

RLT-Anlagen

# Neues Verfahren der Raumlufttechnik zur intermittierenden und instationären Raumlüftung

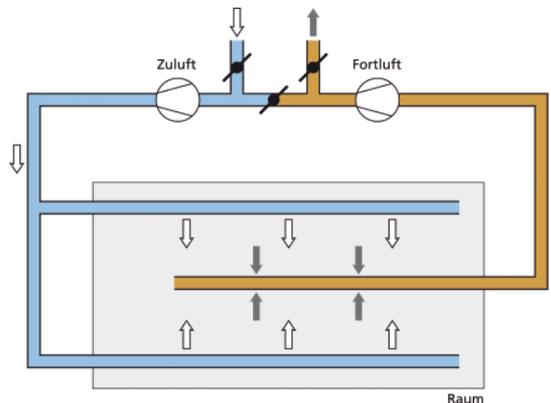
Christoph Kaup, Brücken

Üblicherweise werden heute RLT-Anlagen eingesetzt, die aus einem oder mehreren Abluftsträngen und einem oder mehreren Zuluftsträngen bestehen, welche kontinuierlich und damit stationär betrieben werden (siehe Bild 1). Der wesentliche Unterschied des neuen Verfahrens mit einer alternierenden Betriebsweise der Raumlüftung gegenüber der herkömmlichen stationären Raumlüftung liegt in der neuen Funktion der RLT-Anlage, die nicht mehr stationär den Raum mit Luft versorgt.

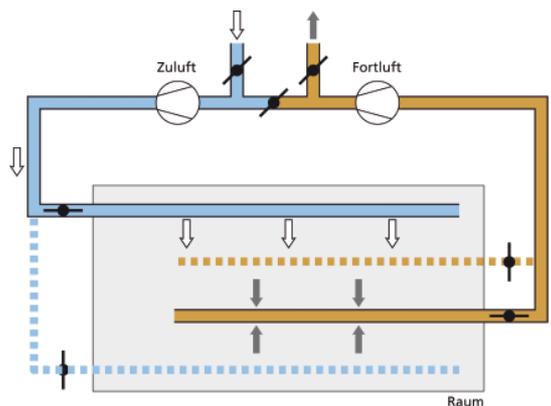
**Autor**



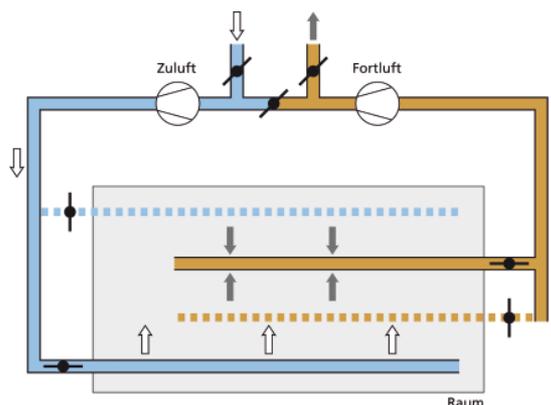
Dr.-Ing. Christoph Kaup, Jahrgang 1963, Geschäftsführender Gesellschafter von HOWATHERM Klimatechnik GmbH. Vorstandsmitglied und Obmann für Technik des Herstellerverbandes Raumlufttechnische Geräte e. V., Mitglied in verschiedenen Normungsgremien wie zum Beispiel EN 13779, EN 13053 und EN 1886 sowie Richtlinienausschüssen wie beispielsweise VDI 6022, VDI 3803 und VDI 2071. Lehrbeauftragter am Umweltcampus Birkenfeld, Fachhochschule Trier für Energieeffizienz und Wärmerückgewinnung, Vorsitzender der Arbeitsgruppe Non-residential Ventilation in EVIA (European Ventilation Industry Association).



