

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Forschung, Entwicklung,  
Demonstration und Beratung auf  
den Gebieten der Bauphysik

Zulassung neuer Baustoffe,  
Bauteile und Bauarten

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle für  
Prüfung, Überwachung und Zertifizierung

**Institutsleitung**

Prof. Dr. Philip Leistner

Prof. Dr. Klaus Peter Sedlbauer

IBP-Bericht EER-002k/2018/952

## Messtechnische Untersuchung zum raumklimatischen Nutzerkomfort eines Beleuchtungskörpers mit integriertem Luftauslass

Durchgeführt im Auftrag

Bechter Licht GmbH

Bach 201/2

A-6941 Langenegg

Der Bericht umfasst

22 Seiten Text

2 Tabellen

15 Bilder / 8 Bilder Anhang

Auszugsweise Veröffentlichung nur mit  
schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik gestattet

Eberl Michael

Pschirer Marie

Valley, 12. Februar 2018

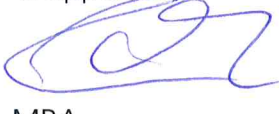
Kompletter Punkt 4 S. 7 – S. 15 neue Grafiken inkl. Erläuterungen / vorherige Grafiken nun im Anhang

Stellv. Institutsleiter



Prof. Dr.-Ing.  
Gunnar Grün

Gruppenleiter



MBA  
Thomas Kirmayr

Bearbeiter



Michael Eberl

# Inhalt

|            |                                                                     |           |
|------------|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>Aufgabenstellung</b>                                             | <b>3</b>  |
| <b>2</b>   | <b>Durchführung der Untersuchungen</b>                              | <b>3</b>  |
| <b>3</b>   | <b>Luftgeschwindigkeiten, Zugluftrisiko (Draft Risk)</b>            | <b>5</b>  |
| <b>4</b>   | <b>Darstellung der Ergebnisse</b>                                   | <b>7</b>  |
| 4.1        | Zuluftöffnung                                                       | 7         |
| 4.1.1      | Einbauvariante Decke, Ausblasrichtung Wand                          | 8         |
| 4.1.2      | Wandeinbau, Ausblasrichtung Boden                                   | 9         |
| 4.1.3      | Wandeinbau, Ausblasrichtung Decke                                   | 12        |
| 4.2        | Abluftöffnung (erhöhter Luftvolumenstrom von 100 m <sup>3</sup> /h) | 14        |
| 4.3        | Zusammenfassung der Ergebnisse                                      | 15        |
| <b>A.1</b> | <b>Detailliertere Messergebnisse</b>                                | <b>19</b> |
| A.1.1      | Einbauvariante Decke, Ausblasrichtung Wand                          | 19        |
| A.1.2      | Wandeinbau, Ausblasrichtung Boden                                   | 20        |
| A.1.3      | Wandeinbau, Ausblasrichtung Decke                                   | 22        |

## 1 Aufgabenstellung

Die Firmen DIETRICH LUFT+KLIMA und GEORG BECHTER LICHT haben gemeinsam einen Beleuchtungskörper zur Decken- bzw. Wandmontage entwickelt, in welchem zusätzlich ein Luftauslass integriert ist. Ziel der Untersuchungen ist es, die Luftgeschwindigkeiten bzw. den Nutzerkomfort (Zugluftrisiko) im Bereich des Luftauslasses zu bestimmen.

## 2 Durchführung der Untersuchungen

Der zu testende Luftauslass VERVE 275 DN100 (Bild 1) wurde in den Testraum des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Holzkirchen eingebaut. Die Umfassungsflächen des Testraumes sind aus einzelnen temperierten Flächenelementen aufgebaut, wodurch es möglich ist, die Oberflächentemperaturen auf einen festen Wert zu regeln. Der zu testende Luftauslass wurde mittels eines Blindelements in die Wand bzw. die Decke integriert (Bild 2), wobei am Anschlussstutzen des Auslasses ein gerades Rohrstück mit mindestens 0,75 m anschließt.

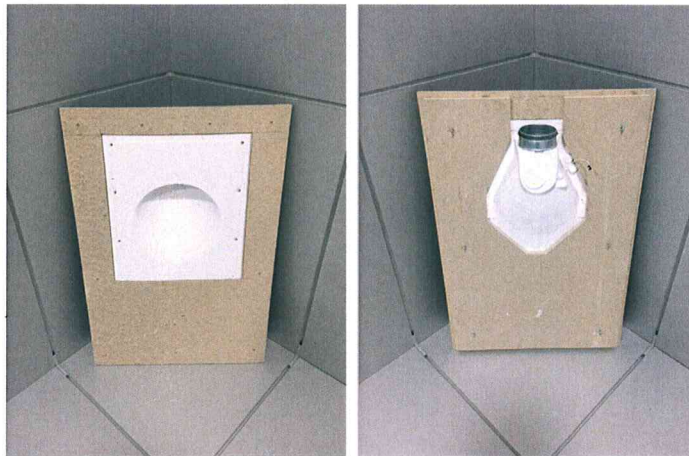


Bild 1:  
VERVE 275 (DN100) eingebaut in das Blindelement zur Montage in den Teststand des Fraunhofer IBP.

