



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Fakultät Maschinenwesen Institut für Energietechnik

Anforderungen an die Anlagentechnik und den Baukörper aus Sicht der thermischen Behaglichkeit

Dresden, 23. April 2009

Ausgangszustand

- ▶ **Grundsätzlich höheres Komfortbedürfnis des Menschen**
- ▶ **Vorreiterrolle von Auto und Flugzeug**
- ▶ **Zunehmender Kühlbedarf auch im Wohnungsbau (Klimawechsel)**

Schlussfolgerung

- ▶ **In Zukunft bildet die thermische Behaglichkeit neben Funktionalität, Investitionskosten und Energiebedarf ein wichtiges Entscheidungskriterium zur Anlagenauswahl**

Typische Fragestellungen zur thermischen Behaglichkeit

- ▶ **Einfluss großer Glasflächen**
- ▶ **Einfluss Wärmeschutzniveau**
- ▶ **Bewertung integrierter und freier Heizflächen (Konvektion, Strahlung)**
- ▶ **Einfluss von Lüftungstechnischen Maßnahmen**
- ▶ **Anordnung von Heizkörpern im Raum**
- ▶ **Einfluss Raumtemperaturniveau**
- ▶ **Möglichkeiten und Grenzen der Raumkühlung mittels integrierter und freier Heizflächen**

Normen, Richtlinien

- ▶ **DIN EN ISO 7730**
- ▶ **(ASHRAE - Standard 55 - 2004)**
- ▶ **pr EN 15251 (—————> Bewertungskriterien für Innenräume)**
- ▶ **DIN EN 13779 (—————> Lüftung in Nichtwohngebäuden)**
-
- ▶ **VDI 6030**
-

**Hinweis auf die Beachtung der thermischen Behaglichkeit
z.B. in DIN EN 12831, DIN 1946, T6**

Näherungsverfahren – Operative Temperatur

(Empfindungstemperatur)

$$\vartheta_{op} = a\vartheta_L + (1 - a)\vartheta_S$$

Problem:

Unzureichende Berücksichtigung der Raumluftrömung

Angaben nach DIN EN 7730

Gebäude-/ Raumtyp	Kategorie	Operative Temperatur in °C		Maximale mittlere Luftgeschwindigkeit in m/s	
		Sommer	Winter	Sommer	Winter
Büro o. Ä.	A (hoch)	$24,5 \pm 1,0$	$22,0 \pm 1,0$	0,12	0,10
	B (mittel)	$24,5 \pm 1,5$	$22,0 \pm 2,0$	0,19	0,16
	C (gemäßigt)	$24,5 \pm 2,5$	$22,0 \pm 3,0$	0,24	0,21

Verfahren nach FANGER (DIN EN 7730):

- ▶ **PMV – Predicted Mean Vote**
(voraussagbare mittlere Klimabeurteilung)
 - ▶ **PPD – Predicted Percentage of Dissatisfied**
(voraussagbarer Prozentsatz von Unzufriedenen)
- } **Globale Kriterien**
(notwendig, nicht hinreichend)
-
- ▶ **Lufttemperaturverlauf über der Höhe $\Delta\vartheta_{L, 1,1 \dots 0,1}$**
 - ▶ **Strahlungsasymmetrie $\Delta\vartheta_s$**
 - ▶ **Zugluftrisiko DR**
 - ▶ **Oberflächentemperatur ϑ_s (\longrightarrow FBH, FBK)**
- } **Lokale Kriterien**

Anm.: ohne Berücksichtigung der Nutzer - Erwartungshaltung



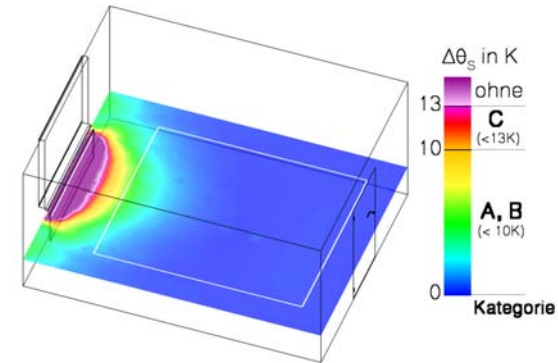
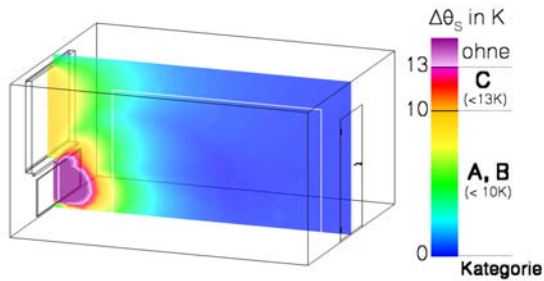
dena
Deutsche Energie-Agentur

zukunft haus
Energie sparen. Wert gewinnen.

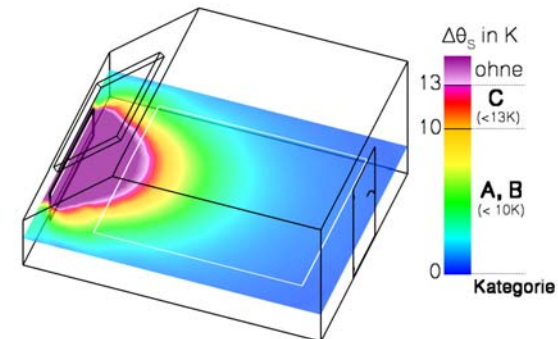
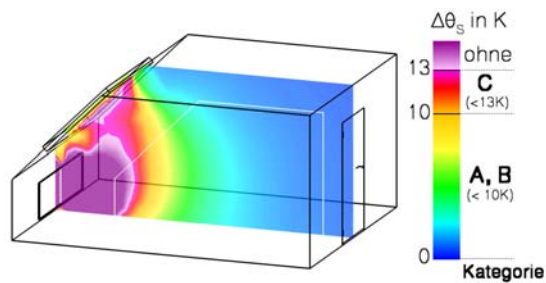
Thermische Behaglichkeit im Niedrigenergiehaus.