**Bild 1**  
Konventioneller Betrieb über Zuluftstränge und Abluftstränge (stationäre Betriebsweise)



**Bild 2**  
Betrieb über Zuluftstrang 1 und Abluftstrang 2 (Phase 1 des instationären Betriebs)



**Bild 3**  
Betrieb über Zuluftstrang 2 und Abluftstrang 1 (Phase 2 des instationären Betriebs)

Für das neue Verfahren wurde eine RLT-Anlage entwickelt, die intermittierend zwischen den einzelnen Zuluft- und Abluftsträngen umschaltet und damit die einzelnen Stränge alternierend, also zeitlich abwechselnd beaufschlagt. Dabei werden die einzelnen Stränge in einem Zyklus umgeschaltet, so dass sich keine stationären Strömungszustände im Raum aufbauen können (siehe Bild 2 und 3). Gleichzeitig kann dabei trotz des alternierenden Betriebs sowohl die Zuluft als auch die Ab-

luft im RLT-Gerät kontinuierlich aufbereitet werden. Somit können konventionelle RLT-Geräte mit den üblichen Komponenten für diese neue Betriebsweise verwendet werden.

Hierbei wird systembedingt mit diesem Verfahren der gleiche Raumströmungseffekt erzielt, der auch mit dem 2007 entwickelten Umschaltregenerator System TwinXchange erreicht wird [1].

Über Umschaltklappen in den einzelnen Kanalsträngen wird dabei zwischen den einzelnen Betriebszuständen voll-

Luftmengen pro Strang  
in %

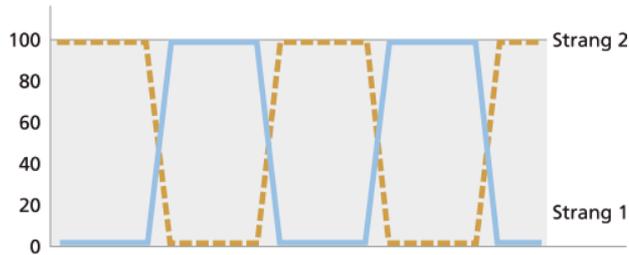


Bild 4

Schaltzustände im instationären vollständigen Umschaltbetrieb

Luftmengen pro Strang  
in %

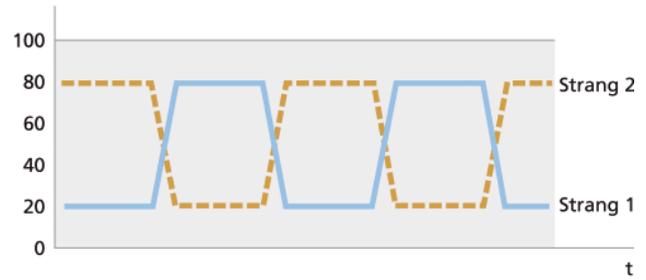


Bild 5

Schaltzustände im instationären teilweisen Umschaltbetrieb

Luftmengen pro Strang  
in %

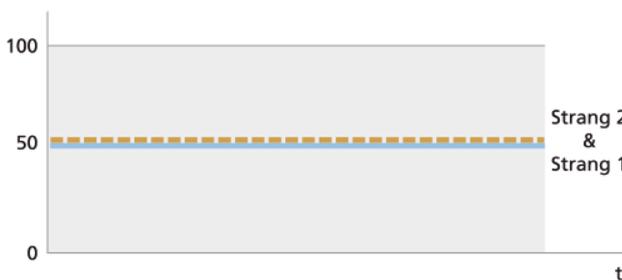


Bild 6

Zustände im stationären Teillastbetrieb

Luftmengen pro Strang  
in %

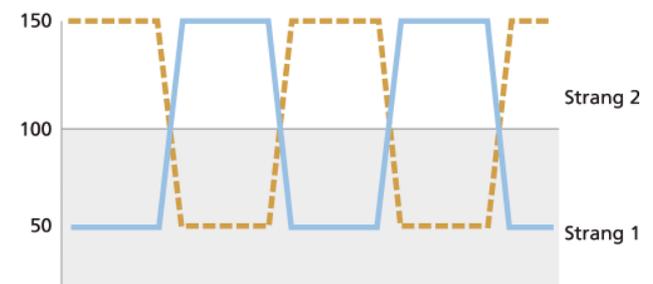


Bild 7

Schaltzustände im instationären Volllastbetrieb

ständig (siehe **Bild 4**) oder teilweise umgeschaltet (siehe **Bild 5**).

