sind. In diesem Fall muß im Prüfzeugnis ein deutlich sichtbarer Hinweis auf diese Abweichung von den allgemeinen Prüfbedingungen enthalten sein.

Fortsetzung Seite 2 bis 14

Normenausschuß Heiz- und Raumlufttechnik (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Bei Luftführungssystemen mit Kontaminationsgraden $\mu_S < 1$ kann die Verdrängungswirkung der keimarmen Zuluftströmung durch Mischvorgänge infolge von Strömungshindernissen ungünstig beeinflusst werden. Hindernisse zwischen der Zulufteinführung und den Schutzbereichen dürfen daher im üblichen Betrieb strömungstechnisch nicht ungünstiger sein als bei der Prüfung.

Der Kontaminationsgrad wird mit Hilfe von Impfgas-Konzentrationsmessungen bestimmt, wobei Prüfgase verwendet werden, deren Dichteverhältnis zu Luft möglichst nahe 1 liegen soll.

Auf Grund der mit dem Kontaminationsgrad zu beurteilenden Strömungsverhältnisse und des verwendeten Meßverfahrens haben Meßwerte $\mu_S < 0,1$ keine praktische Aussagefähigkeit. Bei rechnerischen Auswertungsergebnissen $\mu_S < 0,1$ wird daher im Prüfbericht der Wert $\mu_S = 0,1$ als Ergebnis angegeben.

Parallel zu den Messungen des Kontaminationsgrades werden Lufttemperatur- und Luftgeschwindigkeitsfelder im Aufenthaltsbereich des OP-Personals aufgenommen.

Abweichungen zwischen den Prüfbedingungen bei einer bereits vorliegenden Prüfung und denen eines vorgesehenen Anwendungsfalles müssen gegebenenfalls durch eine anerkannte Prüfstelle beurteilt werden.

2.2 Prüfraum

2.2.1 Maße

Der Prüfraum muß eine Grundfläche zwischen 25 und 60 m² haben.

Bei Zuluft-Deckenfeldern muß der Abstand zwischen den Rändern des Deckenfeldes und den Wänden mindestens 1,5 m betragen.

Die lichte Raumhöhe bis zur Unterdecke muß mindestens 3,0 m betragen. Zur Aufnahme üblicher Luftführungssysteme ist über der Unterdecke ein Installationsraum von mindestens 0,5 m Höhe erforderlich.

Die Anordnung von Lufteintritt — bzw. Luftaustrittsöffnungen muß den jeweiligen systemspezifischen Vorgaben entsprechen.

2.2.2 Thermische Randbedingungen

Die Prüfungen sollen bei Ablufttemperaturen zwischen 22 und 26 °C durchgeführt werden.

Der Prüfraum und die Umgebungsbedingungen müssen so gestaltet werden, daß die Temperatur der Wandoberflächen im Prüfraum im zeitlichen Mittel¹⁾ um weniger als 0,5 K vom zeitlichen Mittel der Ablufttemperatur im Prüfraum abweicht und auf 0,5 K konstant gehalten werden kann.

2.2.3 Druckhaltung

Während der Prüfung ist im Prüfraum vorzugsweise der gleiche Druck zu halten wie in der Umgebung. Eventuelle Über- oder Unterdrücke sollen so gering wie möglich sein. Die Zu- und Abluftströme dürfen bei maschineller Förderung beider Luftarten sich um höchstens 5 % unterscheiden. Die Abluftförderung darf auch ohne Ventilator erfolgen unter der Voraussetzung, daß der Luftstrom über die Abluftgitter mindestens 95 % des Zuluftstromes beträgt.

2.2.4 Zu- und Abluftöffnungen

Die Zuluftöffnungen sind entsprechend dem zu prüfenden System anzubringen. Von der Abluft sind 1200 m³/h in Fußbodennähe und der Rest in Deckenhöhe abzuführen.

¹⁾ Bezogen auf den gesamten Auswertungszeitraum.

