

Neue Methode zur Beurteilung der Verschmutzungsneigung von Zuluft-Schlitzdurchlässen

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.



Christian Kampers
M.Sc.,
Masterstudent
bei der TROX GmbH
zum Thema
„Experimentelle und
numerische Unter-
suchung eines
Schlitzdurchlasses“



Dipl.-Ing.
Thomas Wolters,
Leiter Forschung
& Entwicklung /
Manager Research
& Development,
TROX GmbH

entwickelten Versuchsmethoden verwendeten Indikatorpartikel, die mit erhöhter Konzentration in einen Versuchsraum oder in die Zuluft geleitet werden und sich an der Decke in der Nähe eines Schlitzdurchlasses absetzen sollen. Bei den Indikatorpartikeln handelte es sich um teilweise toxische Substanzen, die sich nur bedingt wie realer Staub verhalten (Sprühfarbe, Ammoniak, Kalkstaub, Fluoreszin-Natrium oder Kochsalz).² Besser geeignet ist der genormte Test-Staub nach ASHRAE 52.1-1992. Dieser ist durch seine schwarze Farbe (Ruß) gut analysierbar und eignet sich deshalb hervorragend als Indikatormedium.

Quantitative Beurteilung der Verschmutzungsneigung

Bei dem entwickelten Messverfahren handelt es sich um eine partikelbasierte und

zeitraffende Methode zur Verschmutzung mit anschließender fotografischer Analyse. Bei dieser Analyse werden die Kennzahlen „Kontrast“ und „Verschmutzungsgrad“³ ermittelt, die die Verschmutzungsneigung der Schlitzdurchlässe quantitativ reproduzierbar charakterisieren.

Die Verschmutzungs-Messung erfolgt mit Hilfe des in Abbildung 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 durchgeführt und die Fotos unter gleichen Aufnahmebedingungen mit derselben Kamera erstellt.

Schlitzdurchlässe in Decken sind für eine Mischlüftung in klimatisierten Räumen gut geeignet. Allerdings entstehen im Nahbereich der Schlitzdurchlässe Verschmutzungen an Deckenoberflächen. In der Literatur herrscht Einigkeit darüber, dass die zur Verschmutzung führenden Partikel aus der Raumluft und nicht aus der Zuluft stammen.¹ Diese wird über Filtersysteme hinreichend gefiltert, so dass nur sehr geringe Partikelkonzentrationen emittiert werden.

Untersuchungen der Verschmutzungsneigung

Bereits Mitte der 1990er-Jahre wurde die Verschmutzungsneigung von Schlitzdurchlässen eingehend untersucht. Alle bisher

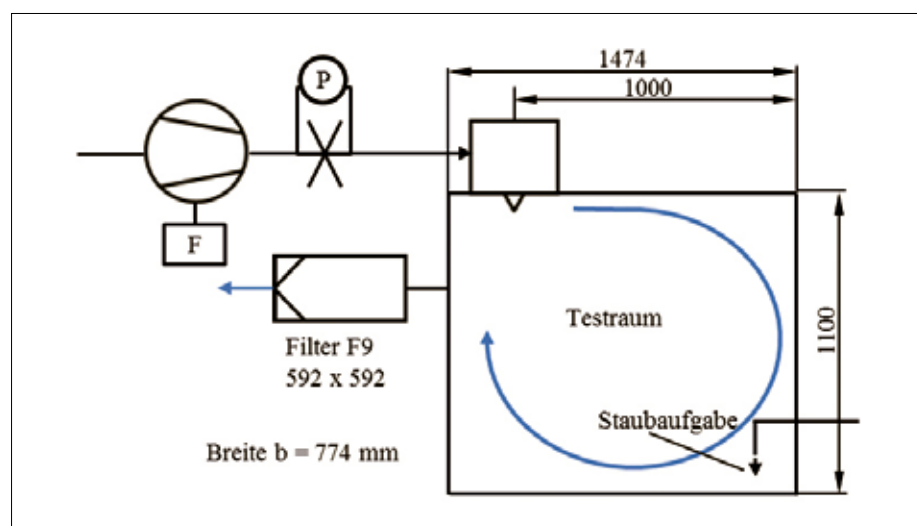


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Verschmutzungsprüfstands

Grafik: Christian Kampers



Die Auswertung

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

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.