So besteht z. B. die Möglichkeit, die einzelnen Stränge nicht nur zwischen den Luftmengen 0 und 100 % umzuschalten, sondern beispielsweise zwischen 20 und 80 % alternierend zu be-

treiben. Damit können zwischen Voll- lastzustand und Teillastzuständen die optimalen Betriebszustände durch die Festlegung der Strömungsimpulse gewählt werden.

Im Volllastzustand, das heißt bei voller Luftmenge kann die Anlage z. B. mit

einem stationären Betriebszyklus von 100 / 100 % (alle Stränge komplett geöffnet), also konventionell betrieben werden. Aber selbst im Volllastbetrieb ist ein instationärer Betrieb mit z. B. 150 / 50 % oder auch 130 / 70 % möglich (siehe **Bild 7**).

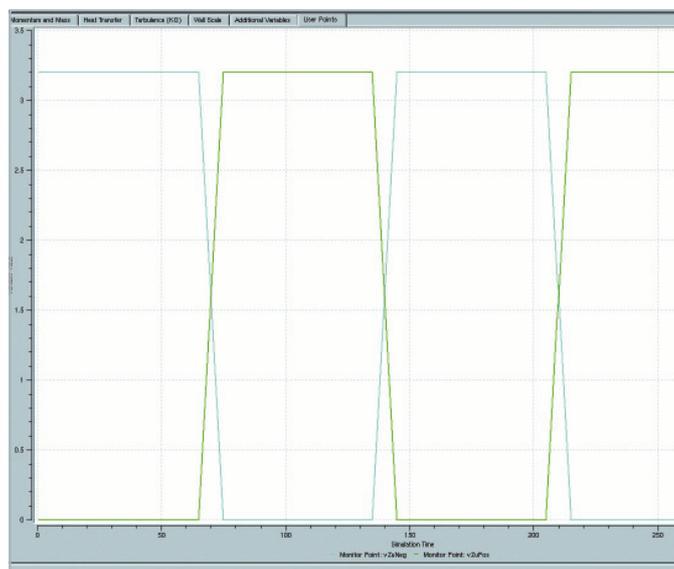


Bild 8

Strömungsimpulse in den beiden Zyklen (CFD-Simulation)

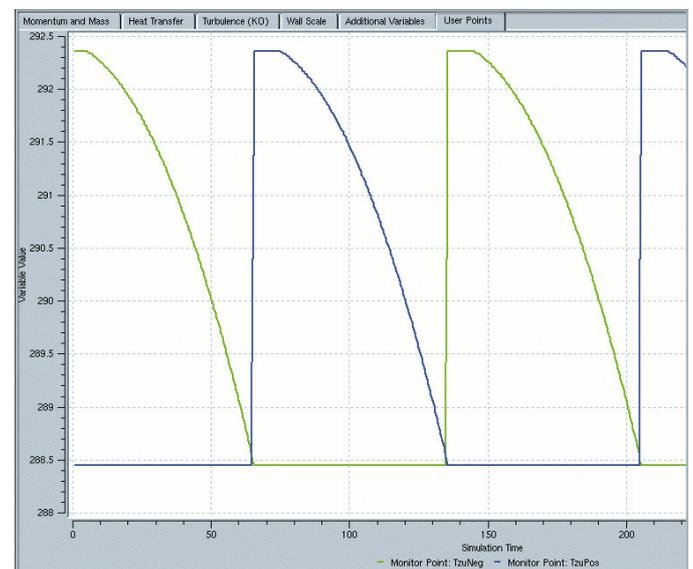


Bild 9

Temperaturimpuls (4 K) während der beiden Zyklen (CFD-Simulation)