Teil I: Winterliche Verhältnisse
Planungsleitfaden für Architekten und Fachplaner.

Einfluss der Raumgestaltung



Raum mit vertikaler Außenwand



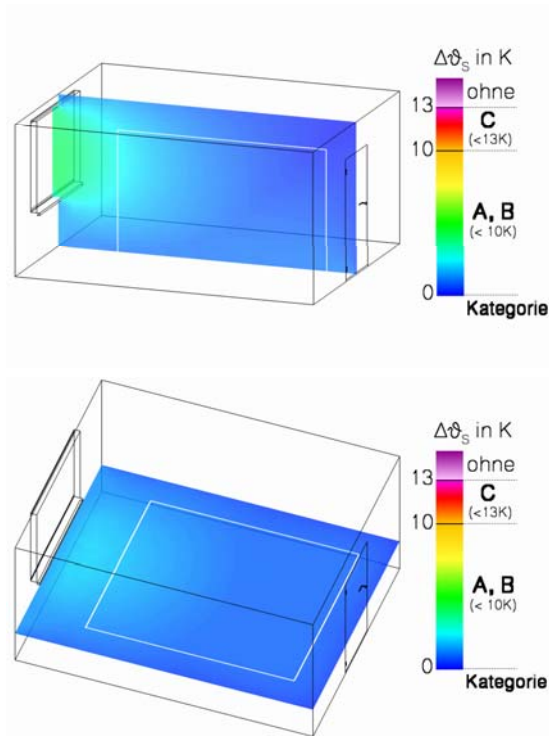
Raum mit schräger Außenwand (Mansardgeschoss)

Maximale Strahlungsasymmetrie

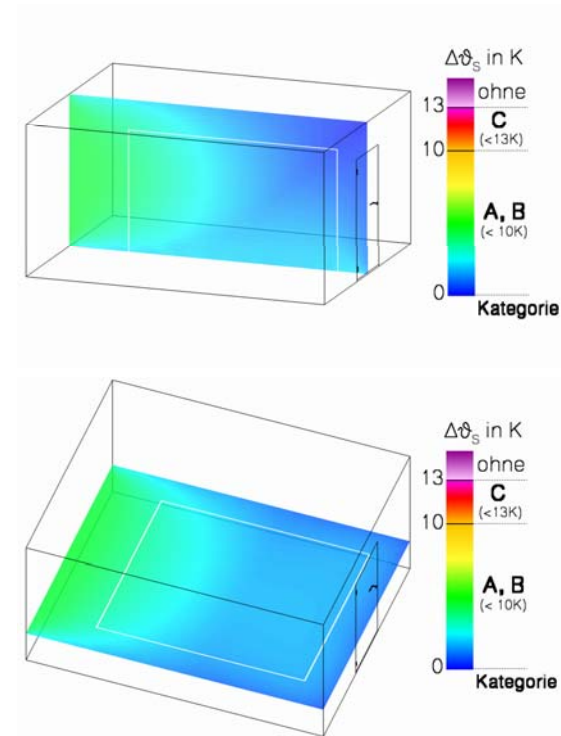
(Altbau; Heizkörper an Außenwand; Luftwechsel $n = 0 \text{ h}^{-1}$)

Einfluss des Fensterflächenanteils

30% Anteil



100% Anteil

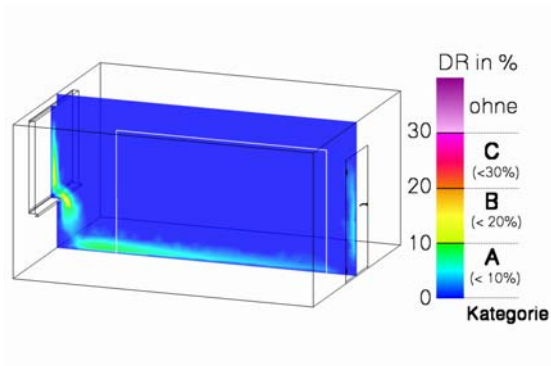


Maximale Strahlungsasymmetrie

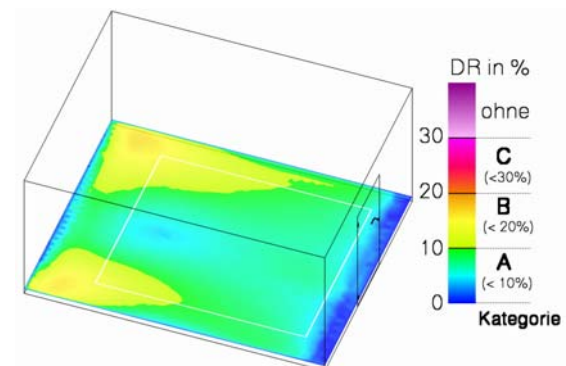
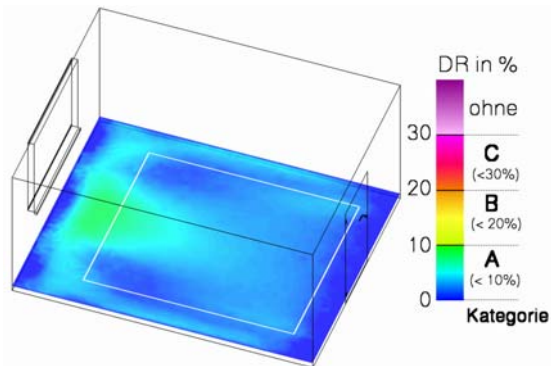
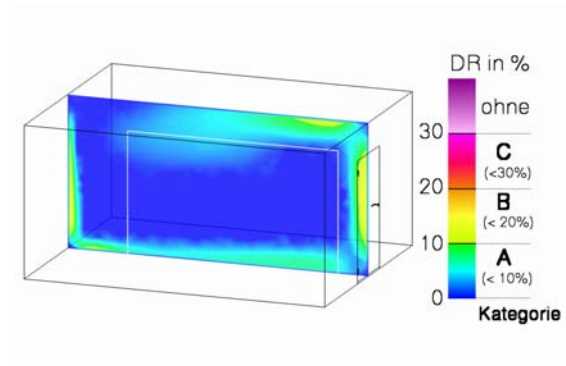
(Niedrigenergiehaus; Fußbodenheizung; Luftwechsel $n = 0 \text{ h}^{-1}$)