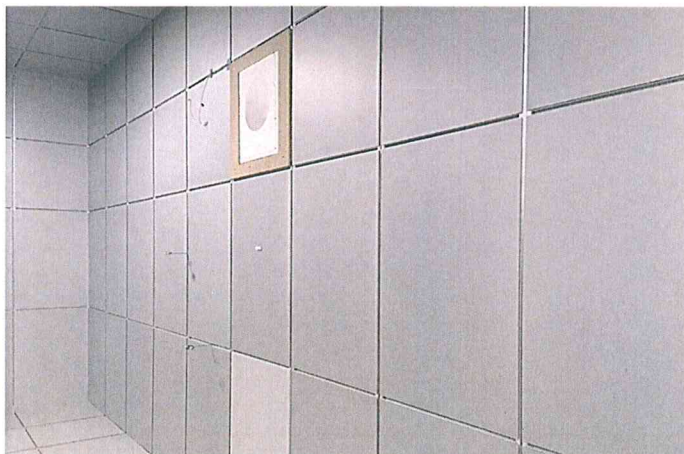


Bild 2:  
Versuchsraum mit in der Wand eingebautem Luftauslass.

Es wurden nacheinander drei Einbauvarianten untersucht:

- Deckeneinbau, Ausblasrichtung Wand
- Wandeinbau, Ausblasrichtung Boden
- Wandeinbau, Ausblasrichtung Decke

Bild 3 zeigt die Einbauposition nochmals schematisch.

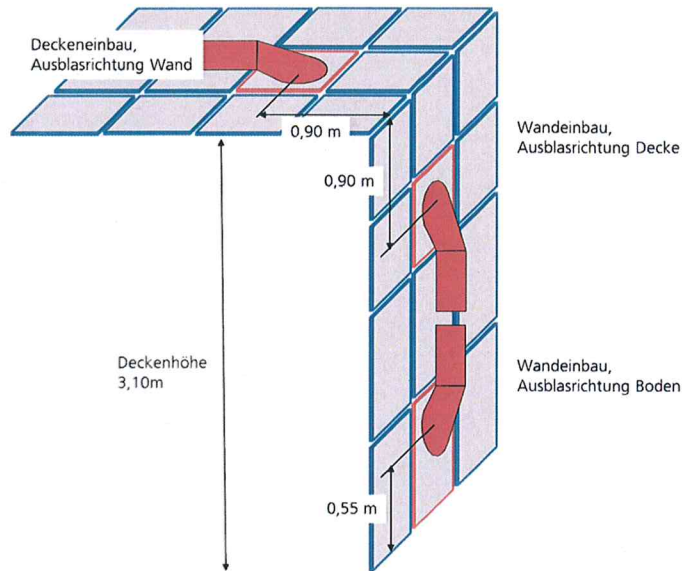


Bild 3:  
Positionierung und Ausblasrichtung der Luftauslässe.

Für die Versuche wurden folgende Randbedingungen eingestellt:

- Oberflächentemperatur der Umschließungsflächen 21 °C
- Raumlufttemperatur 21 °C
- Isotherme Zulufttemperatur
- Vermessung als Zuluftöffnung 50 m<sup>3</sup>/h
- Vermessung als Abluftöffnung 100 m<sup>3</sup>/h

Die Messung der Luftgeschwindigkeiten erfolgt anhand eines Rasters. In vertikaler Richtung richten sich die Messpunkte dabei nach den in der DIN EN ISO 7726:2002-04 [1] empfohlenen Höhen für sitzende und stehende Tätigkeiten: 0,10 m, 0,60 m, 1,10 m und 1,70 m. In horizontaler Richtung wurde, basierend auf Vormessungen, ein Messraster erstellt. Die Rasterpunkte sind in Bild 4 aufgetragen.



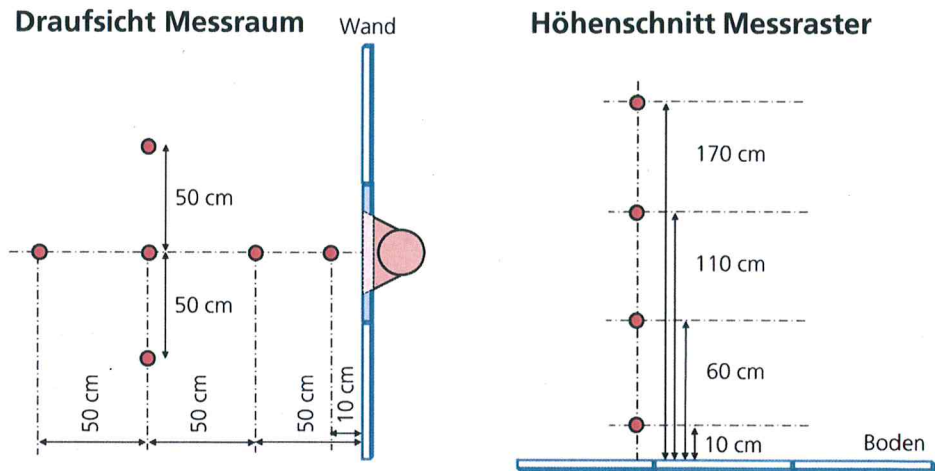


Bild 4:  
Messraster zu Ermittlung der Luftgeschwindigkeiten.

