

Im Rahmen eines vom *BMFT* geförderten Forschungsvorhabens¹⁾ wurden die Möglichkeiten zur Verbesserung der Luftqualität in derartigen Industriehallen untersucht und die Einflußgrößen auf die Raumbelastung ermittelt.

Zur Quantifizierung der Verhältnisse werden die in den jeweiligen Bereichen anfallenden Gefahrstoffströme ins Verhältnis gesetzt zu den gesamten, an den Emissionsquellen freigesetzten Stoffströmen oder Wärme. Hierdurch ergeben sich drei System-relevante Größen:

- Erfassungsgrad
- Belastungsgrad
- System-Belastungsgrad (Bild 1).

Der Erfassungsgrad beschreibt den Anteil, der unmittelbar über die Erfassungseinrichtung abgeführten Schadstoffe bzw. Wärme.

Der Belastungsgrad gibt eine durch das Luftführungssystem erreichbare Belastungsminderung an; der System-Belastungsgrad beschreibt als Kombination aus den vorgenannten Größen die resultierende Gesamtbelastung im Aufenthaltsbereich.

Ausgehend von der IST-Situation in verschiedenen Industriebereichen mit den produktionsbedingten Belastungssituationen wurden in Modell-Untersuchungen im Labor der *KESSLER + LUCH GMBH, Gießen* in verkleinerten Maßstäben die verschiedenen Möglichkeiten der Luftzuführung überprüft und die System-relevanten Größen ermittelt.

Gemessen wurden die Temperatur- und Geschwindigkeitsfelder sowie - durch Tracergas-Simulation - die Gefahrstoffkonzentration in den Hallen und insbesondere an den Arbeitsplätzen.

2. Varianten der Luftzuführung

Zur Luftzuführung wurden gemäß Bild 2 Luftdurchlässe gewählt, die im Deckenbereich von Hallen angeordnet sind, Tangentialluftdurchlässe an Seitenwänden oder Hallenstützen sowie Luftdurchlässe, die unmittelbar im Aufenthaltsbereich der Personen angeordnet werden können.

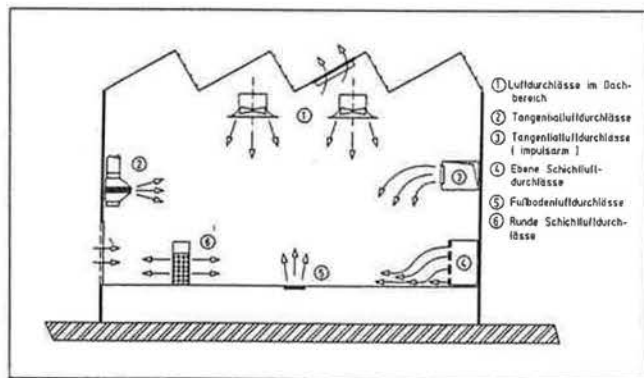


Bild 2 Anordnungsvarianten von Luftdurchlässen.

Werden die Luftdurchlässe so ausgebildet, daß die Zuluft mit hohem Strahlimpuls in den Raum eingebracht wird, entsteht auf Grund der Induktionswirkung der Zuluftstrahlen eine Mischströmung im Raum.

Bisher wenig bekannt sind Luftauslässe, bei denen die Zuluft sehr impulsarm, mit geringer Austrittsgeschwindigkeit eingebracht wird, so daß sich im Raum eine Schichtströmung ausbilden kann.

Während sich bei den Systemen der Mischlüftung - nahezu gleichbleibend über die gesamte Halle - ein Belastungsgrad nahe 1,0 ergibt, was darauf hinweist, daß das Austragen von Wärme- und

1) „Gezielte Belüftung der Arbeitsbereiche in Produktionshallen zum Abbau der Schadstoffbelastung“, *BMFT*-Verbundvorhaben 01 HK 216, Bearbeiter: *Kessler + Luch GmbH, Gießen, Universität Stuttgart IKE/HLK, Forschungsgesellschaft HLK Stuttgart mbH, TU München/Institut für Ergonomie, Mercedes Benz AG, Volkswagen AG.*

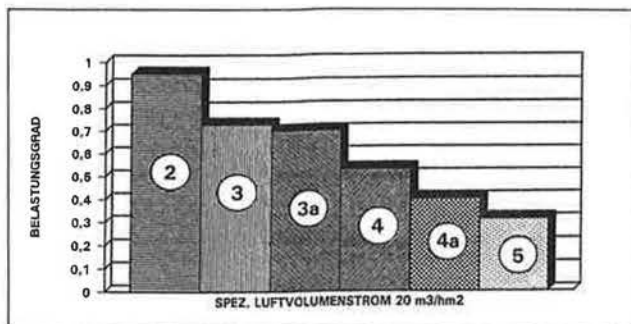


Bild 3 Mittlerer Belastungsgrad bei verschiedenen Arten der Luftzuführung (gemäß Bild 2).