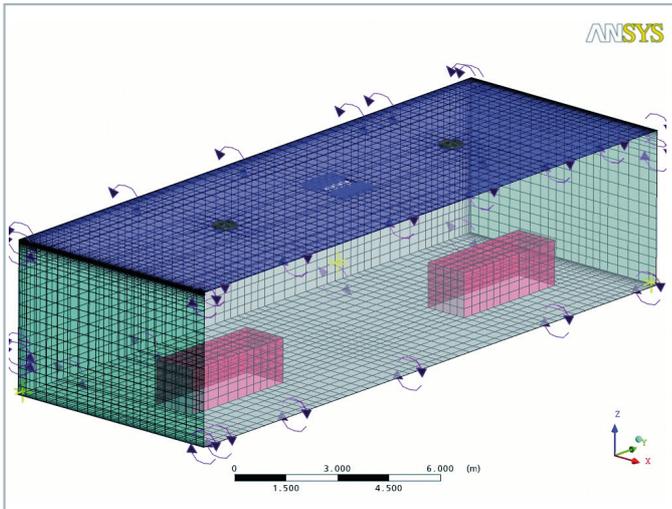


Bild 10

Raummodell (Hallen-  
segment) mit 2 Zuluft-  
öffnungen und 1 Ab-  
luftöffnung

Bild 13

Temperaturverteilung im  
Vergleich bei LWZ = 1

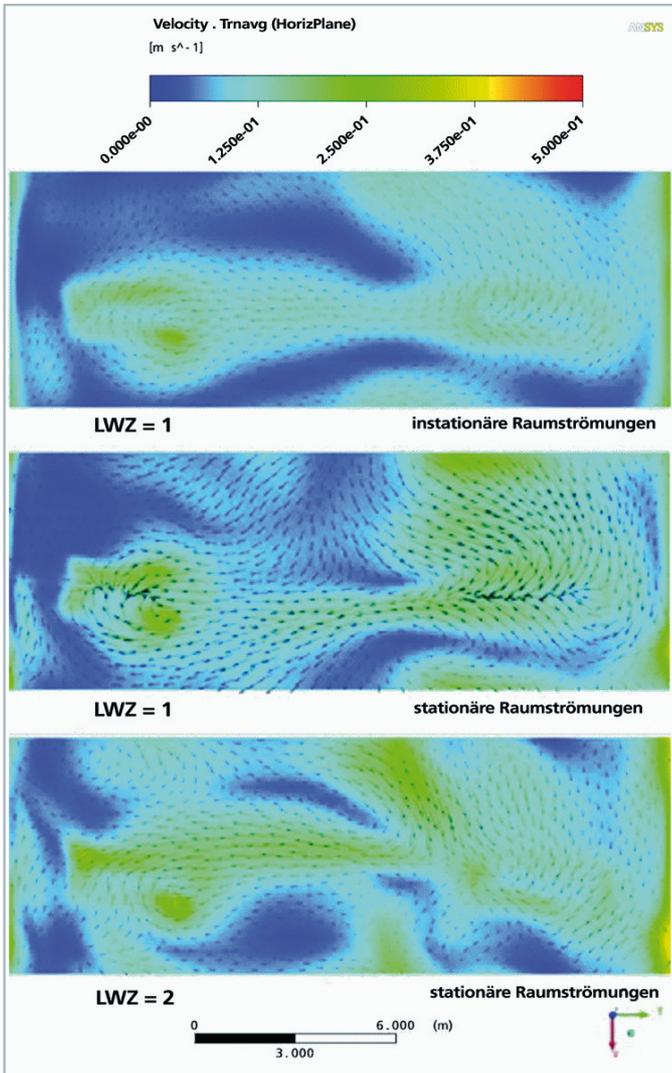