### 3 Luftgeschwindigkeiten, Zugluftrisiko (Draft Risk)

Die Bewertung der Messwerte erfolgt anhand der DIN EN ISO 7730:2006-05 [2]. In Tabelle 1 werden die hierin genannten maximalen mittleren Luftgeschwindigkeiten für den Sommer und Winterfall, unterteilt in die einzelnen Kategorien, angegeben. Für die Untersuchungen wurde die operative Raumtemperatur mit 21 °C angesetzt, um den ungünstigsten Fall für die Kategorie A Raumtyp Einzelbüros/Bürolandschaften (siehe Tabelle 1) abzubilden. Ist die operative Temperatur höher, steigen auch die Grenzwerte der Kategorien an.

Tabelle 1:

Beispiele für Gestaltungskriterien für Räume in unterschiedlichen Gebäudetypen nach DIN EN ISO 7730:2006-05 [2]

Tabelle A.5 — Beispiele für Gestaltungskriterien für Räume in unterschiedlichen Gebäudetypen

| Gebäude-/Raumtyp                                                                                       | Aktivität<br>$Wm^{-2}$ | Kategorie | Operative Temperatur<br>°C       |                         | Maximale mittlere<br>Luftgeschwindigkeit <sup>a</sup><br>m/s |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                                                        |                        |           | Sommer<br>(Kühlungs-<br>periode) | Winter<br>(Heizperiode) | Sommer<br>(Kühlungs-<br>periode)                             | Winter<br>(Heizperiode) |
| Einzelbüro<br>Bürolandschaft<br>Konferenzraum<br>Auditorium<br>Cafeteria/<br>Restaurant<br>Klassenraum | 70                     | A         | $24,5 \pm 1,0$                   | $22,0 \pm 1,0$          | 0,12                                                         | 0,10                    |
|                                                                                                        |                        | B         | $24,5 \pm 1,5$                   | $22,0 \pm 2,0$          | 0,19                                                         | 0,16                    |
|                                                                                                        |                        | C         | $24,5 \pm 2,5$                   | $22,0 \pm 3,0$          | 0,24                                                         | 0,21 <sup>b</sup>       |
| Kindergarten                                                                                           | 81                     | A         | $23,5 \pm 1,0$                   | $20,0 \pm 1,0$          | 0,11                                                         | 0,10 <sup>b</sup>       |
|                                                                                                        |                        | B         | $23,5 \pm 2,0$                   | $20,0 \pm 2,5$          | 0,18                                                         | 0,15 <sup>b</sup>       |
|                                                                                                        |                        | C         | $23,5 \pm 2,5$                   | $22,0 \pm 3,5$          | 0,23                                                         | 0,19 <sup>b</sup>       |
| Kaufhaus                                                                                               | 93                     | A         | $23,0 \pm 1,0$                   | $19,0 \pm 1,5$          | 0,16                                                         | 0,13 <sup>b</sup>       |
|                                                                                                        |                        | B         | $23,0 \pm 2,0$                   | $19,0 \pm 3,0$          | 0,20                                                         | 0,15 <sup>b</sup>       |
|                                                                                                        |                        | C         | $23,0 \pm 3,0$                   | $19,0 \pm 4,0$          | 0,23                                                         | 0,18 <sup>b</sup>       |

<sup>a</sup> Die maximale mittlere Luftgeschwindigkeit beruht auf einem Turbulenzgrad von 40 % und einer Lufttemperatur, die gleich der operativen Temperatur nach 6.2 und Bild A.2 ist. Für den Sommer und Winter wird eine relative Luftfeuchte von 60 % bzw. 40 % angewendet. Zur Bestimmung der maximalen mittleren Luftgeschwindigkeit wird sowohl im Sommer als auch im Winter die niedrigere Temperatur des Bereichs gewählt.

<sup>b</sup> Unter einem Grenzwert von 20 °C (Bild A.2).

Die Berechnungsmethode zum Zugluftrisiko ist im Folgenden dargestellt (Quelle DIN EN ISO 7730:2006-05 [2]). Diese hat Gültigkeit in den angegebenen Wertebereichen und wenn ansonsten thermische Behaglichkeit gegeben ist

$$DR = (34 - t_{a,l}) \cdot (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} (0,37 \cdot \bar{v}_{a,l} \cdot Tu + 3,14) \quad (6)$$

Für  $\bar{v}_{a,l} < 0,05 \text{ ms}^{-1}$  ist  $\bar{v}_{a,l} = 0,05 \text{ ms}^{-1}$

Für  $DR > 100 \%$  ist  $DR = 100 \%$ .

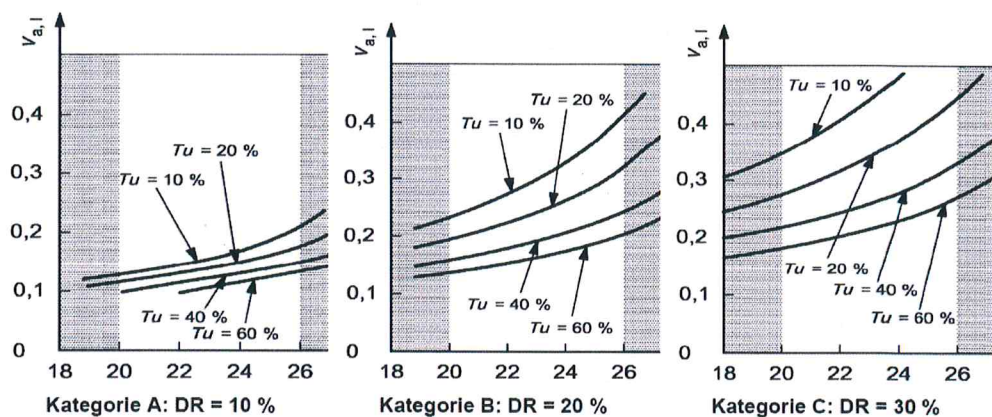
Dabei ist

$t_{a,l}$  die lokale Lufttemperatur in Grad Celsius, 20 °C bis 26 °C;