Einfluss des Fensterflächenanteils

30% Anteil



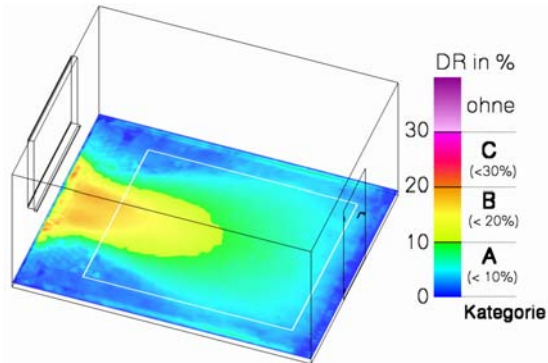
100% Anteil



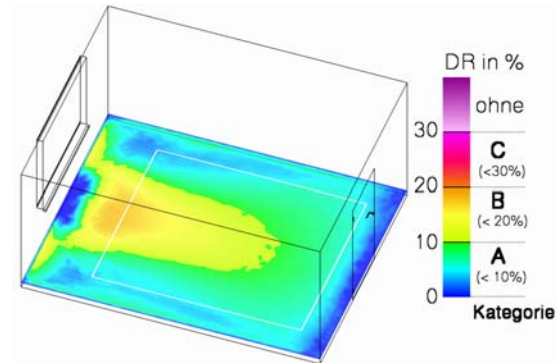
Zugluftrisiko

(Niedrigenergiehaus; Fußbodenheizung; Luftwechsel $n = 0 \text{ h}^{-1}$)

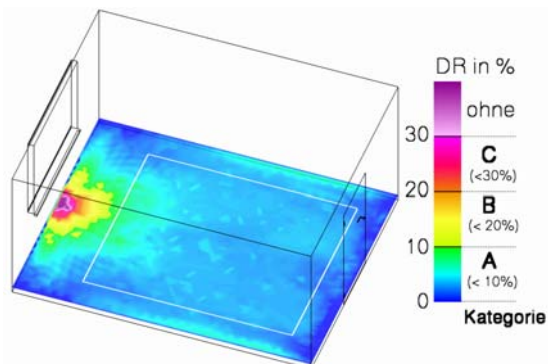
Einfluss des Außenluftdurchlasses (ALD)



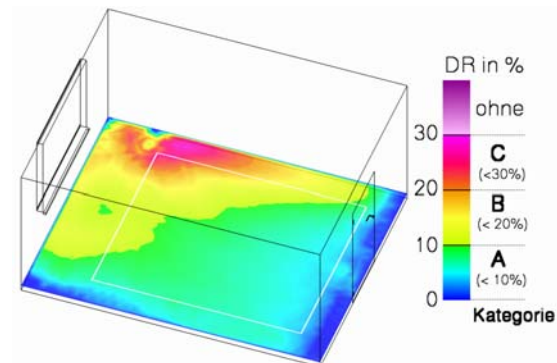
**(Breiter) Schlitz - ALD
unterhalb des Fensters**



**(Breiter) Schlitz - ALD
oberhalb des Fensters**



**Optimierter ALD
unterhalb des Fensters**

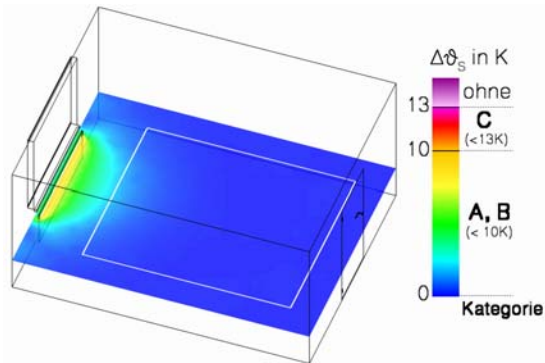


**Optimierter ALD
oberhalb, neben dem Fenster**

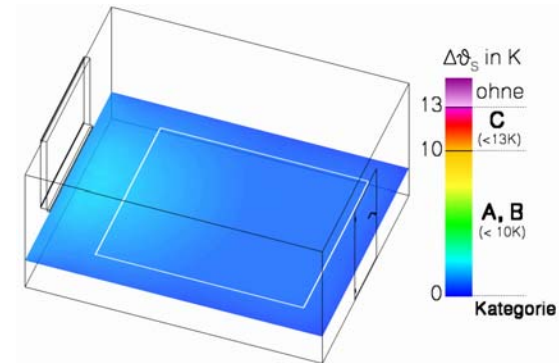
Zugluftrisiko

(Niedrigenergiehaus; Fußbodenheizung; Luftwechsel $n = 0,25 \text{ h}^{-1}$)