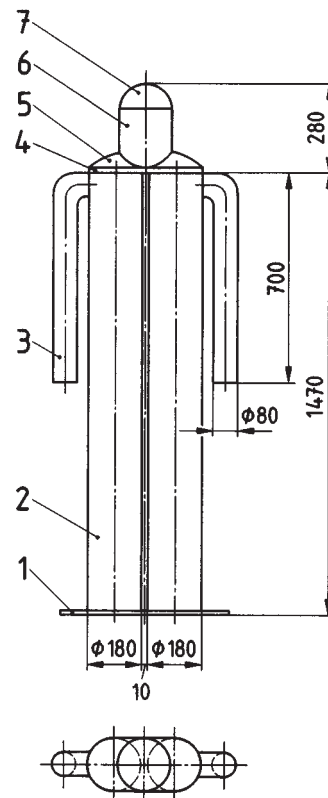
2.3 Prüfraumeinrichtung und -besetzung

2.3.1 Simulation von Personen

Das OP-Personal wird durch 7 beheizte, mit OP-Schutzkleidung versehene und mit einer Impfgasquelle nach Abschnitt 2.5.2 ausgerüsteten Puppen (siehe Bild 1) simuliert. Die Wärme der Puppen wird durch gleichmäßig im Innern verteilte Heizwiderstände von insgesamt 100 W erzeugt. Der Patient wird durch eine 8. Puppe simuliert. Diese ist so zu lagern, daß deren Bauch die höchste Stelle markiert und 1,15 m über Oberkante Fußboden liegt. Diese Puppe ist ebenfalls mit einer Heizeinrichtung wie oben beschrieben ausgerüstet, sie erhält jedoch keine Impfgasquelle.

Die Aufstellung der Puppen ist Bild 2 zu entnehmen.

Um den Einfluß von Bewegungsvorgängen zu simulieren, wird eine der oben genannten 7 Puppen (siehe Bild 2) beweglich ausgeführt. Diese Puppe (Pos. Nr 2) winkelt beide Unterarme um etwa 90° nach vorn ab. Sie vollzieht in der Längsachse eine Drehbewegung von etwa 90°. Diese Drehbewegung erfolgt 15mal je Minute.



- 1 Bodenplatte
- 2 Wickelfalzrohr
- 3 Flexibles Rohr $\varnothing 80$
- 4 Schulterplatte
- 5 Schulterpolster (Bei Bedarf)
- 6 Wickelfalzrohr
- 7 Polystyrol-Hartschaum-Kappe

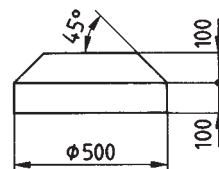
Bild 1. Puppe zur Simulation von Personen.
(Alle Maße sind Richtwerte.)

2.3.2 Simulation der OP-Leuchten

In dem Versuchsaufbau ist eine Modell-OP-Leuchte (Attrappe) aus Blech mit zwei allseitig geschlossenen, lackierten Leuchtenkörpern (Satelliten) nach Bild 3 vorzusehen. Die Lage der Leuchten ist in Bild 2 festgelegt. Die Neigung der Modell-OP-Leuchten ist so einzustellen, daß

ihre Mittelachsen auf das Wundfeld gerichtet sind. Zur Simulation der Lampenwärme ist je ein Heizwiderstand von 200 W Leistung in die Leuchtenkörper einzubauen.

Wenn in einem Anwendungsfall eine Leuchte — auch als Einzelleuchte — verwendet werden soll, die wesentlich größer oder strömungstechnisch ungünstiger als die Modell-OP-Leuchte nach Bild 3 ist, muß eine Prüfung mit dieser Leuchte in der Hauptarbeitsstellung durchgeführt werden. Ebenso können Prüfungen bestimmter Kombinationen von Zuluftdecken mit strömungstechnisch günstigen Leuchten vorgenommen werden, wobei die Gültigkeit des Prüzeugnisses auf die untersuchte Kombination Zuluftdecke/Leuchte zu beschränken ist.