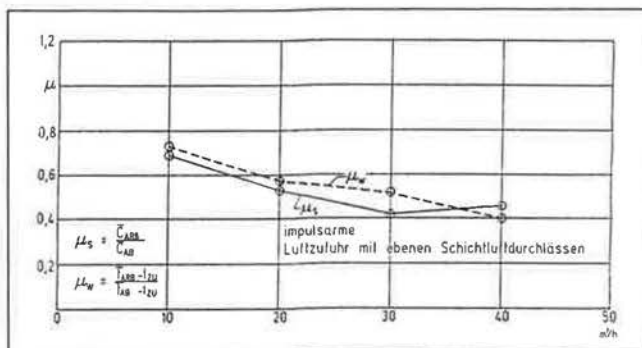


Bild 4 Mittlerer Belastungsgrad bei impulsarmer Luftzufuhr in Abhängigkeit vom zugeführten Luftstrom.

Gefahrstoffen ausschließlich durch Verdünnung entsteht, sind bei richtig ausgeführter, impulsarmer Luftzufuhr und Ausbildung einer Schichtströmung deutliche Belastungsminderungen im Aufenthaltsbereich erkennbar (Bild 3).

Aus Bild 4 wird deutlich, daß auch ein Zusammenhang besteht, zwischen der Belastung im Aufenthaltsbereich der Personen und dem impulsarm zugeführten Zuluftmassenstrom. Erreicht der Zuluftstrom eine bestimmte Größe, ergibt sich für den Belastungsgrad ein Grenzwert, der durch weiteres Anheben des Luftstromes nicht weiter reduziert werden kann.

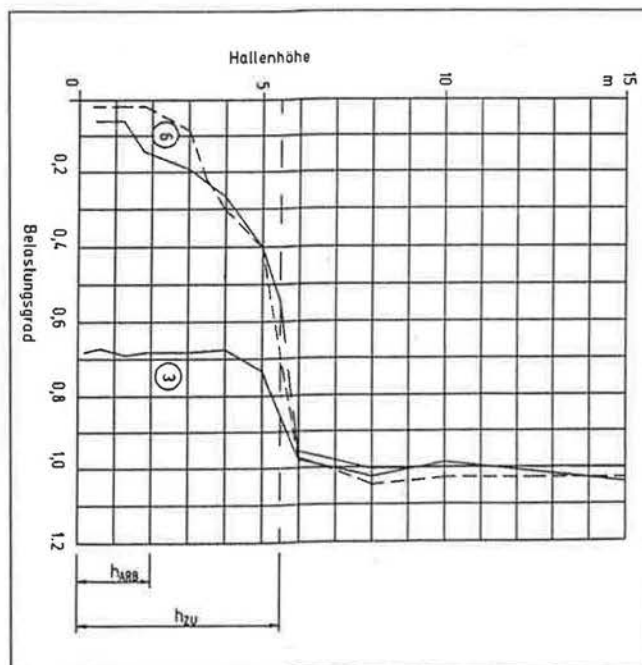


Bild 5 Verlauf der Schadstoffkonzentration über die Raumhöhe bei unterschiedlicher Luftzuführung und Ausbildung einer Schichthöhe in Preßwerken.

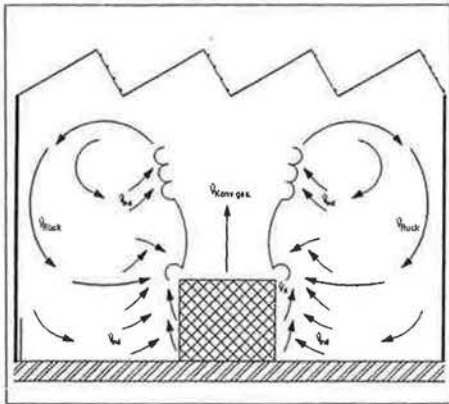


Bild 6 Schematischer Aufbau einer Schichtströmung in einer Industriehalle.