Bild 11

Strömungsgeschwindigkeiten (horizontaler  
Schnitt 1,8 m) im Vergleich

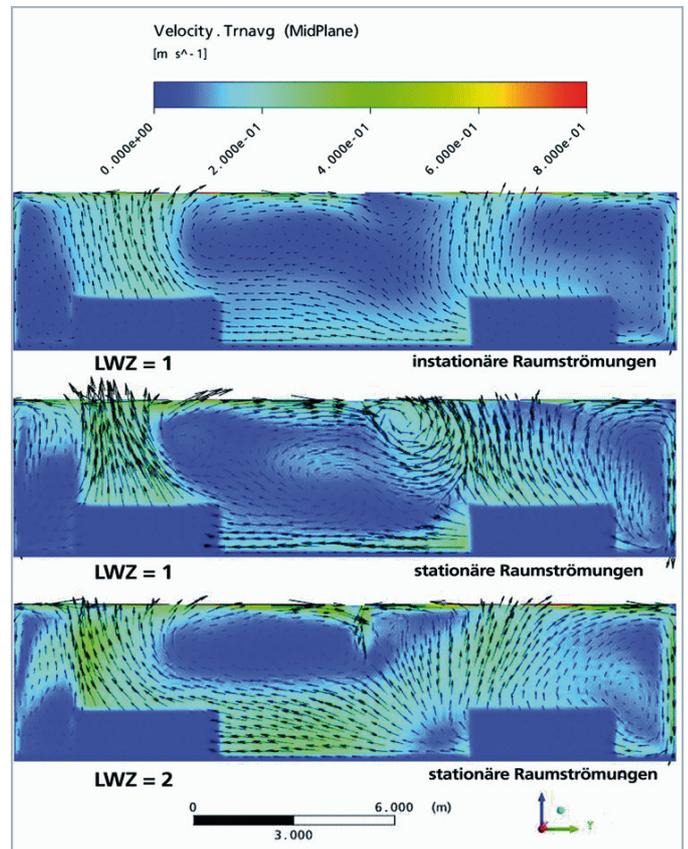
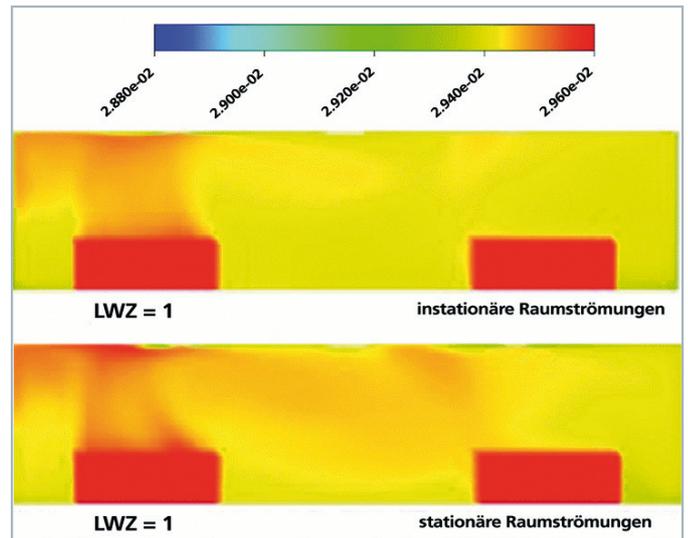
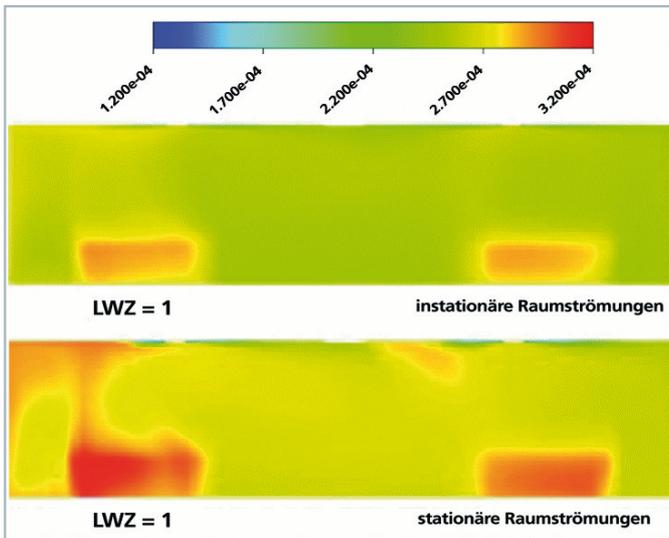