$\bar{v}_{a,l}$  die lokale mittlere Luftgeschwindigkeit in Meter je Sekunde,  $< 0,5 \text{ ms}^{-1}$ ;

$Tu$  der lokale Turbulenzgrad (%), in Prozent, 10 % bis 60 %, falls der Wert nicht bekannt ist, darf 40 % verwendet werden.

Eine Einordnung in unterschiedliche Kategorien kann allgemein über DIN EN ISO 7730:2006-05 [2] entsprechend Bild 5 bzw. Tabelle 2 vorgenommen werden. Die Einteilung des thermischen Raumklimas erfolgt dabei in die Kategorien A (beste) mit einem Zugluftrisiko  $< 10$  Prozent bis C (schlechteste) mit einem Zugluftrisiko  $< 30$  Prozent.



#### Legende

$t_{a,l}$  lokale Temperatur, °C  
 $\bar{v}_{a,l}$  lokale mittlere Luftgeschwindigkeit, m/s  
 $Tu$  Intensität der Turbulenzen

Bild 5:

Einteilung der Luftgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Turbulenzgrad und Lufttemperaturen in Kategorien entsprechend des Zugluftrisikos (DR = Draft Risk); Quelle: DIN EN ISO 7730:2006-05 [2].

Tabelle 2:  
Kategorien des Umgebungsklimas nach DIN EN ISO 7730:2006-05 [2]

**Tabelle A.1 — Drei Kategorien des Umgebungsklimas**

| Kategorie | Thermischer Zustand des Körpers insgesamt |                     | Lokale Unbehaglichkeit |                                      |                                     |                         |
|-----------|-------------------------------------------|---------------------|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
|           | PPD %                                     | PMV                 | DR %                   | Vertikaler Lufttemperaturunterschied | PD %<br>warmer oder kalter Fußboden | asymmetrische Strahlung |
| A         | < 6                                       | $-0,2 < PMV < +0,2$ | < 10                   | < 3                                  | < 10                                | < 5                     |
| B         | < 10                                      | $-0,5 < PMV < +0,5$ | < 20                   | < 5                                  | < 10                                | < 5                     |
| C         | < 15                                      | $-0,7 < PMV < +0,7$ | < 30                   | < 10                                 | < 15                                | < 10                    |

Zum einfacheren Einordnung der Messungen wird folgende Farbskala eingeführt:

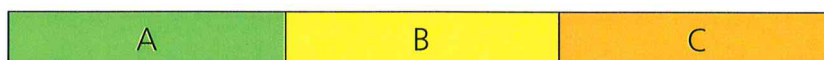


Bild 6:  
Farbskala zur Kategorienzuordnung.

## 4 Darstellung der Ergebnisse

### 4.1 Zuluftöffnung

In den folgenden Diagrammen sind die mittleren Luftgeschwindigkeiten sowie die berechneten Zugluftrisikos der Rastermessungen an den untersuchten Koordinatenpunkten und den angegebenen Höhen 0,1 m, 0,6 m, 1,1 m und 1,7 m vereinfacht dargestellt. Die schwarzen Punkte stellen dabei die Messstellen dar. Die farblich hinterlegten Bereiche zur Einordnung der Luftgeschwindigkeiten bzw. des Zugluftrisikos orientieren sich an den Messwerten der einzelnen Messpunkte. Zwischen den einzelnen Messpunkten wurden die Werte interpoliert.

Die im Anhang (A.1) befindlichen Diagramme, welche je Messstelle, gemäß [3], jeweils 5 Messungen mit einem 3-Minuten-Mittelwert darstellen, geben die Messwerte detaillierter wieder. Aufgeführt sind, analog zur vereinfachten Darstellung, jeweils die mittlere Luftgeschwindigkeit und das zu erwartende Zugluftrisiko (Draft Risk).

Die Bewertung für den thermischen Zustands des Körpers eines Nutzers insgesamt mittels PMV lag für den Anwendungsfall sitzende Bürotätigkeit (Aktivität: 1,2 met und Bekleidung: 1,0 clo) in Kategorie A. Die Turbulenzgrade an den einzelnen Messstellen lagen für Luftgeschwindigkeiten > 0,05 m/s im Bereich zwischen 10 % und 60 %.



#### 4.1.1 Einbauvariante Decke, Ausblasrichtung Wand

Wenn der zu untersuchende Auslass mit der Ausblasrichtung „Wand“ in der Decke wie angegeben eingebaut ist, beträgt die Luftgeschwindigkeit 10 cm unter der Decke und 10 cm von der Wand entfernt 0,55 m/s. Entlang der Wand nimmt die Luftgeschwindigkeit von oben nach unten ab (Bild 7). Im Aufenthaltsbereich finden sich niedrige Luftgeschwindigkeiten unter 0,1 m/s, wodurch kein Risiko hinsichtlich Zugluft besteht (Bild 8). Die detaillierteren Messergebnisse im Anhang geben dies ebenfalls wieder (siehe A.Bild 1, A.Bild 2).