Die technische Erläuterung hierfür ergibt sich aus der Verteilung von Gefahrstoffen über die Hallenhöhe, dimensionslos dargestellt als örtlicher Belastungsgrad in Bild 5. Erkennbar wird, daß bei der Schichtströmung im Raum zwei deutlich unterschiedliche Raumzonen entstehen. Im oberen Raumbereich – gekennzeichnet durch einen nahezu konstanten Belastungsgrad $\mu_s = 1$ – entsteht eine gleichförmige Durchmischung. In Bodennähe der Halle, der Aufenthaltszone der Personen, läßt sich ein Bereich deutlich geringerer Belastung durch Gefahrstoffe erreichen. Zwischen beiden Raumzonen wird eine Schichtgrenze erkennbar, die in Bild 5 mit h_{ZU} gekennzeichnet ist. Die Lage dieser Schichtgrenze ist abhängig vom eingebrachten Zuluftstrom und ergibt sich aus der Luftstrombilanz des von der Produktionseinrichtung durch freie Konvektion nach oben bewegten Luftstromes, zuzüglich dem durch Induktion mitbewegten Anteil und der im Aufenthaltsbereich impulsarm nachgeführten Zuluft. Voraussetzung ist eine gleichbleibende thermische Belastung. Bild 6 verdeutlicht die Situation schematisch.

Wird die von der Produktionsreinrichtung durch Thermik nach oben bewegte Luft, die auch mit Gefahrstoffen angereichert ist, nicht impulsarm nachgeführt, erfolgt eine Rückströmung aus dem oberen Hallenbereich wieder nach unten, so daß die erwähnten Mischeffekte auftreten.

Die Schichtgrenze stellt sich nun in der Höhe ein, in der die Luftstromverhältnisse von thermisch bewegter und im Aufenthaltsbereich nachgeführter Luft ausgeglichen sind.

Innerhalb des Aufenthaltsbereiches wird der Belastungsgrad davon abhängig, ob sich der Thermikstrom ungestört entfalten kann, oder ob bei ungünstiger Anordnung und Ausbildung von Luftdurchlässen „Ausspülungen“ herbeigeführt werden, die dann auch zu einem Austrag von Wärme- und Gefahrstoffen in die Aufenthaltszone führen.

Bei den von **KESSLER + LUCH** entwickelten Luftdurchlässen wird die Ausspülung bei sinnvoller Anordnung dadurch minimiert,

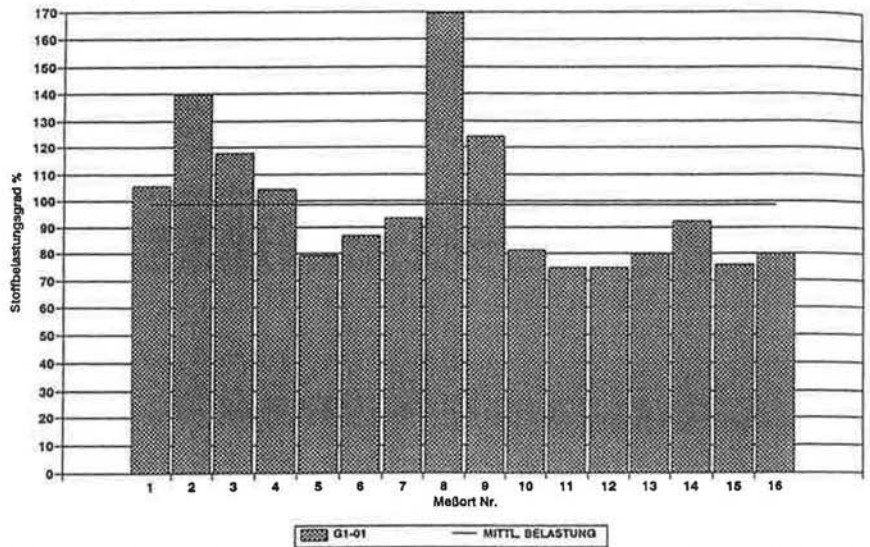


Bild 7 Stoffbelastungsgrad in der Gießhalle an sechzehn Arbeitsplätzen bei einer Zuluftzuführung über Tangentialluftdurchlässe mit Strahlimpuls.

