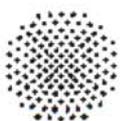


# **Methoden zur Darstellung der Luftströmung in Fabrikhallen und Regeln für eine optimale Lüftung**

Walter Dittes



Universität Stuttgart **IKE** Lehrstuhl für Heiz- und Raumluftechnik

2004

## **Kurzfassung**

Das Strömungsgeschehen in Räumen und insbesondere in Fabrikhallen beschränkt sich auf vier je für sich in zugehörigen stabilen Strömungszonen darstellbare Vorgänge: Thermik an den Umfassungsflächen (vor allem den Wänden), Thermik an und über Einrichtungen (z.B. zur Produktion), Luftstrahlen aus den Einrichtungen, durch Öffnungen in den Umfassungsflächen und besonders mit der Raumluftechnik und schließlich Senkenströmungen an Erfassungseinrichtungen.

Mit der modernen Zielsetzung, die Nutzenübergabe zu optimieren, bemühte man sich, die Luftzufuhr auf die Anforderungszone zu begrenzen und entdeckte so ein (neben dem Verdünnen durch Mischen und dem Verdrängen) drittes Lastabfuhrprinzip, das Eingrenzen oder Zonieren; dadurch sind zwei weitere Strömungszonen im Raum herstellbar: die Anforderungszone mit einer Zuluftschiicht oder einer Mischzone der Zuluftstrahlen und die darüber liegende ungenutzte Raumzone mit der Mischzone der Konvektionsströme.

Es wird nachgewiesen, dass ebenfalls diese beiden Zonen stabil zu halten sind. Zudem ist die Höhe der Zuluftschiicht durch Bilanzieren der Luftströme zwischen den sechs Zonentypen gezielt einzustellen. Die einzelnen Berechnungsgrundlagen dafür werden gesammelt, zum Teil auch neu entwickelt, insgesamt aber auf ihre Richtigkeit experimentell überprüft.

Es wird eine Methodik zur Bewertung der verschiedenen Luftführungsarten, insbesondere zum Zonierungsprinzip vorgestellt. Diese Methodik eignet sich auch dazu, gezielt für einen konkreten Bedarfsfall die optimale Lüftung zu entwerfen.

## **Methods for Establishing Air Flow Patterns in Producing Halls and Rules for an Optimized Ventilation**

### **Abstract**

The air flow phenomena in rooms especially in production halls are limited to four processes with each accompanying stable air flow zones: buoyant flow on walls or above machines, air jets by ventilation or from machines and finally the sink flow of extract systems.

With the modern target to optimize the benefits transfer one is trying to restrict the air supply to the requirement zone and so the third load removal principle (besides diluting and displacing) was found: the localizing. Two additional air flow zones in the space were obtained by this: the requirement zone with a supply air layer or with a mixing zone from the supply air jets and the unused room zone above laying with the mixing zone from the buoyant air flows.

It is shown that also this both zones can be kept stabil. Furthermore the height of the supply air layer can be specifically adjusted by balancing the air flow between the six zone types. The individual basic calculation formulas are collected, partly also developed, but altogether checked experimentally.

A methodology to evaluate the different kinds of air circulation concepts is presented in particular the localizing principle. This methodology is also suitable for designing the optimized ventilation concept for a concrete need purposefully.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	4
	2.1 Auslegung von raumluftechnischen Anlagen nach Raumlasten	4
	2.2 Luftführungsarten	14
3	Methoden zur Darstellung der Raumluftströmung	19
	3.1 Literaturübersicht über Raumluftströmungsmodelle	19
	3.2 Strömungsvorgänge in Fabrikhallen – Wirkung auf den Arbeitsbereich	22
	3.3 Vorgänge in den einzelnen Strömungszonen	28
	3.3.1 Zuluftströmung	28
	3.3.2 Thermikluftströmung an Wänden	40
	3.3.3 Thermik- und Erfassungsluftströme an Produktionseinrichtungen	57
	3.3.4 Störung der Thermik- und Erfassungsströmungen	74
	3.4 Modelle für die Stoffübertragung	83
	3.4.1 Allgemeiner Aufbau der Zonenmodelle	83
	3.4.2 Modelle für bereichsweise Mischströmung	94
	3.4.3 Modelle für Schichtströmung	103
	3.4.4 Modell für den Nahbereich von Personen	104
	3.5 Modelle für die Wärmeübertragung	110
4	Experimentelle Untersuchungen	119
	4.1 Übersicht	119
	4.2 Verfahren, Versuchseinrichtungen, Auswertung	122
	4.2.1 Luftzufuhr bei Schichtströmung	122
	4.2.2 Luftzufuhr bei bereichsweiser Mischströmung	124
	4.2.3 Thermikströmung an Warmkörpern	126
	4.2.4 Ausspülung aus der Thermikströmung	132
	4.2.5 Überprüfung der Zonenmodelle	134
	4.3 Messtechnik	138
5	Messergebnisse, Vergleiche mit den Berechnungen	140
	5.1 Luftzufuhr bei Schichtströmung	140
	5.2 Luftzufuhr bei bereichsweiser Mischströmung	150
	5.3 Thermikluftströme an erwärmten Körpern	155
	5.4 Ausspülung aus der Thermikströmung (bei Schichtströmung)	159

6	Erkenntnisse für die Gestaltung einer optimierten Lüftung	162
6.1	Bewertungskriterien für lufttechnische Maßnahmen	162
6.2	Zusammenhang zwischen Belastungssituation und Aufwand	165
6.3	Beispiele für verschiedene Luftführungsarten	176
6.3.1	Hallenfüllende Mischströmung	176
6.3.2	Bereichsweise Mischströmung	177
6.3.3	Schichtströmung	187
6.4	Vergleich der Luftführungsarten – Regeln für deren Gestaltung	196
6.4.1	Voraussetzungen für den Vergleich	196
6.4.2	Belastungssituationen bei gleichen Zuluftströmen	197
6.4.3	Zuluftströme zum Erhalt gleicher Belastungssituationen	201
6.4.4	Regeln für Auswahl und Gestaltung von Luftführungskonzepten	211
7	Zusammenfassung	227
8	Literaturverzeichnis	231
	Anhang	240