

Schichtlüftung in Industriehallen

Teil 2: Bedarfsgerechte Regelung von Schichtgrenzen

L. Michalak | Rinke GmbH



RINKE

Einführung

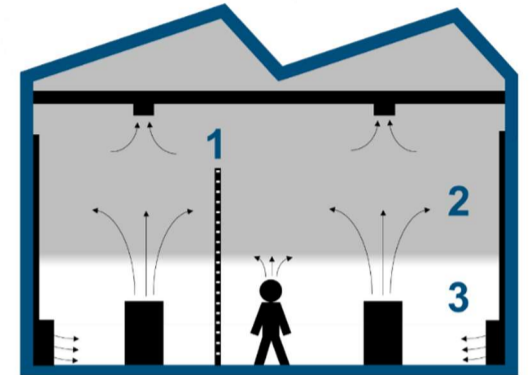
Schichtlüftungen zählen zu den effizientesten Methoden, um eine Produktionshalle zu belüften. Dennoch ist das Potenzial der Schichtlüftung noch nicht voll ausgeschöpft.

Das Ziel einer Schichtlüftung besteht darin, nur den Arbeitsbereich zu belüften und zu klimatisieren. Auf diese Weise können gerade bei hohen Hallen große energetische Einsparungen gegenüber Mischlüftungen erzielt werden.

Bei der Schichtgrenze handelt es sich um keinen stationären Zustand. Die Schichtgrenze wird von Einflussfaktoren wie Zuluft- & Abluftströmungen, Zulufttemperatur und inneren thermischen Lasten kontinuierlich beeinflusst. Schwankungen in der Produktion können daher großen Einfluss auf die Schichthöhe haben.

Herkömmliche Schichtlüftungen werden bislang nicht über die Höhe der Schichtgrenze geregelt. Es kann davon ausgegangen werden, dass in den meisten Fällen die Schichthöhe nicht auf einen stationären Hallenbetrieb eingestellt wurde. Grund hierfür ist die Ermittlung der Schichthöhe, welche durch geeignete Technologie kontinuierlich erfasst werden kann. Deswegen hat die Firma Rinke mit der Universität Kassel Messsäulen zum Messen der Temperatur- und Schadstoffschicht entwickelt. Durch die Säulen ist es möglich, die Schichthöhe der Temperatur zu erfassen und diese durch Regelung der Zuluft zu verschieben.

Auf diese Weise kann die Schichtgrenze, welche den Arbeitsbereich trennt, auch bei schwankenden thermischen Lasten konstant gehalten werden.

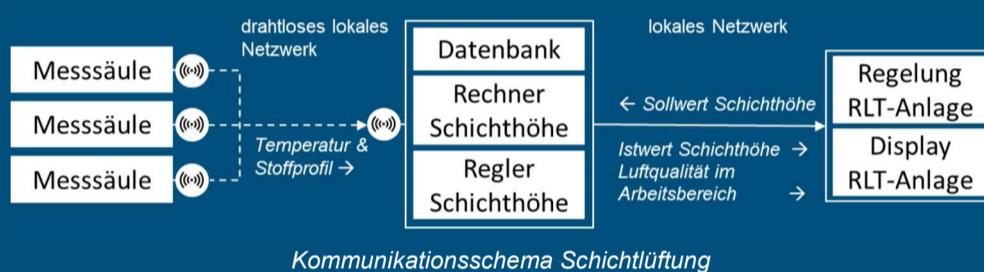


Schema Schichtlüftung

- (1) Messsäule
- (2) schadstoffbelastete Luft
- (3) schadstoffarme Luft

Methode

Zur Regelung der Schichtgrenze wird über mehrere Messsäulen das Raumklima kontinuierlich erfasst und über ein drahtloses Netzwerk an eine Basisstation gesendet.



Dort werden die Messdaten abgespeichert, die über einen Algorithmus die Schichthöhe ermitteln. Über einen Regelkreis wird durch ein Soll/Ist- Abgleich der Schichthöhe eine Ventilatorleistung errechnet und an die RLT-Anlage weitergeleitet.

Zur rechnerischen Bestimmung der Schichthöhe muss zunächst definiert werden, wo sich die Grenzschicht befindet und wie diese physikalisch definiert werden kann.

Bei Betrachtung einer optimalen Schichtlüftung (Abbildung rechts) wird davon ausgegangen, dass sich über die Höhe im Raum homogene Temperaturschichten ausbilden. Dadurch entsteht ein Temperaturgradient, woraus sich zwischen Maximum und Minimum ein Übergangsbereich definieren lässt, in dem sich ein Wendepunkt befindet. Je kleiner die Zone ist, desto intensiver bildet sich die Schichtgrenze aus. Im Rahmen des kommenden Versuchs wird davon ausgegangen, dass die Luftqualität im Übergangsbereich den nötigen Anforderungen entspricht und dieser ebenfalls als Arbeitsbereich berücksichtigt wird. Eine Wendepunktbetrachtung zur Definition der Schichthöhe wurde ebenfalls im Rahmen des Projektes angewendet.



