

Deckenverschmutzung bei neuen Schlitzdurchlässen kaum noch sichtbar

Schlitzdurchlässe sind bei vielen Architekten und Planern beliebt, weil diese sich unauffällig in die Decke einbauen lassen und sich deshalb gut in die Raumgestaltung integrieren. Mit den hoch-induzierenden Luftdurchlässen lässt sich eine Mischlüftung für klimatisierte Räume gut darstellen. Allerdings verursacht ein Schlitzdurchlass in seinem Nahbereich Verschmutzungen an Deckenoberflächen, die an hellen Decken besonders auffallen und als störend empfunden werden. Im Rahmen der Entwicklung eines neuen „cleanen“ Schlitzdurchlasses wurde eine Methode konzipiert, mit der die Verschmutzungsneigung verschiedener Durchlässe quantitativ verglichen und beurteilt werden kann.

In der Literatur herrscht Einigkeit darüber, dass die zur Verschmutzung führenden Partikel aus der Raumluft und nicht aus der Zuluft stammen [1,2]. Diese wird über Filtersysteme hinreichend gefiltert, so dass nur sehr geringe Partikelkonzentrationen emittiert werden.

Autoren



Dipl.-Ing. Thomas Wolters, Leiter Forschung & Entwicklung / Manager Research & Development Bereich Technik/Division Technology, Trox GmbH, Neukirchen-Vluyn.



Christian Kampers M.Sc. Masterstudent bei der Trox GmbH zum Thema: Experimentelle und numerische Untersuchung eines Schlitzdurchlasses.

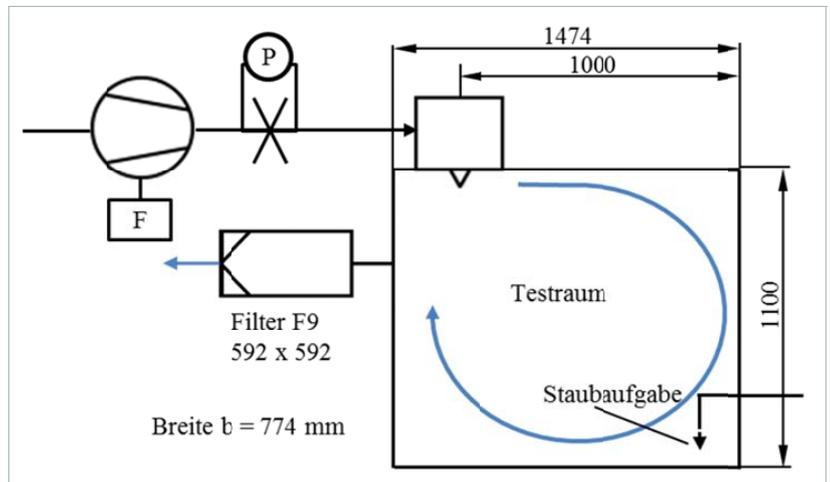


Bild 1

Schematische Darstellung des Verschmutzungsprüfstands

Neue Methode zur Beurteilung der Verschmutzungsneigung

Bei dem entwickelten Messverfahren handelt es sich um eine partikelbasierte und Zeit rauffende Methode zur Verschmutzung mit anschließender fotografischer Analyse. Bei dieser Analyse werden die Kennzahlen „Kontrast“ und „Verschmutzungsgrad“ [4] ermittelt, die die Verschmutzungsneigung der Schlitzdurchlässe quantitativ reproduzierbar charakterisieren.

Die Verschmutzungs-Messung erfolgt mit Hilfe des in **Bild 1** schematisch dargestellten Prüfstands. Für den Staubeintrag in den Versuchsraum wird ein Staubaufgabegerät nach DIN EN 779 (2012-10) verwendet. Die emittierten Partikel werden von der Strömung mitgetragen und lagern sich teilweise am Durchlass sowie an dem dort angebrachten Trägerpapier ab. Alle Versuche werden unter gleichen Randbedingungen und die Fotos unter gleichen Aufnahmebedingungen mit derselben Kamera durchgeführt.