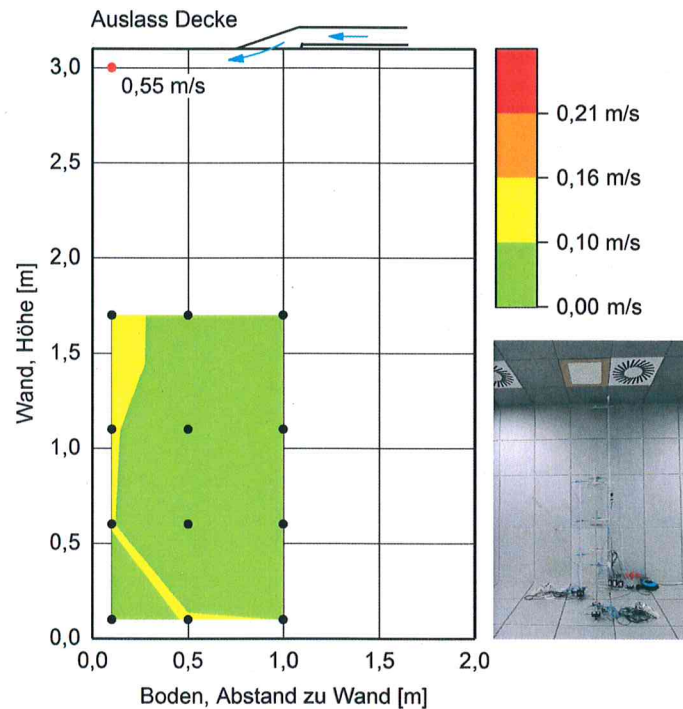


Bild 7:

Deckeneinbau, Ausblasrichtung Wand: Luftgeschwindigkeiten an 13 Messpositionen (isotherme 20,5 °C, Zuluft 50 m³/h).



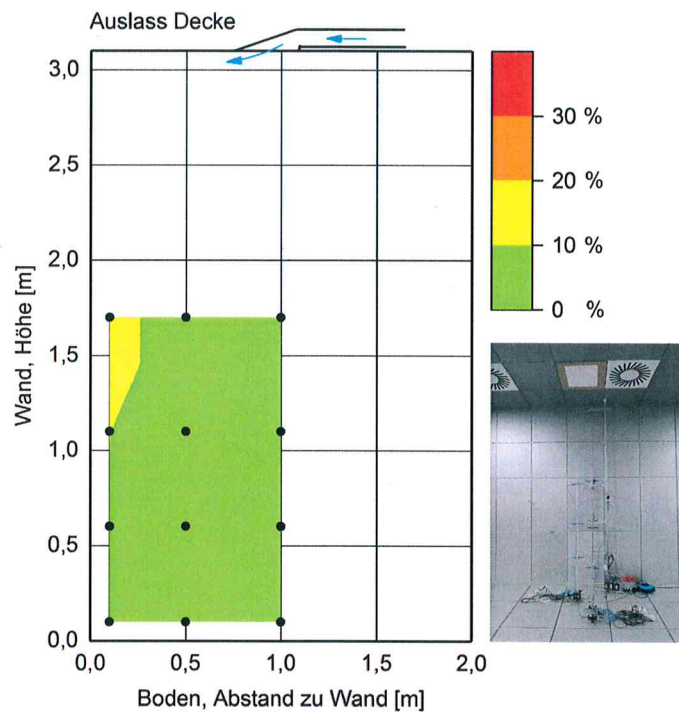


Bild 8:

Deckeneinbau, Ausblasrichtung Wand: Zugluftrisiko an 12 Messpositionen (isotherme 20,5 °C, Zuluft 50 m³/h).

#### 4.1.2 Wandeinbau, Ausblasrichtung Boden

Wenn der zu untersuchende Auslass mit der Ausblasrichtung „Boden“ wie angegeben in der Wand installiert ist (Bild 9), ist die Luftgeschwindigkeit direkt neben dem Auslass größer 0,5 m/s und nimmt entlang des Bodens auf unter 0,16 m/s ab (Messhöhe 0,1 m). Eine weitere Messung auf der parallelen Achse zur Wand (Abstand zur Wand 1 m) zeigt, dass die Luftgeschwindigkeiten auch hier nahe am Boden unter 0,16 m/s bleiben (Bild 10). Auf einer Höhe von 0,6 m über dem Boden sind die Luftgeschwindigkeiten unter 0,1 m/s.

Das erhöhte Zugluftrisiko besteht nur direkt neben dem Auslass, wo sich üblicherweise kein Aufenthaltsbereich befindet (Bild 11). Die detaillierteren Messergebnisse befinden sich ebenfalls wieder im Anhang (A.1.2).