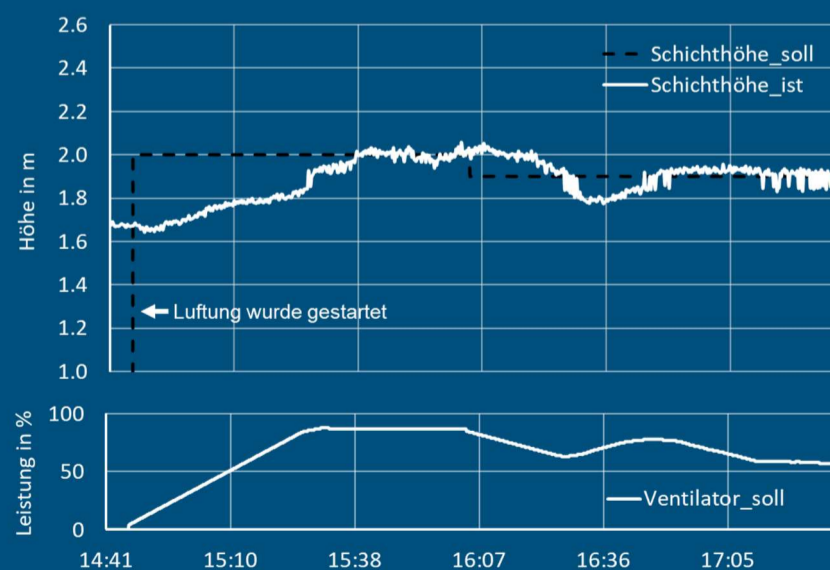
Optimale Schichtlüftung

Resultate

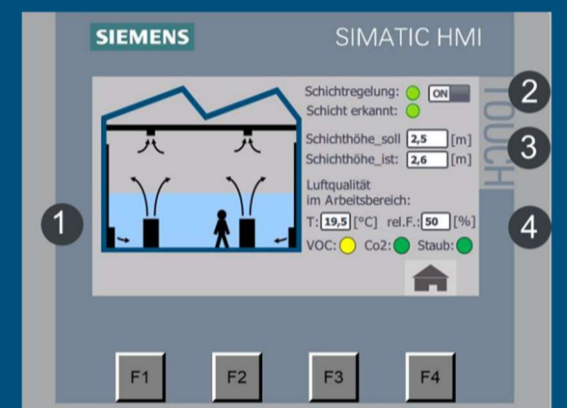
Die Schichtlüftung wurde in einer Industriehalle mit einer Grundfläche von 360 m² und einer durchschnittlichen Deckenhöhe von 5,4 Metern in Betrieb genommen. Die Wärmelasten innerhalb der Halle betragen ca. 125 W/m².

Um äußere Einflüsse und Messfehler zu reduzieren, werden die Messdaten, welche von den Messsäulen erfasst werden, für die Bestimmung der Schichthöhe über eine Ausgleichsrechnung mit Hilfe einer Fitting Funktion berechnet. Die Grafiken zeigen das Regelverhalten der Schichtlüftung, worin zu erkennen ist, dass am Anfang der Messreihe ein Sollwert von 2 Metern vorgegeben wird.

Der Schichtlüftungsregler hat daraufhin als Stellgröße die Ventilatorleistung erhöht, woraufhin die Schichthöhe ansteigt. Nachdem sich der Istwert eingependelt hat, wird der Sollwert der Schichthöhe manuell auf 1,9 Meter abgesenkt. Die sprunghafte Änderung des Sollwertes führt zu einem leichten Schwingungsverhalten des Istwertes, welches gegen den Sollwert konvergiert.



Verhalten des Regelsystems bei Änderung des Sollwertes



Der Regelalgorithmus wurde für Siemens Anwendungen entwickelt und auf dem HMI der RLT-Regelung integriert:

- 1: Live-Visualisierung der Schichthöhe im Gebäudeschema
- 2: Manuelles Zu- & Abschalten der Schichtregelung jederzeit möglich
- 3: Flexible Bestimmung der Schichthöhe & übersichtlicher Soll-Ist-Abgleich
- 4: Überwachung der Luftqualität im Arbeitsbereich durch Temperatur, Feuchte, VOC, CO₂ & Staub

Diskussion & Fazit

Gezeigt wurde die erfolgreiche Umsetzung einer bedarfsgerechten Schichtlüftung für Produktionshallen.

Die Messergebnisse zeigen den Einfluss des Luftwechsels auf die Schichthöhe und die Möglichkeit diese konstant auf einen Sollwert zu regeln.

Aufgrund des großen Raumvolumens von Produktionshallen ist das zu regelnde System sehr träge, weshalb eine Optimierung der Regler äußerst zeitintensiv ist. Künftig kann das Regelverhalten über selbstlernende Regler sich weiter verbessern.

Während der Messungen war die Schichtlüftung aufgrund der niedrigen thermischen Lasten schwach ausgebildet. Über die Daten und Nebelversuche konnte dennoch eine Schichtgrenze ermittelt werden. Zur erfolgreichen Umsetzung einer Schichtlüftung sind hohe thermische Lasten während der gesamten Betriebszeit notwendig. Schäfer (2013) konnte ideale Schichtlüftungsbedingungen bei thermischen Lasten von 220 W/m² nachweisen.

In weiteren Versuchen soll geklärt werden, welchen Einfluss der Übergangsbereich auf die Luftqualität hat und wie die Schichtgrenze definiert werden soll. Die Definition der Schichtgrenze sollte keinen Einfluss auf das hier vorgestellte Regelverhalten haben.