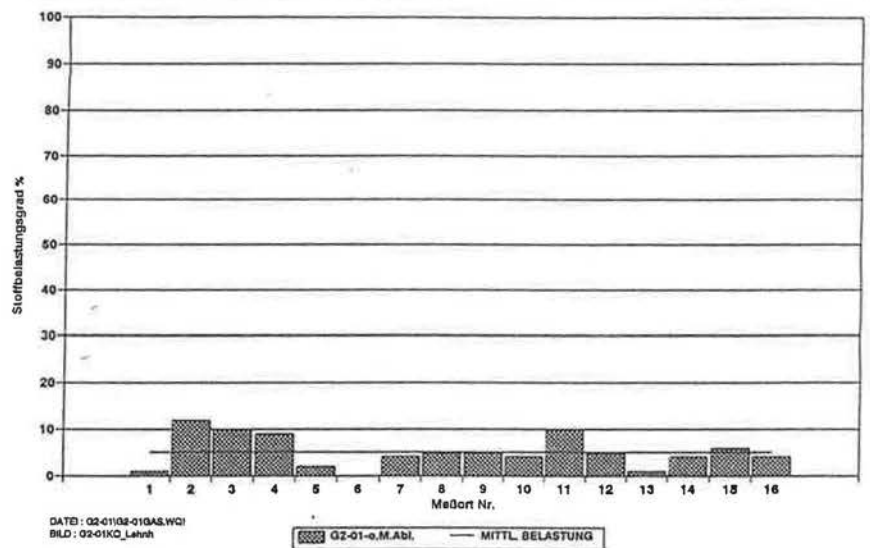


Bild 8 Erreichbare Stoffbelastungsgrade in der Gießhalle an sechzehn Arbeitsplätzen bei impulsarmer Luftzufuhr und Aufbau einer Schichtströmung.

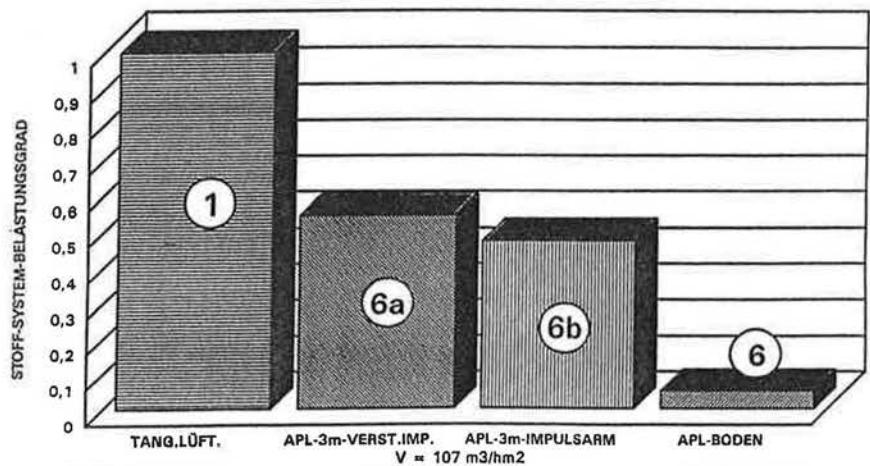


Bild 9 Mittlerer Stoffbelastungsgrad in der Gießhalle bei unterschiedlicher Anordnung der Luftdurchlässe.

daß Induktionsströmungen weitgehend verhindert werden. Dies läßt sich durch große Austrittsflächen erreichen, die vollständig gleichförmig beaufschlagt sind. Hierzu wird der ankommenden Strömung am Eintritt in den Luftauslaß eine Drallströmung überlagert, so daß sich innerhalb des Luftdurchlasses hinter der Dralleinrichtung eine rotierende Luftwalze ausbildet und die Zuluft gleichmäßig über die Höhe, über die luftdurchlässige Mantelfläche eines Zylinderelementes austritt. Der Geschwindigkeitsabbau im Raum erfolgt durch den sich erweiternden Strömungsquerschnitt und nur zu einem ganz geringen Umfang durch Strahlinduktion.

3. Untersuchung der Luftzuführung am Beispiel einer Leichtmetallgießerei

Die Anwendung wurde an Gießkarussellen für Aluminiumkokillenguß erprobt.

Für zwei unterschiedliche Zuluftschichthöhen wurden die auf Grund der Thermik nach oben transportierten Luftströme für die Gießkarusselle berechnet und in Tabelle 1 zusammengestellt. Aufgeführt in dieser Tabelle sind auch die rechnerischen Werte für die flächenbezogenen Zuluftströme.