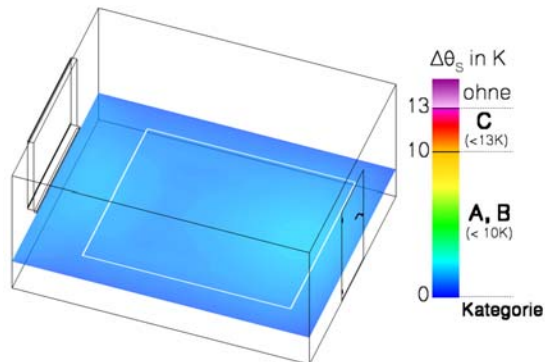
Einfluss des Heizsystems (Anteil Konvektion/Strahlung)



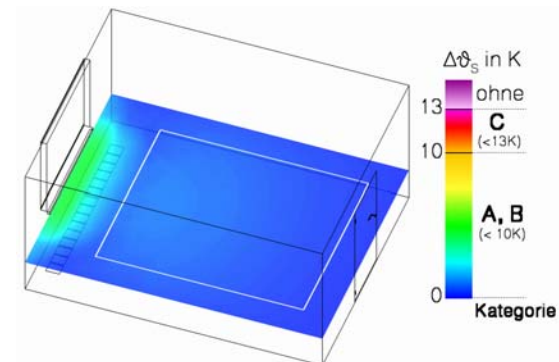
Heizkörper



Fußbodenheizung



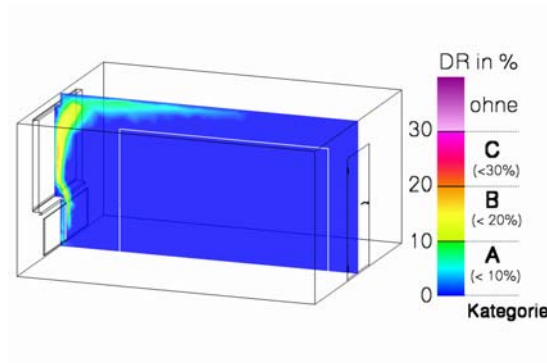
Luftheizung



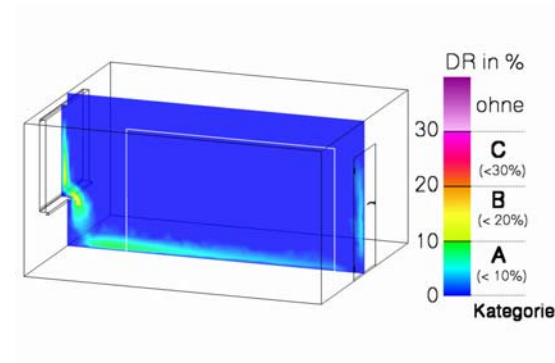
Unterflurkonvektor

Maximale Strahlungsasymmetrie in einer horizontalen Ebene von 0,6 m Höhe
(Niedrigenergiehaus; Luftwechsel $n = 0 \text{ h}^{-1}$ bei HK; FBH und UFK)

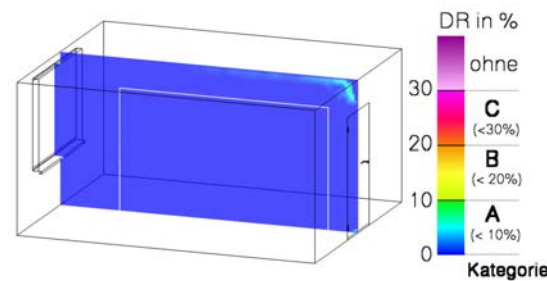
Einfluss des Heizsystems (Anteil Konvektion/Strahlung)



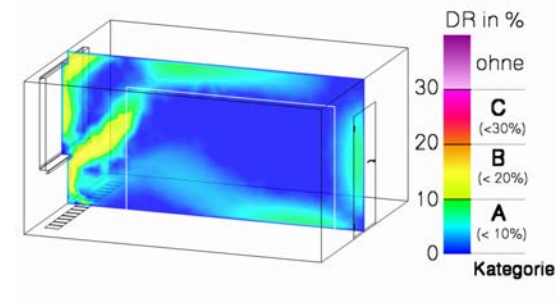
Heizkörper



Fußbodenheizung



Luftheizung

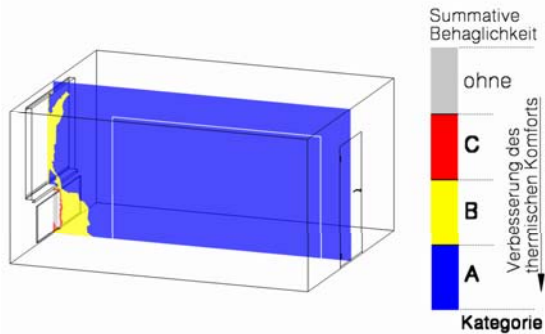


Unterflurkonvektor

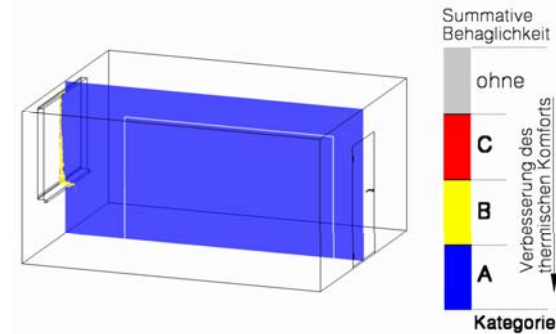
Zugluftrisiko in einer vertikalen Ebene

(Niedrigenergiehaus; Luftwechsel $n = 0 \text{ h}^{-1}$ bei HK; FBH und UFK)