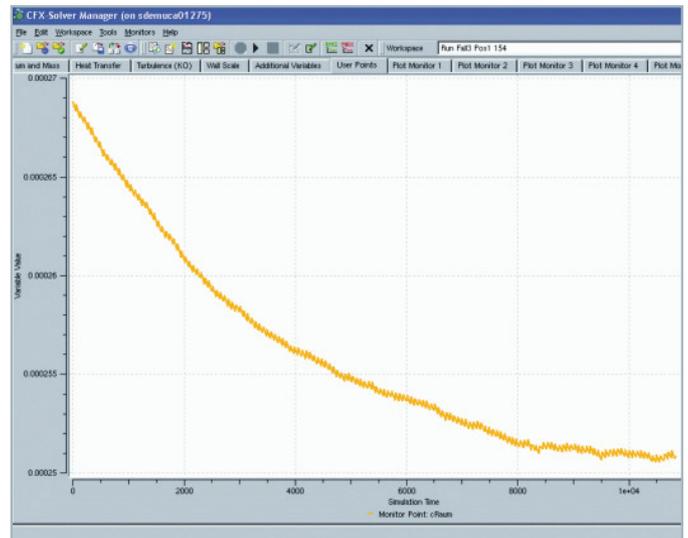
Bild 12

Strömungsgeschwindigkeiten  
(vertikaler Schnitt) im Vergleich<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Untersuchungen verschie-  
dener Varianten zur Hallen-  
belüftung mit dem 3D-Strö-  
mungssimulationsprogramm  
ANSYS CFX.



**Bild 14**  
 Konzentrationsverteilung des CO<sub>2</sub>-Tracerstoffs im Vergleich bei LWZ = 1



**Bild 15**  
 CO<sub>2</sub>-Konzentrationsänderung über die Zeit durch den instationären Betrieb



**Bild 16**  
 Linker Luftstrang mit rotem Rauch beaufschlagt



**Bild 17**  
 Rechter Luftstrang mit gelbem Rauch beaufschlagt

Im Teillastbetrieb bei z. B. 50 % Luftmenge kann der Betriebsmodus 0 /100 % oder 20 / 80 % gewählt werden [2].

Durch das Verfahren verbessern sich insbesondere im Teillastbetrieb die Lüftungseffektivität und die Durchmischung des Raumes, da durch die instationäre Raumströmung eine Art „Stoßbetrieb“ erreicht und durch die impulsbehaftete Strömung eine höhere Induktion bewirkt wird. Stationäre Raumströmungen werden dabei verringert und es wird eine effektivere Raumdurchströmung erzielt. Bei 3D-Strömungssimulationen (CFD<sup>2)</sup>, die nach vergleichenden Berechnungen an der neuen und an ei-

ner konventionellen Lüftungsanlage durch den TÜV Süd vorgenommen wurden, stellte sich heraus, dass durch die intermittierende Betriebsweise (instationäre Strömung) die benötigten Luftwechsel reduziert werden können, denn die Luftqualität wird durch die Impulslüftung signifikant verbessert. Hierbei wurde eine konventionelle Lüftungsanlage (stationäre Raumströmung) mit einer Luftwechselzahl (LWZ) von 2 und ei-

<sup>2)</sup> CFD Computational Fluid Dynamics durch den TÜV Süd 2008/2009.

nem Luftwechsel von 1 mit zwei intermittierenden Anlagen (instationäre Raumströmung) mit einem Luftwechsel von 1 verglichen.

Gleichzeitig wurde aber auch die Zulufttemperatur während des Zyklus um 4 K von 19,4 °C auf 15,4 °C variiert, um neben dem instationären Strömungssimply (siehe **Bild 8**) auch einen instationären Temperaturimpuls (siehe **Bild 9**) darstellen zu können.

Die instationären Strömungszustände wurden an einem Hallensegment mit 20 m Hallenbreite, 4,8 m Hallenhöhe und 7,7 m Segmentbreite berechnet, das periodisch verknüpft wurde (**Bild 10**).

Bei den CFD-Simulationen ergab sich, dass trotz der höheren Ausblasgeschwindigkeiten am Gitter die mittleren Strömungsgeschwindigkeiten im Raum niedriger und ungerichteter waren (siehe **Bild 11** und **12**). Damit können die Behaglichkeit und der Komfort gesteigert werden, da sich durch die erzwungene instationäre Raumströmung (diffuses Strömungsfeld) geringere stationäre Raumströmungswalzen aufbauen.