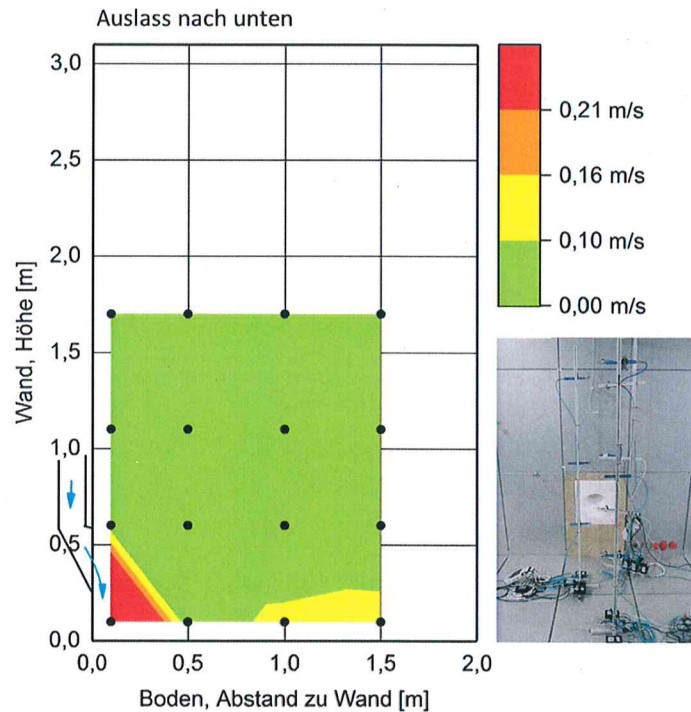


Bild 9:  
Wandeinbau, Ausblasrichtung Boden: Luftgeschwindigkeiten an 16 Messpositionen auf der senkrechten Achse zur Wand (isotherme 20,5 °C, Zuluft 50 m³/h).

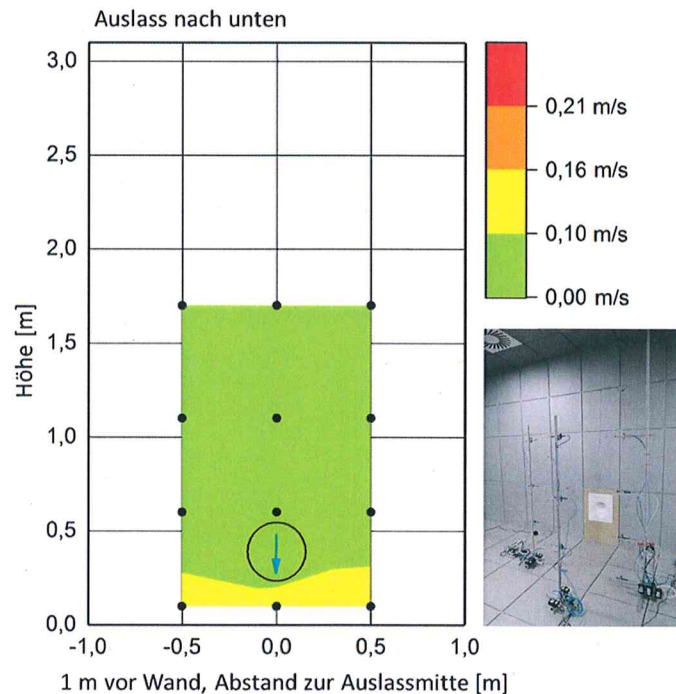


Bild 10:  
Wandeinbau, Ausblasrichtung Boden: Luftgeschwindigkeiten an 12 Messpositionen Messachse in 1 m Abstand zur Wand (isotherme 20,5 °C, Zuluft 50 m³/h).

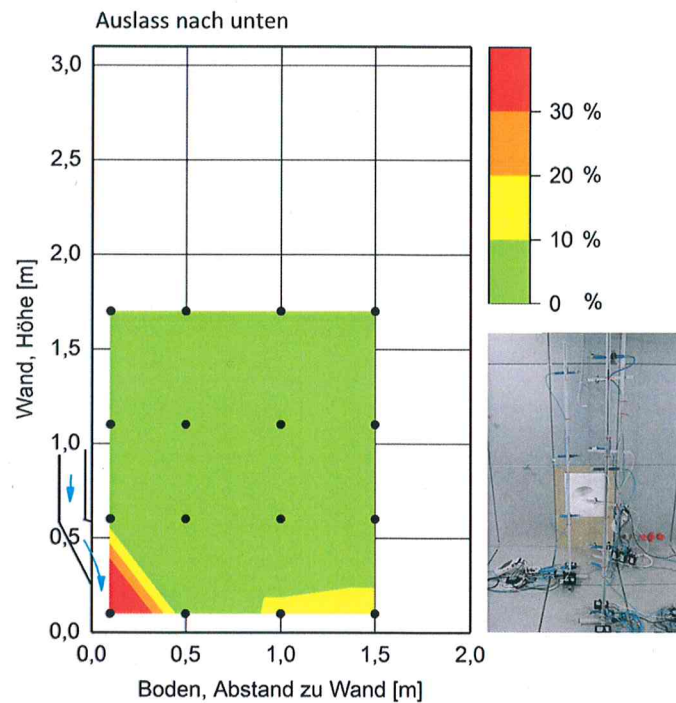


Bild 11:

Wandeinbau, Ausblasrichtung Boden: Zugluftrisiko an 16 Messpositionen auf der senkrechten Achse zur Wand (isotherme 20,5 °C, Zuluft 50 m³/h).