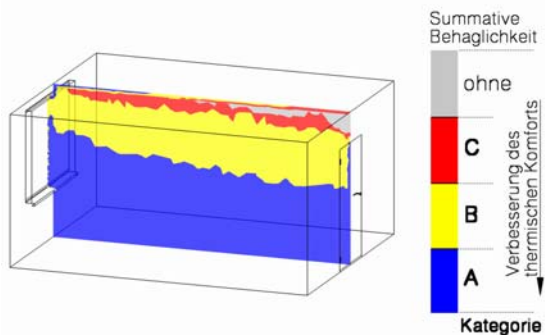
Einfluss des Heizsystems (Anteil Konvektion/Strahlung)



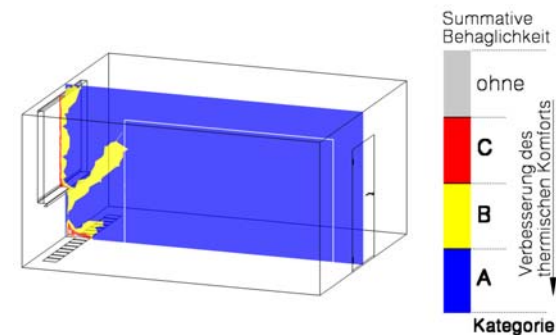
Heizkörper



Fußbodenheizung



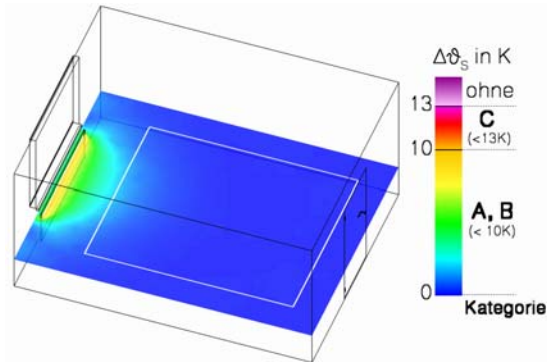
Luftheizung



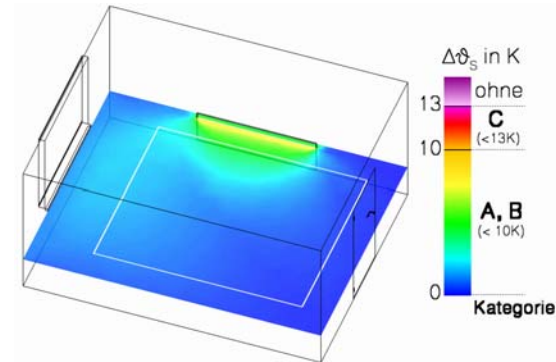
Unterflurkonvektor

Summative thermische Behaglichkeit in einer vertikalen Ebene
(Niedrigenergiehaus; Luftwechsel $n = 0 \text{ h}^{-1}$ bei HK; FBH und UFK)

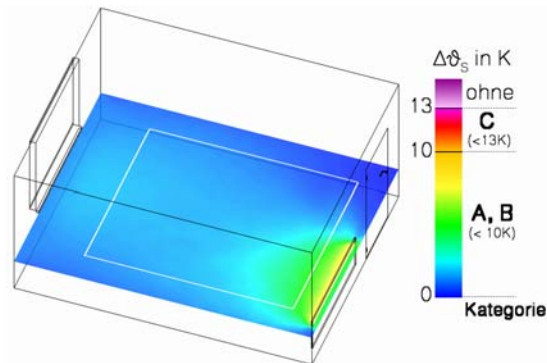
Einfluss der Heizkörperanordnung im Raum



HK an Außenwand



HK an Seitenwand

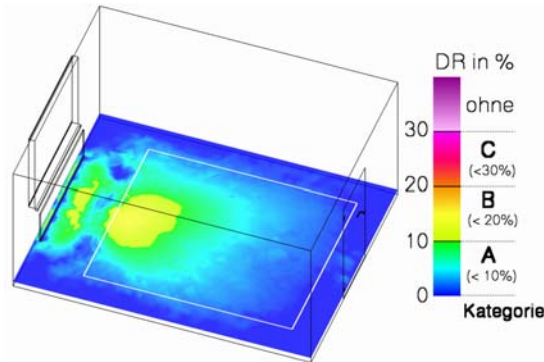


HK an Innenwand

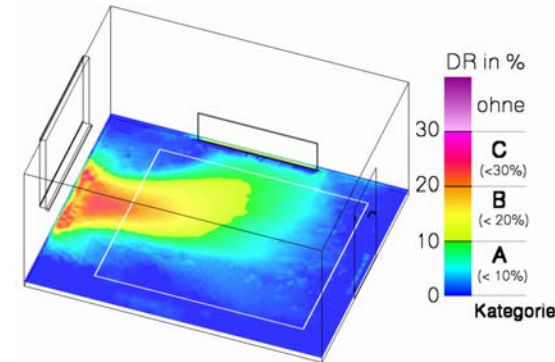
Maximale Strahlungsasymmetrie

(Niedrigenergiehaus;
Luftwechsel $n = 0 \text{ h}^{-1}$)

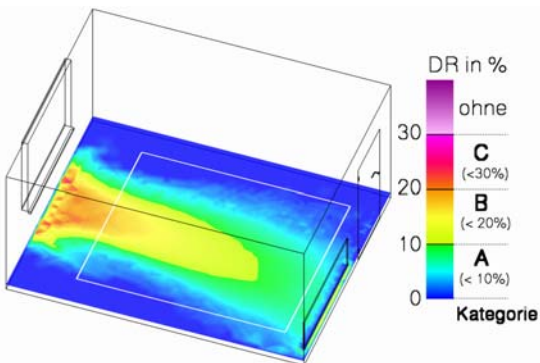
Einfluss der Heizkörperanordnung im Raum