Allseits geschlossenes,
lackiertes Blech
200-W-Heizung

Bild 3. Modell-OP-Leuchte. (Alle Maße sind Richtwerte.)

2.3.3 Simulation Medizinisch-technischer Geräte und sonstiger Einrichtungen

Zur Simulation medizinisch-technischer Geräte sind im Versuchsaufbau zwei allseits geschlossene Modellschränke (Attrappen) aus Blech mit eingebauten elektrischen Wärmequellen von jeweils 650 W vorzusehen. Abmessungen und Lage der Modellschränke sind in Bild 2 (Pos. Nr 5 und 6) wiedergegeben.

OP-Tisch und Instrumententische dürfen durch Modelle simuliert werden. Anordnung und Richtwerte für die Abmessungen sind in Bild 2 wiedergegeben.

Weitere Einrichtungsgegenstände werden bei der Prüfung nicht berücksichtigt.

2.4 RLT-Anlagen für den Prüfraum

2.4.1 Zuluftströme

Die Impfgaskonzentration in der Zuluft darf höchstens 3 % der Impfgaskonzentration in der Abluft betragen.

Für die Prüfung bei Normvolumenstrom muß der Zuluftvolumenstrom im Bereich 1200 bis 2400 m³/h kontinuierlich eingestellt werden können. Für bestimmte Luftführungssysteme können auch höhere Zuluftvolumenströme erforderlich sein.

2.4.2 Abluftströme

Der Abluftstrom ist als Fortluft abzuführen. Er ist um die Volumenstromdifferenz, die zur Druckhaltung im Prüfraum erforderlich ist, geringer als der Zuluftvolumenstrom.

Für die Messung der mittleren Impfgaskonzentration in der Abluft ist es empfehlenswert, die Luft aller Abluftdurchlässe zusammenzuführen.

2.4.3 Luftaufbereitung

Wenn die Funktion des Zuluftdurchlasses von dem endständigen Filter mit bestimmt wird, so muß dieses auch für die Prüfung installiert werden.

Die Luftaufbereitung muß so ausgelegt sein, daß während der Versuche eine Ablufttemperatur von $(24 \pm 2)^\circ\text{C}$ eingehalten werden kann.

2.4.4 Regelung

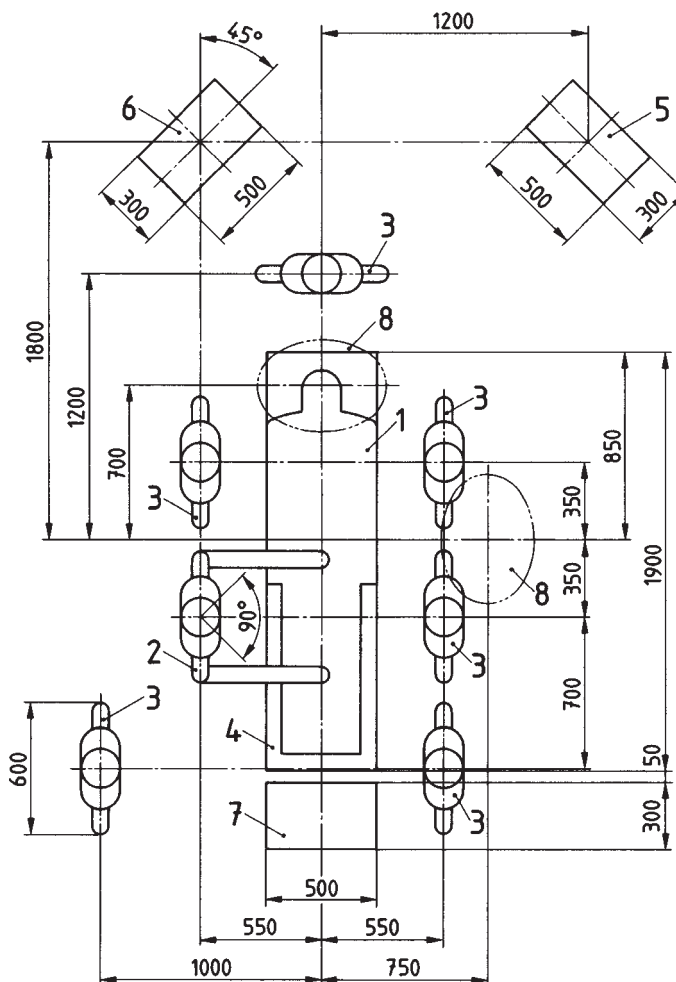
Die Temperaturregelung muß sicherstellen, daß die Grenzabweichung im zeitlichen Mittel¹⁾ der Zulufttemperatur 0,2 K nicht überschreitet.