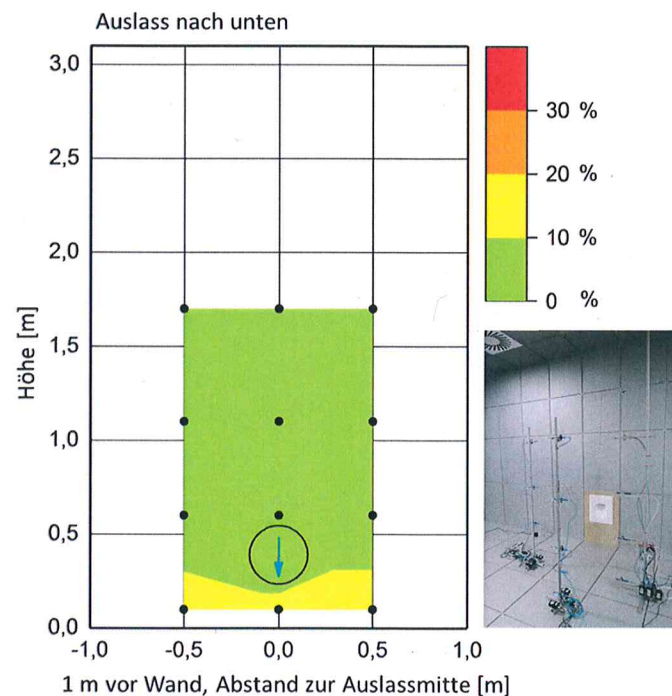


Bild 12:

Wandeinbau, Ausblasrichtung Boden: Zugluftrisiko an 12 Messpositionen Messachse in 1 m Abstand zur Wand (isotherme 20,5 °C, Zuluft 50 m³/h).

#### 4.1.3 Wandeinbau, Ausblasrichtung Decke

In dieser Einbauvariante wurden die Messachse um zwei weitere Punkte verlängert (Abstand zur Wand 2,0 m und 2,5 m), um eine ggf. auftretende Ablenkung des Luftstroms in den Aufenthaltsbereich zu überprüfen.

Wenn der zu untersuchende Auslass mit der „Ausblasrichtung Decke“ wie angegeben in der Wand auf einer Höhe von 2 m über dem Boden installiert wird (Bild 13), ist die Luftgeschwindigkeit an allen Messpositionen unter 0,1 m/s.

Ein erhöhtes Zugluftrisiko im Aufenthaltsbereich besteht somit nicht (Bild 14). Die detaillierteren Messergebnisse befinden sich ebenfalls wieder im Anhang (A.1.3).

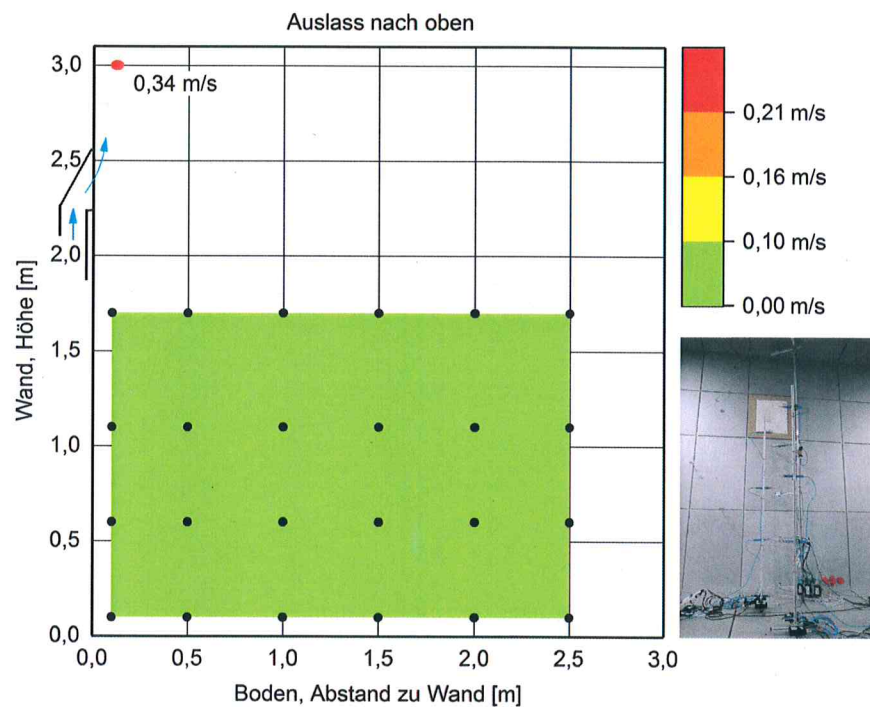


Bild 13:

Wandeinbau, Ausblasrichtung Decke: Luftgeschwindigkeiten an 25 Messpositionen (isotherme 20,5 °C, Zuluft 50 m<sup>3</sup>/h).