HK an Außenwand



HK an Seitenwand

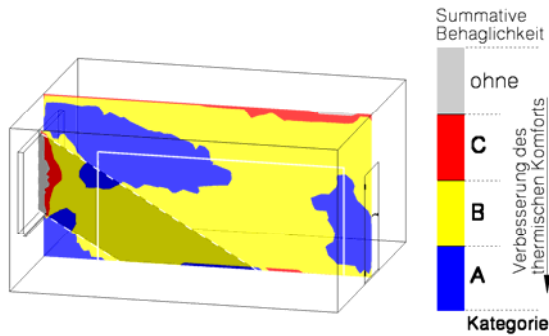


HK an Innenwand

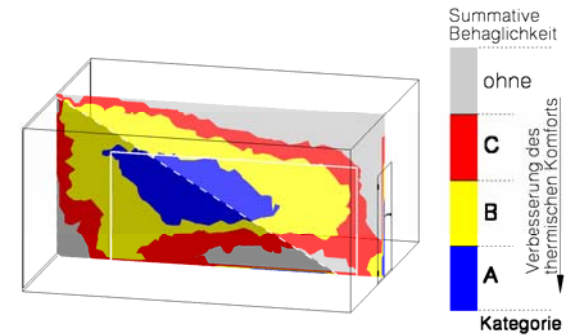
Zugluftrisiko
(Niedrigenergiehaus;
Luftwechsel $n = 0,50 \text{ h}^{-1}$;
breiter, schlitzförmiger ALD
unterhalb des Fensters)

Einfluss des Fensterflächenanteils

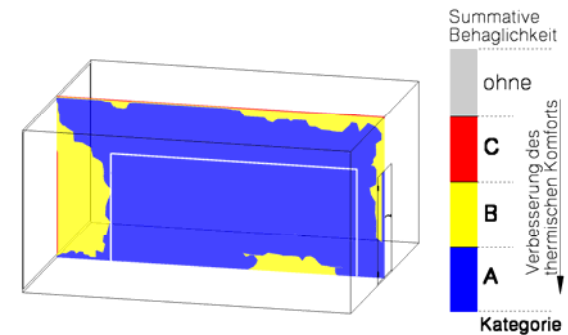
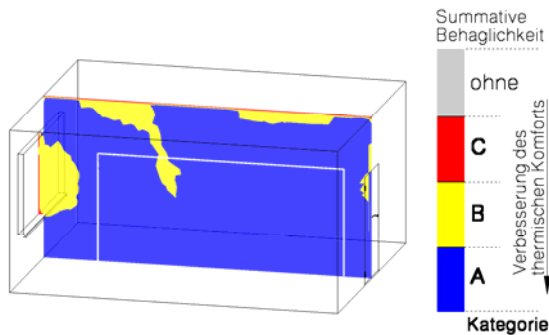
Anteil 30%



Anteil 100%



Ohne Verschattung

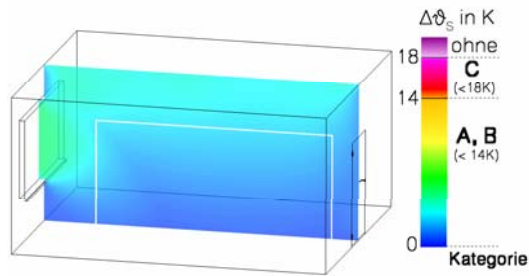


Mit fester Außenverschattung

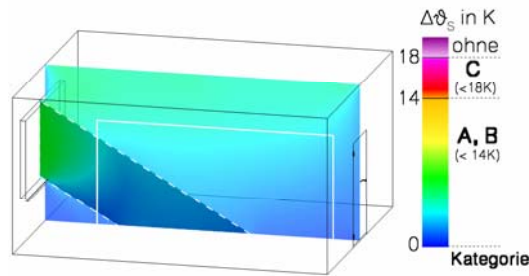
Summative thermische Behaglichkeit
(Strahlungs - Kühldecke; mittelschwere Bauweise)