Die Ergebnisse

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. Abbildung 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, das theoretisch einem sauberen Trägerpapier entspräche. Unter den gegebenen Aufnahmebedingungen wird aber ein Grauwert von 200 als „sauber“ definiert. Je niedriger der Grauwert ist, desto mehr ist das Papier verschmutzt – je größer die Schwankungen der Grauwerte sind, desto eindeutiger sind Schmutzfahnen zu erkennen wie beim Schlitzdurchlass 1. Geringere Schwankungen deuten auf eine gleichmäßigere Schmutzverteilung hin, die durch die Kennzahlen genauer analysiert werden können.

Der Verschmutzungsgrad

Der Verschmutzungsgrad V_g beschreibt die prozentuale Abweichung des gemessenen mittleren Grauwerts des ausgewerteten Gebiets vom maximal möglichen Grauwert. Das heißt, der Verschmutzungsgrad beschreibt das absolute Verschmutzungsniveau, ohne jedoch die Verteilung der Verschmutzung über die Länge zu berücksichtigen.

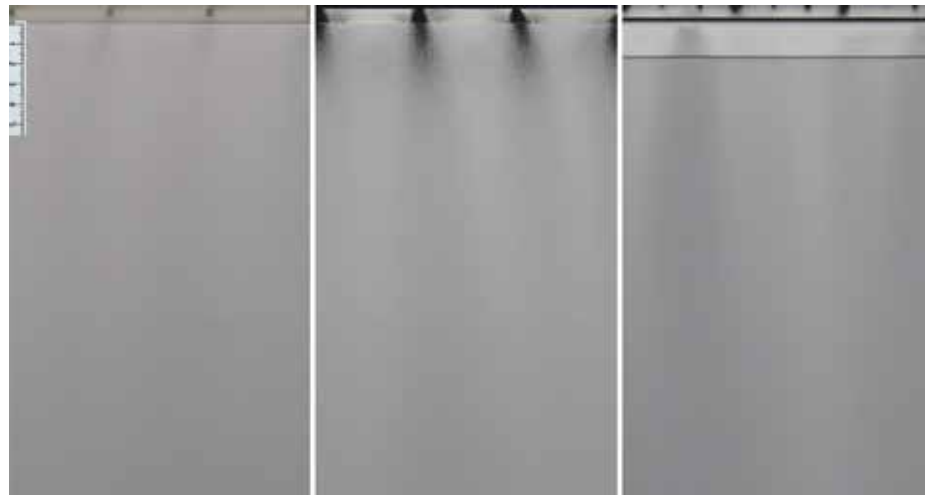


Abbildung 2: Verschmutzung der Schlitzdurchlässe: links Neuentwicklung TROX, mittig Schlitzdurchlass 1, rechts Schlitzdurchlass 2
Foto: Christian Kampers

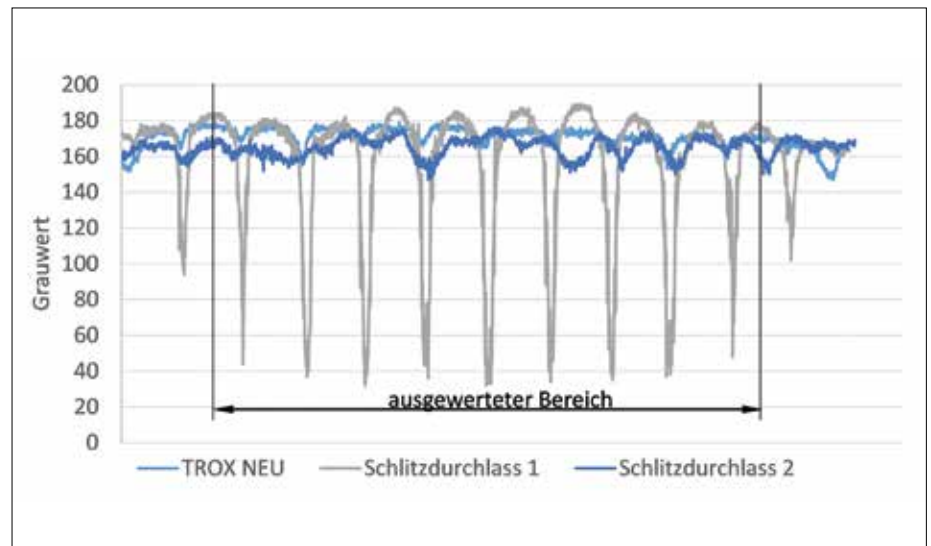


Abbildung 3: Grauwertverlauf über die Schlitzdurchlassbreite
Grafik: Christian Kampers