Die Grenzabweichung im zeitlichen Mittel¹⁾ für die Luftvolumenströme darf 5 % nicht überschreiten.

2.5 Durchführung der Messungen

2.5.1 Allgemeine Prüfbedingungen

Für die Messungen muß sich der Prüfraum bezüglich Luft- und Impfgasströmen sowie Temperaturen im stationären Zustand befinden. Dieser gilt als erreicht, wenn entweder die Wärmebilanzen der Heizung und Zuluft einerseits und der Abluft andererseits auf $\pm 10\%$ übereinstimmen oder wenn bei der Oberflächentemperatur der Umschließungsflächen über einen Zeitraum von 6 Stunden keine Änderung, die größer als 0,5 K ist, auftritt.



- 1 Patient
- 2 Chirurg
- 3 OP-Personal
- 4 OP-Tisch, Höhe 850 mm
- 5 Monitor, Höhe 1600 mm
- 6 Narkosegerät, Höhe 1200 mm
- 7 Instrumententisch, Höhe 1100 mm
- 8 OP-Leuchten, Unterseite Flächenmitte 2000 mm über Oberkante Fußboden

Bild 2. Prüfanordnung im OP-Raum.
(Alle Maße sind Richtwerte.)

¹⁾ Siehe Seite 2

2.5.2 Impfgaseingabe

Als Impfgas soll ein normalerweise in der Atmosphäre nicht vorkommendes Gas verwendet werden, das sich einwandfrei messen läßt. Bewährt hat sich Distickstoffmonoxid („Lachgas“).

Das Impfgas ist im Brustbereich der Puppen (in etwa 1,40 m Höhe) unter der OP-Schutzkleidung durch eine Kapillare von 0,9 mm Durchmesser und 38 mm Länge einzublasen.

Das Impfgas muß gleichzeitig von allen Puppen mit gleichen Strömen eingeleitet werden.

2.5.3 Impfgas-Konzentrationsmessungen

Die Meßstellen sind im Schutzbereich (OP-Tisch, Instrumententisch) angeordnet, wie in Bild 4 dargestellt ist.

Die Messung ist so vorzunehmen, daß die Konzentration über eine Meßdauer von 10 min in einem Luftstrom gemessen wird, der gleichmäßig über die Meßstellen abgesaugt wird.

2.5.4 Temperaturmessungen

Die Verteilung der Lufttemperatur innerhalb der Aufenthaltszone des OP-Personals wird durch Messung der Raumlufttemperatur in den Meßpunkten nach Bild 5 ermittelt. Gemessen wird mit strahlungsgeschützten Temperaturfühlern mit einer Grenzabweichung von 0,1 K. Es werden ferner die Oberflächentemperaturen der 6 Umschließungsflächen jeweils etwa in Flächenmitte gemessen. Die Messungen sind für jeden versuchsmäßig eingestellten Volumenstrom durchzuführen.

2.5.5 Luftgeschwindigkeitsmessungen

Die Luftgeschwindigkeiten sind an den Meßpunkten nach Bild 5 zu bestimmen.