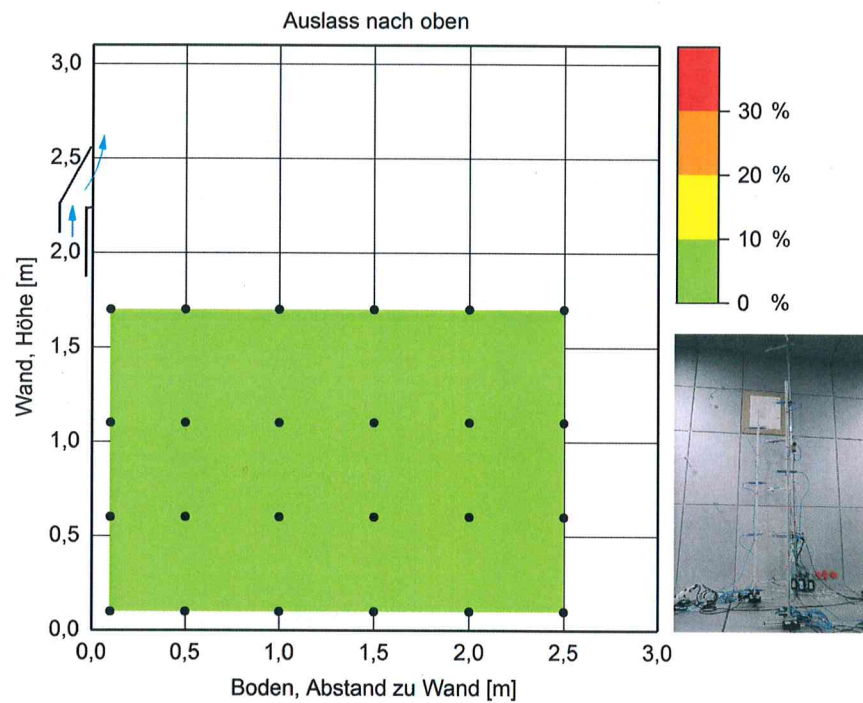


Bild 14:  
Wandeinbau, Ausblasrichtung Decke: Zugluftrisiko an 24 Messpositionen (isotherme 20,5 °C, Zuluft 50 m³/h).

#### 4.2 Abluftöffnung (erhöhter Luftvolumenstrom von 100 m³/h)

Für die Messungen wurde, wie vom Hersteller angegeben, die mitgelieferte Plexiglas-Einlegescheibe eingebaut. In Bild 15 sind die im Abstand von 10 cm, 30 cm und 50 cm zur Ablufteinlass gemessenen Luftgeschwindigkeiten bei einem Volumenstrom von 100 m³/h angetragen. Es wurden jeweils fünf Messungen mit je drei Minuten Messdauer ausgewertet. Die Messungen erfolgten mittig vor dem Lufteinlass. In einem Abstand von 0,5 m vor dem Lufteinlass ist die Luftgeschwindigkeit bereits unter 0,1 m/s, wodurch kein erhöhtes Zugluftrisiko mehr besteht.

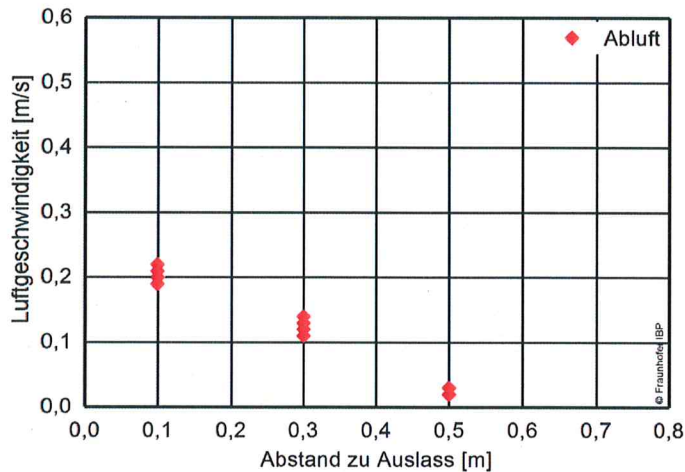


Bild 15:

Abluftöffnung, je Messstelle 5 mal 3-Minuten-Mittelwerte der gemessenen Luftgeschwindigkeiten.

### 4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im üblichen Aufenthaltsbereich, mit einem Abstand von 0,5 m von der Wand, ergeben sich bei allen Einbauvarianten des VERVE 275 (DN100) als Luftauslass Luftgeschwindigkeiten sowie Zugluftrisikos nach DIN EN ISO 7730:2006-05 [2] der Kategorien B oder besser. Mit Ausnahme der Wandeinbauvariante mit Ausblasrichtung Boden wird sogar die Kategorie A erreicht. Hier werden auf Knöchelhöhe (0,1 m) maximale mittlere Luftgeschwindigkeiten um 0,16 m/s gemessen, was sowohl hinsichtlich der Luftgeschwindigkeit als auch des Zugluftrisikos in Kategorie B einzuordnen ist. Unter den untersuchten Randbedingungen (isotherme Zuluft, Deckenhöhe 3,1 m und den festgelegten Abständen des Prüflings zu Wand, Boden bzw. Decke) erzielt die Variante „Wandeinbau, Ausblasrichtung Decke“ die besten Ergebnisse hinsichtlich thermischer Behaglichkeit.

Wenn VERVE 275 (DN100) als Abluftöffnung verwendet wird, besteht auch unter erhöhtem Luftvolumenstrom (100 m<sup>3</sup>/h) bei einem Abstand von 0,5 m zur Abluftöffnung kein erhöhtes Zugluftrisiko.

Änderung in den Randbedingungen Zulufttemperatur, Luftvolumenstrom oder Einbauposition können zu abweichenden Messergebnissen führen.