Verschmutzung verschiedener Durchlässe

Es ergeben sich die in **Bild 2** dargestellten Verschmutzungsbilder für drei untersuchte Schlitzdurchlässe. Dabei handelt es sich um eine Neuentwicklung der Firma Trox sowie zweier Vergleichsprodukte.

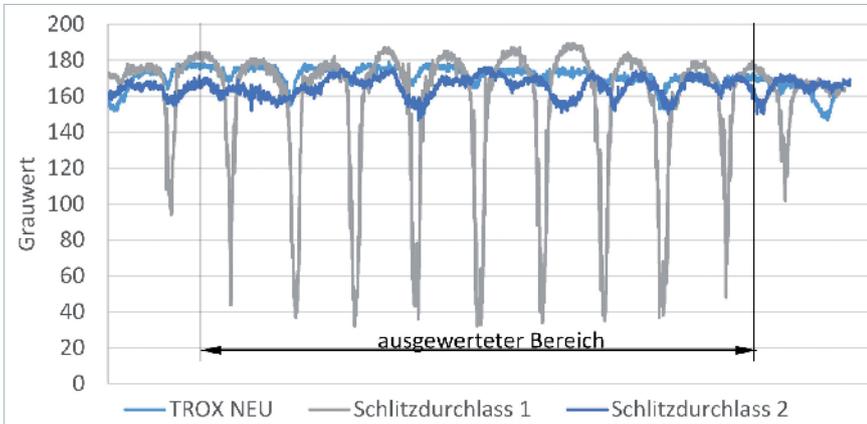
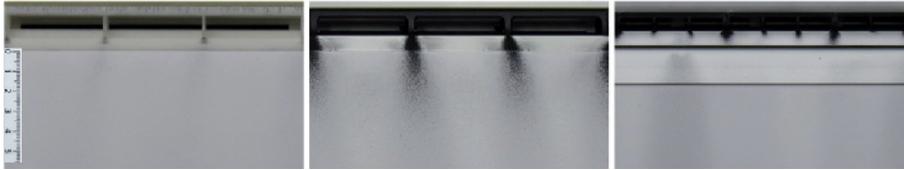


Bild 3
Grauwertverlauf über die Schlitzdurchlassbreite

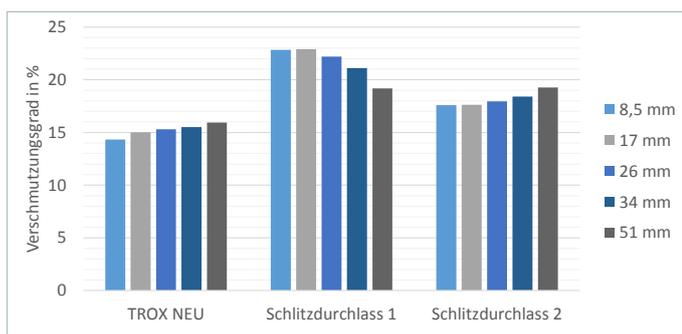
Zur Berechnung der Kennzahlen werden Grauwertmatrizen benötigt, mit denen der Grauwert jedes Pixels des Fotos örtlich ausgegeben werden kann.

Ausgewertet wird der Nahbereich des Schlitzdurchlasses auf Trägerpapier, das flächig vor dem Schlitzdurchlass angebracht wird. Im Fernbereich sind keine eindeutigen Schmutzfahnen erkennbar, sondern nur ein gleichmäßiger Grauschleier, der unter der Decke im Anwendungsfall als sauber empfunden werden würde.

Die Aluminiumrahmenprofile der untersuchten Durchlässe haben unterschiedliche Reflexionseigenschaften und werden deshalb nicht quantitativ ausgewertet. Eine Beurteilung der Verschmutzung kann in diesem Bereich lediglich visuell erfolgen.

Ergebnisse der Messungen

Eine Verschmutzung der Aluminiumrahmenprofile ist in unterschiedlicher Ausprägung insbesondere hinter Verstrebungen des Luftlenkprofils zu erkennen.