Es sind jeweils der arithmetische Mittelwert und die Standard-Abweichung zu ermitteln. Die Anemometer müssen im laminaren Luftstrom in der jeweiligen Hauptströmungsrichtung kalibriert sein.

2.5.6 Luftvolumenströme

Die Luftvolumenströme werden nach DIN 1952 gemessen.

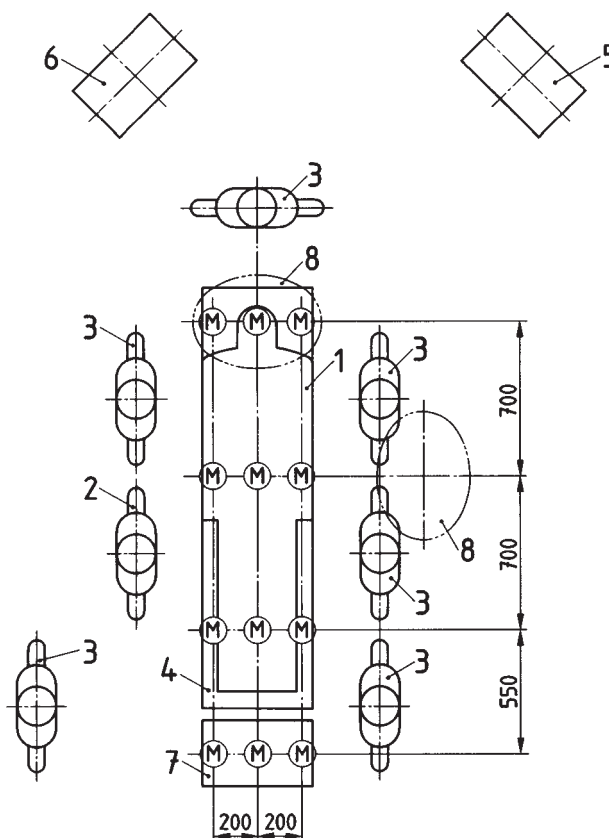
2.5.7 Thermische Raumlaster

Da der Kontaminationsgrad auch von der thermischen Belastung des Raumes abhängt, werden die Prüfungen bei 2 unterschiedlichen thermischen Belastungen des Raumes nach Tabelle 1 durchgeführt. Sämtliche Auswertungen sind für beide thermische Belastungsfälle vorzunehmen und im Prüfzeugnis darzustellen.

Tabelle 1. Thermische Belastung des Raumes zur Durchführung der Prüfungen

	Thermischer Belastungsfall	
	1 W	2 W
Personen	800	800
OP-Leuchten ²⁾	400	200
Allg. Beleuchtung	500	500
Monitor	650	
Narkosegerät	650	
Summe	3000	1500

²⁾ Je Leuchte 50 %



Meßpunkte M, Höhe 1200 mm
(Positionsnummern wie in Bild 2)

Bild 4. Lage der Impfgas-Konzentrationsmeßstellen.
(Alle Maße sind Richtwerte.)

3 Auswertung der Konzentrationsmessungen

Der Raumbelastungsgrad für Luftkeime im Schutzbereich (Kontaminationsgrad μ_S) ist nach DIN 1946 Teil 4 wie folgt definiert:

$$\mu_S = \frac{\bar{k}_S}{\bar{k}_R} \quad (1)$$

Darin bedeuten:

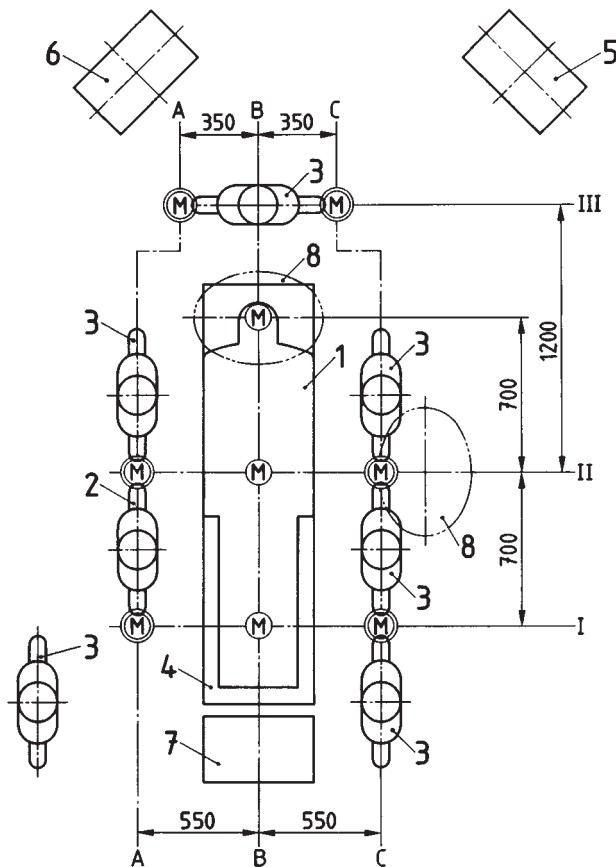
$\bar{k}_S$ mittlere Luftkeimkonzentration im Schutzbereich
 $\bar{k}_R$ mittlere Luftkeimkonzentration im gesamten Raum, entsprechend der mittleren Luftkeimkonzentration in der gesamten Abluft

Im Rahmen dieser Prüfung wird die Luftkeimbelastung des Raumes durch eine Impfgasbelastung simuliert. Mit dieser ergibt sich der Kontaminationsgrad aus:

$$\mu_S = \frac{\bar{k}_{IS} - \bar{k}_{IZU}}{\bar{k}_{IAB} - \bar{k}_{IZU}} \quad (2)$$

Darin bedeuten:

$\bar{k}_{IS}$ mittlere Impfgaskonzentration im Schutzbereich
 $\bar{k}_{IZU}$ mittlere Impfgaskonzentration in der Zuluft (üblicherweise soll $\bar{k}_{IZU} = 0$ sein)
 $\bar{k}_{IAB}$ mittlere Impfgaskonzentration in der Abluft (entsprechend der Impfgaskonzentration im Raum)



Meßpunkte (3), Höhe 600 mm, 1200 mm, 1800 mm

Meßpunkte (4), Höhe 1200 mm, 1800 mm

(Positionsnummern wie in Bild 2)

Bild 5. Lage der Temperatur- und Luftgeschwindigkeitsmeßstellen. (Alle Maße sind Richtwerte.)

Nach DIN 1946 Teil 4 gilt bei „Verdrängungsströmung“ für die relative Luftkeimkonzentration ε_S im Schutzbereich:

$$\varepsilon_S = \frac{\bar{k}_S}{\bar{k}_R} = \mu_S \frac{\bar{k}_R}{\bar{k}_R^*} = \mu_S \frac{\dot{V}_{ZU}^*}{\dot{V}_{ZU}} \quad (3)$$

Darin bedeuten:

$\bar{k}_R^*$ mittlere Luftkeimkonzentration im Raum bei $\dot{V}_{ZU}^*$

$\dot{V}_{ZU}^* = 2400 \text{ m}^3/\text{h}$ Bezugs-Zuluftvolumenstrom

$\dot{V}_{ZU}$ realer Zuluftvolumenstrom

Für den Mindest-Zuluftvolumenstrom gilt nach DIN 1946 Teil 4/12.89, Gleichung (2):

$$\dot{V}_{ZUmin} = \dot{V}_{ZU}^* \frac{\mu_S}{\varepsilon_{Szul}} = 2400 \frac{\mu_S}{\varepsilon_{Szul}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \quad (4)$$