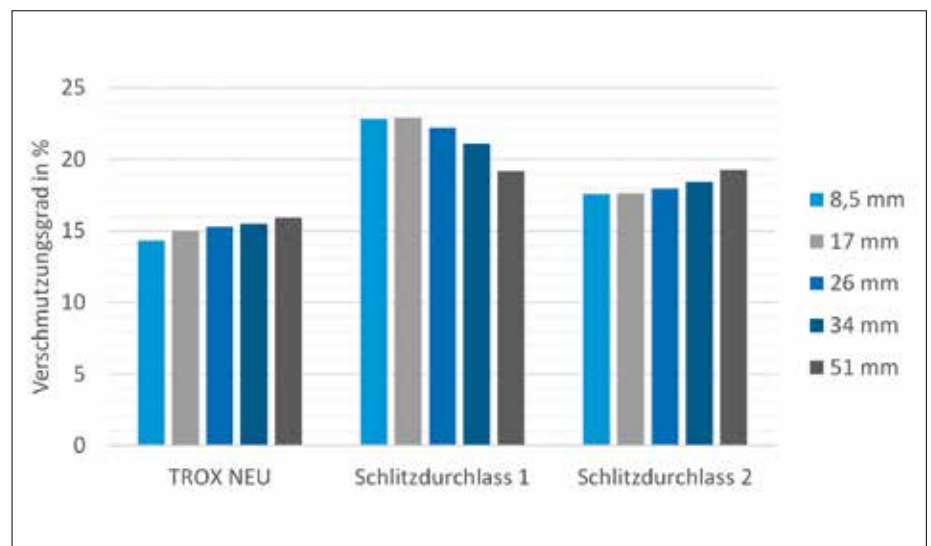


Abbildung 4: Verschmutzungsgrade je Flächenbreite im Vergleich
Grafik: Christian Kampers

Der maximale Grauwert, also der Grauwert des sauberen Trägerpapiers, wird zu 200 definiert. GW_i ist der Grauwert des Pixels i .⁴

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

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

Abbildung 4 zeigt die Verschmutzungsgrade der Durchlässe je ausgewerteter Fläche. Die Kennzahlen bestätigen den Eindruck, dass Schlitzdurchlass 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 Schlitzdurchlass 1

sinkt der Verschmutzungsgrad mit zunehmender ausgewerteter Fläche, was an mit der Entfernung zum Durchlass abnehmenden Schmutzfahnen liegt, da sich ein Großteil der Verschmutzung 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.

Der Kontrast

Die Kennzahl „Kontrast“ (K) ist eine für die Entwicklung dieses Messverfahrens ent-

standene 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.⁵

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.

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

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

Zusammenfassung

Die drei Durchlässe sind unter den gleichen Randbedingungen untersucht und mit Kennzahlen bewertet worden (vgl. Tabellen).

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“ für die absolute Höhe der Verschmutzung und der „Kontrast“ für dessen Verteilung bewertet werden.

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 beispielsweise 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. ◀