Für einen besseren Eindruck der Verschmutzung kann ein Grauwertverlauf erstellt werden. **Bild 3** zeigt den Grauwertverlauf über die Durchlasslänge von 600 mm im Abstand von 1,5 mm zum Rahmenprofil auf dem Trägerpapier.

Der maximale Grauwert liegt bei 255 und beschreibt reines weiß, was theoretisch einem sauberen Trägerpapier entspricht. Unter den gegebenen Aufnahmebedingungen wird aber ein Grauwert von 200 als „sauber“ definiert. Je niedriger der Grauwert ist, desto mehr ist das Papier verschmutzt und je größer die Schwankungen der Grauwerte sind, desto eindeutiger sind Schmutzfahnen zu erkennen wie beim Slitzdurchlass 1. Geringere Schwankungen deuten auf eine gleichmäßigere Schmutzverteilung hin, die durch die Kennzahlen genauer analysiert werden können.

Die Kennzahl „Verschmutzungsgrad“

Der Verschmutzungsgrad beschreibt die prozentuale Abweichung des gemessenen mittleren Grauwerts des ausgewerteten Gebiets vom maximal möglichen Grauwert. D. h., der Verschmutzungsgrad beschreibt das absolute Verschmutzungsni-

Bild 4
Verschmutzungsgrade je Flächenbreite im Vergleich

Bild 2

Verschmutzung der Schlitzdurchlässe: links Neuentwicklung Trox, mittig Schlitzdurchlass 1, rechts Schlitzdurchlass 2

veau, ohne jedoch die Verteilung der Verschmutzung über die Länge zu berücksichtigen.

Der maximale Grauwert, also der Grauwert des sauberen Trägerpapiers, wird zu 200 definiert. GW_i ist der Grauwert des Pixels i [5].

$$GW_{50} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n GW_i$$

$$V_g = 100\% - \frac{GW_{50}}{200} \cdot 100\%$$

Bild 4 zeigt die Verschmutzungsgrade der Durchlässe je ausgewerteter Fläche.

Die Kennzahlen bestätigen den Eindruck, dass Slitzdurchlass 1 eine größere Verschmutzung verursacht als die anderen beiden Durchlässe. Es wird allerdings auch ersichtlich, dass der Verschmutzungsgrad stark von der Größe des ausgewerteten Bereiches abhängt. Beim Slitzdurchlass 1 sinkt der Verschmutzungsgrad mit zunehmender ausgewerteter Fläche, was an mit der Entfernung zum Durchlass abnehmenden Schmutzfahnen liegt, da sich ein Großteil der Verschmutzung sich bereits im Nahbereich auf dem Trägerpapier ablegt. Bei den beiden anderen Durchlässen kehrt sich dieser Effekt um, weil diese einen durchgehenden Luftschleier erzeugen, der durch Induktion mit der Entfernung immer durchlässiger für Schmutzpartikel wird. Durch die gleichmäßigere Verteilung der Partikel wird die Decke aber als sauberer empfunden.

Die Kennzahl „Kontrast“

Der „Kontrast“ K ist eine für die Entwicklung dieses Messverfahrens entstandene Kennzahl, mit der die Grauwertunterschiede bewertet werden können. Das menschliche Gehirn ist auf Mustererkennung trainiert, weshalb Helligkeitsunterschiede, wie es sie bei Schmutzfahnen gibt, stark auffallen.

Der Kontrast bezeichnet das Verhältnis der Standardabweichung der Grauwerte mit dem mittleren Grauwert. Je größer die Standardabweichung s , desto größer sind die Grauwertschwankungen und umso auffälliger sind Verschmutzungen.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (GW_i - GW_{50})^2}$$