Einfluss der Verschattung

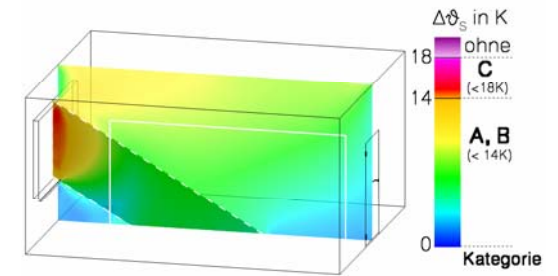
Feste Außenverschattung



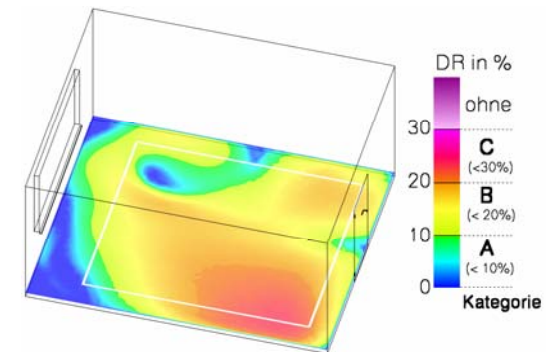
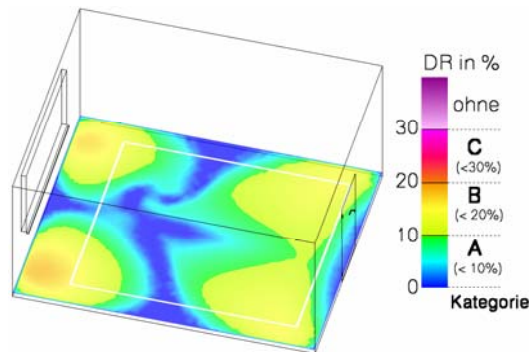
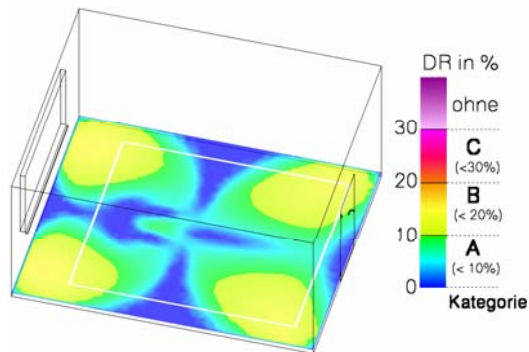
Außenjalousie



Ohne Verschattung



Maximale Strahlungsasymmetrie

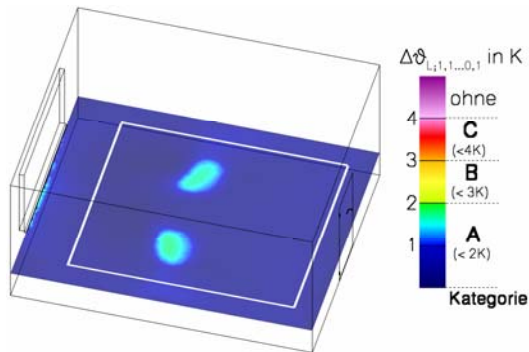


Zugluftrisiko

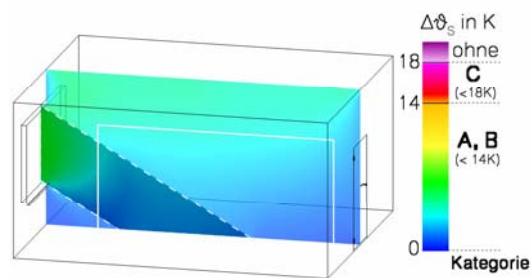
(Kühldecke mit 100% Deckenbelegung;
mittelschwere Bauweise; 30% Fensterflächenanteil)

Vergleich von Kühldecke und Kühlfußboden

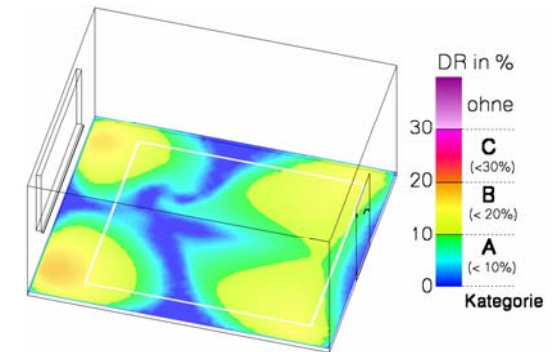
Vertikale Lufttemperaturdifferenz



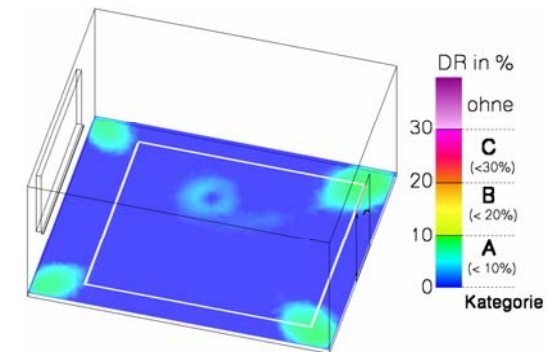
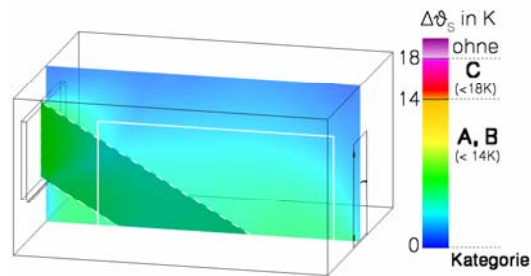
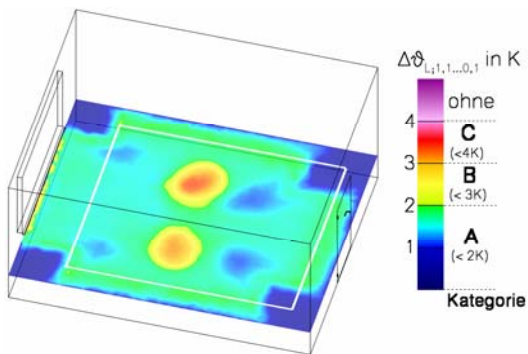
Maximale Strahlungsasymmetrie