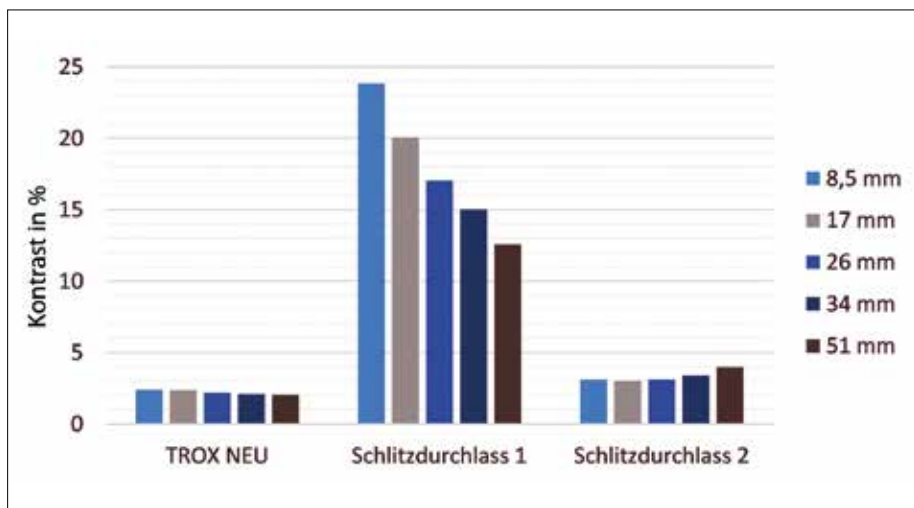


Abbildung 5: Vergleich des Kontrasts je Flächenbreite

Grafik: Christian Kampers

Abmessungen		Verschmutzungsgrad in %		
Breite je in mm	Länge in mm	TROX NEU	Schlitz-durchlass 1	Schlitz-durchlass 2
8,5	600	14,32	22,84	17,58
17,0	600	15,01	22,90	17,61
25,5	600	15,30	22,19	17,95
35,0	600	15,51	21,09	18,40
51,0	600	15,94	19,19	19,26

Abmessungen		Verschmutzungsgrad in %		
Breite je in mm	Länge in mm	TROX NEU	Schlitz-durchlass 1	Schlitz-durchlass 2
8,5	600	2,39	23,84	3,12
17,0	600	2,35	20,06	3,03
25,5	600	2,20	17,06	3,12
35,0	600	2,10	15,01	3,39
51,0	600	2,05	12,56	3,98

¹ Vogel, K.-H.: Ablagerungen an Deckenluftauslässen – Wie die Decke sauber bleibt. In CCI 9 (1995), S. 27 – 29 und Stahl, M.: Kein Schmutz an der Decke. In: CCI 13 (2008), S. 19 f.

² Timmer, H.: Deckenverschmutzung durch Luftdurchlässe, Fakultät für Maschinenwesen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Dissertation, 2003.

³ Finke, U.; Fitzner, K.: Beurteilung der Deckenverschmutzung durch Schlitzdurchlässe, Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik. (Bericht Nr. 9601). – Forschungsbericht, 1996.

⁴ Fichter, R.-H.; KNOOR, T.; ROTH, H.W.: Deckenverschmutzung durch Luftauslässe. In: CCI 12 (1996), S. 36 – 38.

⁵ Timmer, H.: Deckenverschmutzung durch Schlitzdurchlässe – experimentelle und numerische Untersuchungen, Ursachen und Vermeidung. In: gi 130 (2009) Heft 5, S. 234 – 245.



Wir gestalten die Zukunft der Gebäudetechnik

ROM Technik gehört deutschlandweit zu den führenden Unternehmen im Planen, Bauen und Instandhalten der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA).

Unser Bereich **Forschung & Entwicklung** zählt zu den führenden Gebäudetechnik-Laboren in Europa. Ein hoch spezialisiertes Team aus Wissenschaftlern, Ingenieuren und Technikern erarbeitet hier auf einem soliden Fundament von Theorie und jahrzehntelanger Erfahrung Lösungen für praxis- und projektbezogene Herausforderungen.

Unsere Kunden profitieren vom exzellenten Know-how unserer **KompetenzCenter**:

- | | |
|---|---|
|  Reinräume & Labore |  Leitstellentechnik |
|  Medientechnik |  Industrielle Lufttechnik |
|  Stromversorgung |  Automatisierungstechnik |
|  Kommunikation & Sicherheitstechnik |  Gebäudeautomation |

Die Traditionsfirma ROM Technik, die 1859 gegründet wurde, bietet mit rund 2000 hervorragend qualifizierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern deutschlandweit das gesamte Spektrum der Gebäudetechnik an.

Machen Sie sich Gedanken über die Zukunft Ihrer TGA? Dann lernen Sie uns kennen!

www.rom-technik.de



Rud. Otto Meyer Technik Ltd. & Co. KG
Motorstraße 62 · 70499 Stuttgart
Telefon 0711 1393-00
info@rom-technik.de · www.rom-technik.de