Für die zulässige relative Luftkeimkonzentration ε_{Szul} gelten nach DIN 1946 Teil 4:

- Bei OP-Räumen mit hohen Anforderungen an die Keimarmut $\varepsilon_{Szul} = 1$
- Bei OP-Räumen mit besonders hohen Anforderungen an die Keimarmut: $\varepsilon_{Szul} = \frac{2}{3}$

Der Kontaminationsgrad μ_S eines bestimmten Luftführungssystems ist bei gegebenen Bedingungen vom Zuluftvolumenstrom abhängig. Zur Bestimmung des Mindest-Zuluftvolumenstromes müssen daher mehrere Versuche mit unterschiedlichem Zuluftvolumenstrom durchgeführt werden. Sie sind nach dem Beispiel in Anhang D graphisch auszuwerten. Als Prüfergebnis für den Mindest-Zuluftvolumenstrom gilt der größere bei den beiden thermischen Raumbelastungen ermittelte Wert.

Neben dem Mindest-Zuluftvolumenstrom kann auch der hinsichtlich der relativen Luftkeimkonzentration optimale Zuluftvolumenstrom $\dot{V}_{ZUmin}$ von Interesse sein, bei dem mit dem jeweiligen Luftführungssystem die minimal mögliche relative Luftkeimkonzentration erreicht wird. Die Ermittlung dieses optimalen Zuluftvolumenstromes geschieht ebenfalls graphisch nach dem eingetragenen Beispiel im Anhang D. Zur Auswertung ist die Kennlinie für den jeweils ungünstigsten thermischen Raumbelastungsfall zugrunde zu legen.

4 Prüfbericht (siehe Anhang A)

4.1 Inhalt des Prüfberichtes

Der Prüfbericht muß folgende Angaben enthalten:

- Beschreibung des Luftführungssystems,
- Zeichnungen über Konstruktion und Anordnung des Luftführungssystems,
- Beschreibung des Versuchsraumes,
- Zeichnung des Versuchsraumes,
- Funktionsschema des Versuchsraumes,
- Beschreibung der verwendeten Meßgeräte,
- Meßprotokolle und
- Graphische Auswertung zur Ermittlung des Kontaminationsgrades (bei Messung mit unterschiedlichen Volumenströmen).

4.2 Beschreibung des Luftführungssystems

Die Beschreibung ist vom Antragsteller zur Verfügung zu stellen.

Das Luftführungssystem — gegebenenfalls seine Bestandteile — ist nach Hersteller und Typ zu bezeichnen. Dies gilt auch für funktionswichtige Einbauteile.

Die Beschreibung des Luftführungssystems muß alle die Funktion des Systems beeinflussenden Teile umfassen; dazu gehört auch die Angabe der Höhe des Zuluftaustritts über dem OP-Tisch. Die Teile müssen bezüglich ihrer Werkstoffe und ihrer einsatzrelevanten Eigenschaften (z.B. Eignung für Wischdesinfektion) genau beschrieben werden.

Ferner sind der Nenn-Luftvolumenstrom bzw. -bereich und die zugehörigen Luftwiderstände anzugeben. Die Beschreibung muß außerdem die Auswechselung von Teilen darstellen, die gewartet bzw. zur Wartung oder zum Ersatz ausgebaut werden müssen.

4.3 Zeichnungen über das Luftführungssystem

Die Zeichnungen sind vom Antragsteller zur Verfügung zu stellen. Sie müssen mindestens umfassen:

Die Hauptmaße sowie alle für den Einbau, für die luft- und bauseitigen Anschlüsse und für die Einbauteile maßgeblichen Einzelheiten (in der Regel 2 Ansichten bzw. bei Zuluftdecken eine Deckenuntersicht sowie 2 senkrecht zueinanderliegende Schnitte) sowie die Höhe des Zuluftaustritts über dem OP-Tisch.

Die darin verwendeten Bezeichnungen müssen mit denen der Beschreibung des Systems übereinstimmen.