Tabelle 1 Berechnete Zuluftströme für die Gießhalle bei unterschiedlichen Schichthöhen.

Auslegungshöhe	Σ Karusselle (m ² /h)	Flächenbezog. V _k (m ³ /hm ²)
h _{zu} = 2,5 m	127176,90	98,59
h _{zu} = 3,0 m	179098,51	138,84

Gewählt wurde für die Untersuchungen ein flächenbezogener Zuluftstrom von 107 m³/h m², der einer Schichthöhe von ca. 2,7 m über Fußboden entspricht. Diese Bezugshöhe wurde auch erreicht.

Die Bilder 7 und 8 zeigen die an sechzehn Arbeitsplätzen gemessenen Belastungsgrade bei einer impulsbehafteten und einer impulsarmen Luftzuführung im Aufenthaltsbereich.

Während im ersten Fall sich ein mittlerer Belastungsgrad von ca. 100 % mit Spitzenbelastungen bis zu 170 % ergibt, kann bei entsprechender Luftzuführung eine mittlere Belastung erreicht werden, die unter 10 % des Wertes bei Mischlüftungskonzepten liegt.

Kann aus produktionstechnischen Überlegungen die Zuluft nur aus größeren Raumhöhen (drei bis vier Meter über Fußboden) eingebracht werden, läßt sich bei impulsarmem Ausblasen eine gleichartige Schichtströmung aufbauen, wie zuvor beschrieben. Befindet sich jedoch der Zuluftdurchlaß dann im Bereich höherer Gefahrstoffbelastung, das heißt schon innerhalb des Mischbereiches, nimmt die Zuluft auf ihrem Weg in die Aufenthaltszone einen Teil der Schadstoffe auf, so daß sich ein deutlich höherer Belastungsgrad einstellt. Trotzdem liegen die erreichten Belastungsgrade noch deutlich unterhalb der bei Mischströmung erreichten Werte.

Bild 9 zeigt die drei verschiedenen Auslaßvarianten im Vergleich. Die beiden mittleren Balken verdeutlichen die zuletzt beschriebene Variante, wobei auch deutlich wird, welche Bedeutung dem Luftdurchlaß selbst und seiner Dimensionierung zukommt.

Wird der Austrittsimpuls der Luftzuführung nur geringfügig angehoben, erhöht sich der Belastungsgrad um nahezu 10 %.

Wie bereits erwähnt, verhält sich der thermische Belastungsgrad analog dem stofflichen Belastungsgrad, jedoch liegen die Absolutwerte höher, da ein Teil der Wärme nicht konvektiv, sondern durch Strahlungseinflüsse übertragen wird.

Manche Bauherren investieren in jeden Schnickschnack.

Besuchen Sie uns auf der
ISH in Frankfurt
Halle 5 Stand 5.0 D 14

**KESSLER
TECH**

EIN UNTERNEHMEN DER STEAG



Was dabei herauskommt, wenn Bauherren einmal so richtig aus dem vollen schöpfen, ist meistens nicht zu übersehen. Doch beim Blick hinter die Fassade bleibt einem in vielen Fällen regelrecht die Luft weg. Denn häufig trifft man dort auf Klimatechnik wie aus dem letzten Jahrhundert. Anstatt die Luft zu reinigen, können dort technisch überholte oder schlecht gewartete Klimasysteme Schadstoffe, wie Ozon oder Schwefeldioxid, durch die großzügigen Räumlichkeiten transportieren. Anstatt die Luft von Staub, Keimen, Pollen u.ä. zu befreien, können sie diese in die Räume entlassen. Bei unserem neuen Reinluftsystem HUMANAIR hält schädliche Luftbestandteile zurück und gibt bessere, gesün-

dere Luft an die Innenräume ab. Da können auch Allergiker endlich wieder aufatmen. Und Architekten, Planer, Bauherren ebenfalls. Rufen Sie uns an, oder schreiben Sie uns. Und Sie erfahren Näheres. KesslerTech GmbH, ein Unternehmen der STEAG Industrie AG.

✂
Ja, ich möchte Informationen zum Aufatmen.

Name _____
Firma _____
PLZ/Ort _____
Straße _____
Position _____

KesslerTech GmbH
Schiffenberger Weg 115 · 6300 Gießen
Tel. 06 41/707-410 · Fax. 06 41/784 62.

HUMANAIR
GESUNDES KLIMA FÜR DEN MENSCHEN