

# Einfluss des Strahlungsanteils auf den energetischen Aufwand von Deckenstrahlplatten

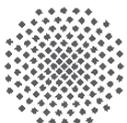
Von der Fakultät Maschinenbau der Universität Stuttgart zur Erlangung  
der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung

vorgelegt von

**Klaus Menge**

aus Groß-Umstadt

Hauptberichter  
Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt  
Mitberichter:  
Prof. em. Dr.-Ing. Heinz Bach  
Tag der Einreichung:  
29.01.2003  
Tag der mündlichen Prüfung:  
21.05.2003



Universität Stuttgart

**IKE**

Lehrstuhl für Heiz- und Raumluftechnik

2003

## **Kurzfassung**

Es wird die Wirkung von Deckenstrahlplatten in hohen Räumen auf die Aufenthaltszone der Nutzer untersucht. Dazu wird die Konvektion im Plattenbereich geklärt und insbesondere gezeigt, dass die Thermikströmungen durch die Platten selbst, aber auch durch andere Wärmequellen eine stabile Temperaturschichtung aufbauen, sodass die von der Platte konvektiv abgegebene Wärme nicht in die Aufenthaltszone gelangt. Das Strömungsgeschehen wird mit einer Finite-Volumen-basierten numerischen Strömungssimulation (CFD: Computational Fluid Dynamics) abgebildet. Um die Ergebnis-Qualität und die Übertragbarkeit der Resultate bei der CFD-Simulationen zu überprüfen und zu erhöhen, wird zuerst das Modell einer konventionellen Deckenstrahlplatte analog zur Messanordnung im Versuchsraum nach DIN 4706 simuliert und mit Umströmungsversuchen im Versuchsraum verglichen. Diese Ergebnisse werden dann auf einen hohen, mit Sheds ausgestatteten Raum übertragen.

Hierauf basierend wird das theoretische Modell einer im Strahlungsanteil erhöhten Deckenstrahlplatte entwickelt. Unter Verwendung der erzielten Ergebnisse wird mit einer CFD-Simulation der im Strahlungsanteil erhöhten Deckenstrahlplatte die Thermik in einem hohen Raum mit realen Anforderungen auch auf Kaltluftabfälle geprüft. An dem Modell der neuentwickelten Strahlplatte werden dann Parameteruntersuchungen durch Veränderung verschiedener Komponenten durchgeführt und deren Einfluss auf den Strahlungsanteil untersucht.

Aus allen Ergebnissen wird abschließend eine Vergleichszahl für Deckenstrahlplatten entwickelt, die für alle Arten von Strahlplatten und Räume gültig ist und mit welcher der Energiebedarf definiert werden kann.

## **Abstract**

The influence of the radiant heat effect of ceiling panels in the operating zone and therefore the thermal comfort in high rooms has been proven. The stability of thermal layers has to be tested and it has to be proven that the convection from the ceiling panels does not flow down into the operating zone. All the currents are shown with a CFD-based simulation.

To increase the quality of the results and to control the transferability, the model of a standard ceiling panel is initially simulated under the conditions according to DIN 4706 in a testing booth. This would be then compared with current tests and infrared thermographs of a DIN test before simulating the ceiling panel in a real room. This room would be of a style consistent with a typical industrial building.

Upon receiving the results, an evaluated ceiling panel, with an increased percentage of radiant output, is to be developed, taking into consideration the resulting theoretical and practical knowledge.

By the use of these former results, the ceiling panel fitted at high level within a typical industrial building is simulated to show and prove the air currents under working condition. Changes of several components of the evaluated ceiling panel are simulated under the condition of DIN 4706 to prove the influence on the percentage of the radiation output.

All the simulations are the basics for an equation for an expenditure number. This expenditure number can be used for all types of rooms and ceiling panels and gives information about the energy consumption.

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	1
1.1 Ausgangssituation .....	1
1.2 Marktübliche Deckenstrahlplatten .....	2
1.3 Problematik der Beheizung von hohen Räumen.....	4
1.4 Zieldefinition.....	7
1.5 Lösungsweg.....	7
2 Literaturüberblick .....	9
2.1 Literatur zu Deckenstrahlplatten .....	9
2.2 Literatur zu Simulationstechniken .....	10
3 Grundlagen .....	12
3.1 Konvektion .....	12
3.2 Strahlung .....	13
3.2.1 Temperaturstrahlung .....	13
3.2.2 Strahlungsaustausch .....	14
3.2.3 Zusammenwirken von Konvektion und Strahlung bei Deckenstrahlplatten .....	17
3.3 Strömung in einem hohen Raum .....	18
3.4 Qualitative Betrachtung der einzelnen Wärmeübergangsvorgänge .....	20
4 Einfluss der Prüfnormen auf die Plattenentwicklung .....	24
4.1 Einführung .....	24
4.2 DIN 4706.....	24
4.3 prEN14037.....	26
5 Simulation der Strömungen in Räumen mit ebenen Deckenstrahlplatten .....	27
5.1 Vorbemerkungen .....	27
5.2 Simulation .....	28
5.2.1 Verwendete Software .....	28
5.2.2 Erstellung des Modells und Gitters .....	28
5.2.3 Auswahl von Rechenmodellen .....	31
5.2.4 Vereinfachungen, Annahmen und Randbedingungen .....	33
5.2.5 Simulation einer konventionellen ebenen Deckenstrahlplatten.....	35
5.2.6 Vergleiche der Simulation mit dem gemessenen Strömungsfeld im Versuchsraum.....	38

5.3	Simulation der Strömungen in einem hohen Raum .....	39
5.4	Ergebnis der Simulationen .....	42
6	Entwicklungsziele für eine verbesserte Deckenstrahlplatte.....	43
6.1	Allgemeine Entwicklungsziele für Deckenstrahlplatten .....	43
6.2	Erhöhung der Nutzensausbeute .....	44
6.2.1	Geometrie der Deckenstrahlplatte .....	44
6.2.2	Konstruktive Maßnahmen.....	50
7	Entwicklung der neuen Deckenstrahlplatte unter Verwendung einer Finite- Volumen-Simulation .....	52
7.1	Simulation der neuentwickelten Deckenstrahlplatte in einem hohen Raum 52	
7.2	Parametervariationen.....	55
7.2.1	Simulation der neuen gebogenen Deckenstrahlplatte mit dem entwickelten Rechenmodell .....	55
7.2.2	Vergleiche mit dem realen Strömungsfeld im Versuchsraum .....	58
7.2.3	Änderung des Strahlblechs.....	60
7.2.4	Wärmedämmung .....	62
7.2.5	Seitenpaneel.....	66
7.3	Zusammenfassung der Versuchsraum - Simulations-Ergebnisse .....	69
8	Ergebnis.....	70
8.1	Ergebnis der Simulationen.....	70
8.1.1	Einfluss der Anteile für Konvektion und Strahlung .....	70
8.1.2	Vorschlag zu künftigen Messungen der Heizleistung .....	70
8.2	Neue Auslegungen .....	71
8.3	Energetische Bewertung von Deckenstrahlplatten .....	74
8.3.1	Raumaufteilung.....	74
8.3.2	Ermittlung der Vergleichszahl .....	76
9	Zusammenfassung und Ausblick .....	79
10	Literaturverzeichnis .....	81