Zugluftisiko



Strahlungs - Kühldecke mit 100 % Deckenbelegung

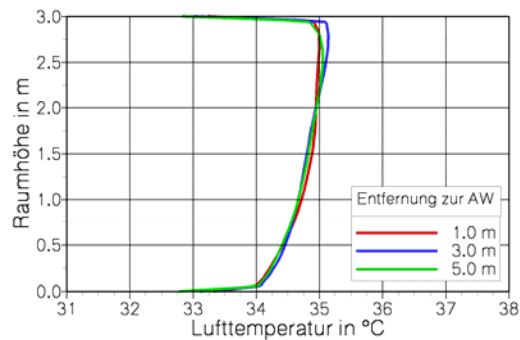


Kühlfußboden

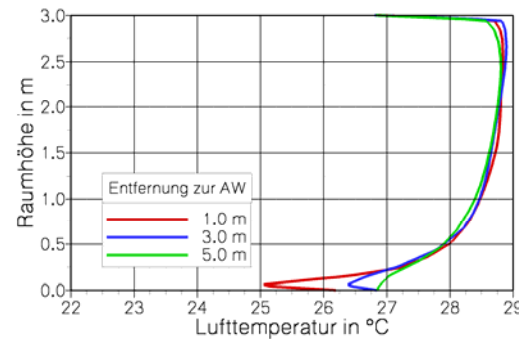
(Außenjalousie; mittelschwere Bauweise; 30% Fensterflächenanteil)

Kühlung mittels Heizkörper

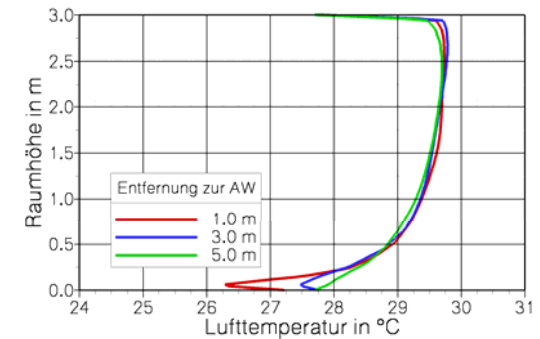
Raum ohne Kühlfläche (Vergleichsfall)



Raum mit Kühlfläche („Heizkörper“)



$t_{\text{Oberfl.}} = 18 \text{ °C}$

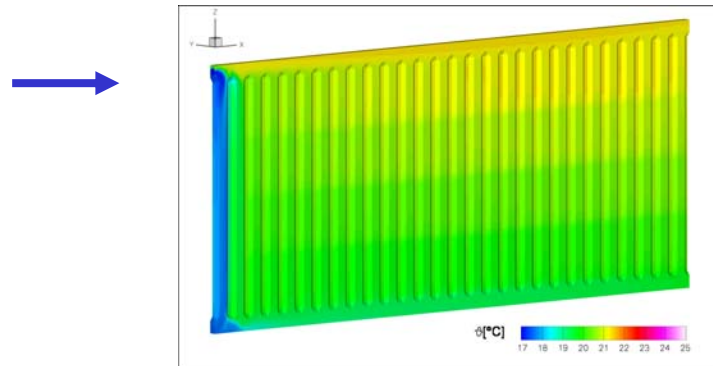


$t_{\text{Oberfl.}} = 20 \text{ °C}$

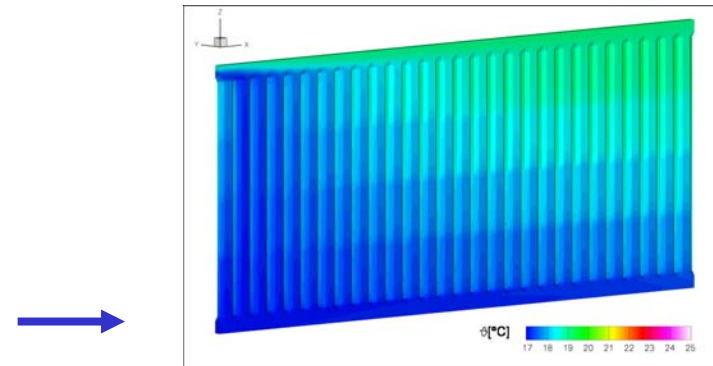
Höhenabhängiger Lufttemperaturverlauf

(Feste Außenverschattung; thermische Lasten entsprechend typischem Büroraum; mittelschwere Bauweise; 30 % Fensterflächenanteil)

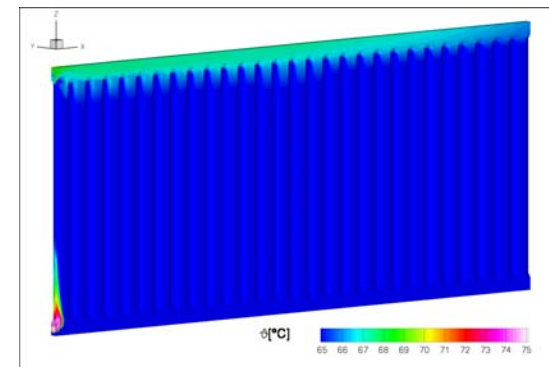
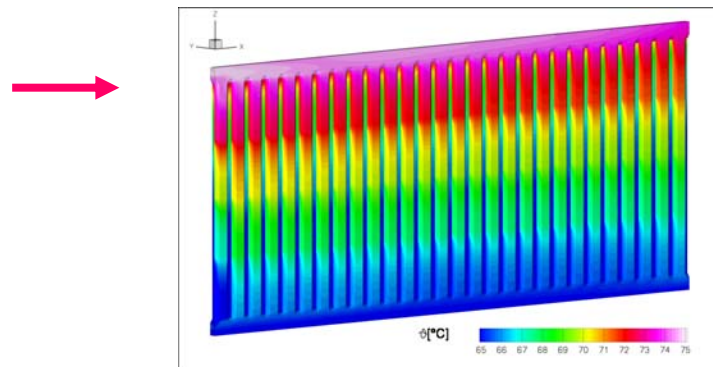
Vorlauf oben



Vorlauf unten



Kühlkörper



Heizkörper

**Oberflächentemperaturen von Heiz- und Kühlkörpern
bei verschiedenen Anbindungen für Vor- und Rücklauf**