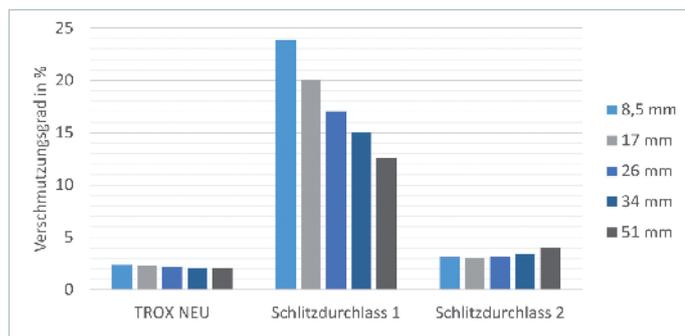


Bild 5
Vergleich des Kontrasts je Flächenbreite

Abmessungen		Verschmutzungsgrad in %		
Breite je in mm	Länge in mm	TROX NEU	Schlitzdurchlass 1	Schlitzdurchlass 2
8,5	600	14,32	22,84	17,58
17	600	15,01	22,90	17,61
25,5	600	15,30	22,19	17,95
35	600	15,51	21,09	18,40
51	600	15,94	19,19	19,26

Tabelle 1
Kennzahlen Verschmutzungsgrad

Abmessungen		Kontrast in %		
Breite je in mm	Länge in mm	TROX NEU	Schlitzdurchlass 1	Schlitzdurchlass 2
8,5	600	2,39	23,84	3,12
17	600	2,35	20,06	3,03
25,5	600	2,20	17,06	3,12
35	600	2,10	15,01	3,39
51	600	2,05	12,56	3,98

Tabelle 2
Kennzahlen Kontrast

$$K = \frac{s}{GW_{50}} \cdot 100\%$$

Bild 5 zeigt den Kontrast der untersuchten Durchlässe je ausgewerteter Fläche. Es werden die subjektiven Eindrücke der unterschiedlich starken Verschmutzung bestätigt.

Ergebnisse

Die drei Durchlässe sind unter den gleichen Randbedingungen untersucht und mit Kennzahlen bewertet worden.

Unterscheidungen der Verschmutzungsneigungen werden mit diesen Kennzahlen klar ersichtlich. Durch eine starke Abhängigkeit der Kennzahlen von der Größe der ausgewerteten Fläche muss bei einer Angabe der Kennzahlen immer die Größe des Bereichs angegeben werden. Für belastbare Aussagen

sollten immer die Kennzahlen „Verschmutzungsgrad“ (**Tabelle 1**) für die absolute Höhe der Verschmutzung und der „Kontrast“ (**Tabelle 2**) für dessen Verteilung bewertet werden. Der neu entwickelte Schlitzdurchlass der Trox Technik GmbH zeigt eine sehr geringe Verschmutzungsneigung, die durch die Kennzahlen Verschmutzungsgrad und Kontrast objektiv, quantitativ bewertet worden ist.

Die berechneten Kennzahlen können nicht als absolute Werte aufgefasst werden, sondern entstehen unter den genannten Randbedingungen, weshalb nur ein direkter Vergleich aussagekräftige Werte liefert. Einen großen Einfluss auf die Kennzahlen hat z. B. die Beleuchtungssituation. Sollen Untersuchungen unterschiedlicher Hersteller vergleichbar sein, besteht Bedarf, sich auf einheitliche Messvorschriften zu einigen. Die Bezeichnung „clean“ für einen sauberen Durchlass könnte dann anhand der Kennzahlen definiert werden.

Literatur

- [1] Vogel, K.-H.: Ablagerungen an Deckenluftauslässen – Wie die Decke sauber bleibt. In CCI 9 (1995), S. 27 – 29.
- [2] STAHL, M.: Kein Schmutz an der Decke. In: CCI 13 (2008), S. 19 f.
- [3] Timmer, H.: Deckenverschmutzung durch Luftdurchlässe, Fakultät für Maschinenwesen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Dissertation, 2003.
- [4] Finke, U.; Fitzner, K.: Beurteilung der Deckenverschmutzung durch Schlitzdurchlässe, Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik. (Bericht Nr. 9601). – Forschungsbericht, 1996.
- [5] Fichter, R.-H.; Knoor, T.; Roth, H.W.: Deckenverschmutzung durch Luftauslässe. In: CCI 12 (1996), S. 36 – 38.
- [6] Timmer, H.: Deckenverschmutzung durch Schlitzdurchlässe – experimentelle und numerische Untersuchungen, Ursachen und Vermeidung. In: gi 130 (2009) Heft 5, S. 234 – 245.