Es zeigte sich weiterhin, dass sowohl die Temperaturverteilung in der Mittelebene des Raumes (siehe **Bild 13**) als auch die CO<sub>2</sub>-Konzentration des verwendeten Tracerstoffes sehr homogen verteilt waren und deutlich bessere Ergebnisse im Vergleich zur konventionellen stationären Lüftung erzielt wurden (siehe **Bild 14** und **15**). Dieses Ergebnis ist deshalb so beachtenswert, da sich theoretisch bei gleicher Luftmenge auch gleiche Konzentrationen hätten einstellen müssen. Tatsächlich haben sich allerdings die mittleren Raumkonzentrationen im direkten Vergleich bei reduzierten Raumströmungsgeschwindigkeiten verringert.

Wenn nun keine erhöhten thermischen oder stofflichen Lasten abgeführt werden müssen, die zwingend eine höhere Luftmenge fordern, kann mit dem neuen Verfahren die Lüftungseffektivität auch mit niedrigeren Luftmengen bei weiter gesteigerter Behaglichkeit sichergestellt werden. Durch die bessere Temperaturverteilung können aber auch höhere Temperaturdifferenzen (siehe **Bild 9** und **13**) toleriert werden.

### Strömungsvisualisierung

Um die durch die CFD-Simulationen gewonnenen Erkenntnisse visualisieren zu können, wurden Rauchversuche in einem realen Versuchsprojekt durch den Umweltcampus Birkenfeld durchgeführt.

Dabei handelte es sich um eine Halle mit 400 m<sup>2</sup> Nutzungsfläche und einem Raumvolumen von ca. 1 200 m<sup>3</sup>, die mit zwei Zuluft- und zwei Ablufteinrichtungen alternierend versorgt wurde. Die Luftwechselrate pro Stunde lag beim zweifachen Raumvolumen. Beide Zuluftstränge wurden dauerhaft mit verschiedenen Rauchfarben (Rot und Gelb) beaufschlagt. Als Ergebnis zeigte sich, dass sich die einzelnen Zonen im Rauchversuch nur unwesentlich vermischten. Gleichzeitig wurde der Raum nach wenigen Zyklen trotz einer geringen Luftwechselrate von 2 vollständig beaufschlagt und durchmischt.

Anhand von **Bild 16** und **17** erkennt man sehr gut, dass die einzelnen Zonen, die den beiden Zuluftsträngen zugeordnet werden können, sich einerseits gegenseitig kaum beeinflussen, aber andererseits beide Zonen sehr gut homogen durchmischt werden. Eine stationäre und raumübergreifende Luftwalze, die sich über die beiden Zonen erstreckt, konnte in diesem Versuch nicht mehr visualisiert werden.

Ebenso konnten in den einzelnen Zonen keine stationären Raumwalzen im instationären Betrieb nachgewiesen werden.

### Fazit

Durch das neue Verfahren zur Be- und Entlüftung wird die Lüftungseffektivität – also die Durchmischung des Raumes – wesentlich verbessert. Bei den Strömungssimulationen, die durch den TÜV Süd unter Verwendung des neuen Verfahrens erstellt wurden, zeigte sich, dass durch die intermittierende Betriebsweise (Stoßbetrieb) die benötigten Luftwechsel signifikant reduziert werden können, da die Luftqualität durch die Impulslüftung verbessert wird. Hierdurch verbessert sich zusätzlich die Behaglichkeit im Raum. Dieser Umstand wirkt sich letztendlich wirtschaftlich vorteilhaft bei der Dimensionierung der Anlagen aus.

In den Rauchversuchen in einer Industriehalle konnten diese Ergebnisse auch visualisiert werden.

### Literatur

- [1] Kaup, Ch.: Neues Verfahren zur Raumlüftung mit Hochleistungs-Wärmerückgewinnung. HLH Bd. 60 (2009) Nr. 3, S. 44-51. Patent DE 10 2007 012 198.0
- [2] Patent DE 10 2009 009 109.2 Raumlüftungstechnisches Verfahren.