Gerhart-Hauptmann-Schule Griesheim

Gemeinsam.lernen
Vielfalt.nutzen
Respekt.zeigen
Bildung

# Einladung

## zum Richtfest von U-CUBE

Forschungszentrum für Energieeffizienz und thermische Behaglichkeit

am 20. September 2017

Programm

| | |
|---|---|
| 9:00 | Ankunft mit Kaffee |
| 10:00 | Grußworte |
| 10:20 | Vorträge |

Prof. Dr. Zahout-Heil
Hochschule Darmstadt

Prof. Dr. Kosack
TU Kaiserslautern

Dipl. Ing. Mauthe
Energieberater

Dr. Milan Dlabal
U-CUBE

| | |
|---|---|
| 12:00 | Spaziergang zum U-CUBE Messgelände |
| 12:15 | Besichtigung, Erfrischungen, Photos, Gespräche und fröhliches Beisammensein |

WO?

Aula der Gerhart Hauptmann Schule Griesheim
Goethestr. 99, 64347 Griesheim
Tel: +49 6155 8754-0

P.S.: Bitte bei schlechtem Wetter den Regenschirm nicht vergessen - gutes Wetter wurde bestellt!

# U-CUBE

## Forschungszentrum für Energie-Effizienz und thermische Behaglichkeit

## Aktuelle Forschungsvorhaben 2017 / 18

- Untersuchung der Variation der Bestrahlungsstärke auf dem Messgelände
- Mikroklimatische Variation von Wetterdaten und deren Einfluss auf die Gebäudehülle
- Der effektive U-Wert von Brettsperrholzkuben mit und ohne IR-reflektierende Innenisolierung unter verschiedenen Heizungsarten bei optimierter thermischer Behaglichkeit
- Klassifizierung von Wärmeübertragungssystemen durch den Strahlungswirkungsgrad
- Die Wechselwirkung unterschiedlicher Strahlungsheizungen auf Gebäudehülle und Raumklima
- Einfluss des Regelalgorithmus auf die Energieeffizienz eines Gebäudes
- Entwicklung einer „denkenden“ Steuerung von Lüftung und Heizung unter Behaglichkeitskriterien
- Einfluss des Menschen auf die Behaglichkeit einer Wohnumgebung

Gerhart-Hauptmann-Schule
Goethestraße 99
D-64347 Griesheim

Tel: +49 6155 8754-0
Fax: +49 6155 8754-19

U-CUBE Messgelaende
Am Schwimmbad 10
D-64347 Griesheim

Mail: ghs_griesheim@schulen.ladadi.de
web: ghs-griesheim.eu

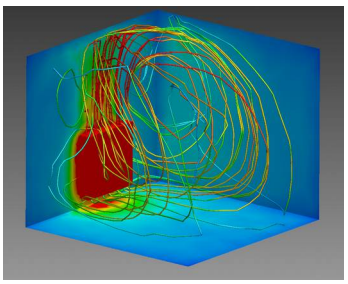
Leitung:
Dr. Milan Dlabal, Dipl. Phys.

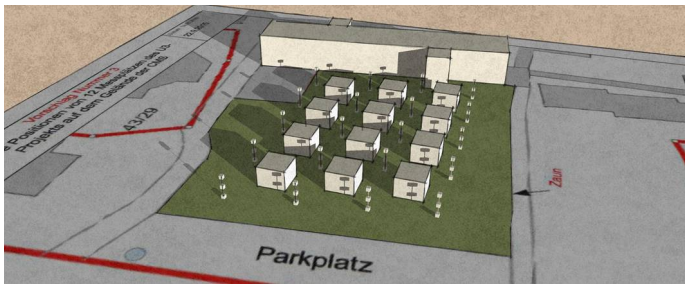
Tel: +49 1578 8655296
Mail: info@u-cube.org
web: u-cube.org

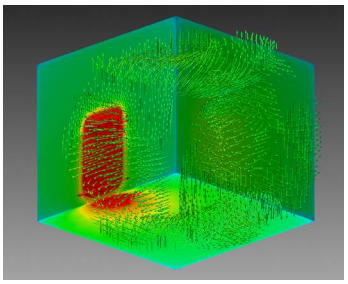
# U-CUBE

## Forschungszentrum für Energie-Effizienz und thermische Behaglichkeit

Auf dem Gelände, das der Landkreis Darmstadt-Dieburg für mindestens 5 Jahre zur Verfügung stellt, sind 12 Messplätze, auf denen 3 x 3 m Kuben aus spezifischen Baumaterialien errichtet werden. In jedem Kubus können verschiedene, nach DIN 7730 (Behaglichkeit) geregelte Heizungen untersucht werden. Ein 3D-Gitter aus 80 Wetterstationen erfasst die klimatischen Verhältnisse mit hoher Präzision und erlaubt vergleichende Messungen. Das experimentelle Design garantiert eine hohe Signifikanz und Überprüfbarkeit der gemessenen Daten.





U-CUBE kann Simulationen von Wärmeübertragungssystemen mit verschiedenen Strahlungswirkungsgraden im Freilandlabor experimentell überprüfen und physikalische Modelle für heizungsartabhängige U-WERTE generieren. Dazu kann auch der Wärmedurchgangswiderstand von Bauteilschichten ermittelt werden, die nicht durch gängige Normen quantifiziert werden können (z.B. IR-reflektive Innendämmung). Am Beispiel von Massivholzkuben kann der Einfluss der Wandstärke untersucht werden. In unseren 4 Massivholzkuben mit 10 und 18 cm Wandstärke haben erste Messungen begonnen.

Gerhart-Hauptmann-Schule
Goethestraße 99
D-64347 Griesheim

Tel: +49 6155 8754-0
Fax: +49 6155 8754-19

U-CUBE Messgelaende
Am Schwimmbad 10
D-64347 Griesheim

Mail: ghs_griesheim@schulen.ladadi.de
web: ghs-griesheim.eu

Leitung:
Dr. Milan Dlabal, Dipl. Phys.

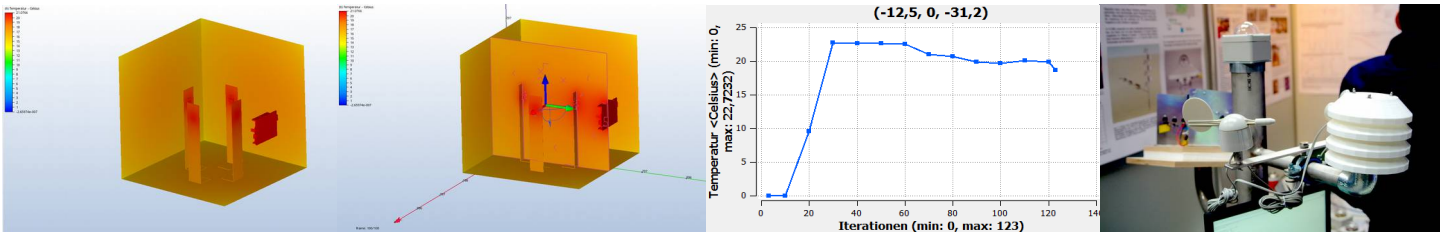
Tel: +49 1578 8655296
Mail: info@u-cube.org
web: u-cube.org

# U-CUBE

## Forschungszentrum für Energie-Effizienz und thermische Behaglichkeit

## Klimakalibrierung

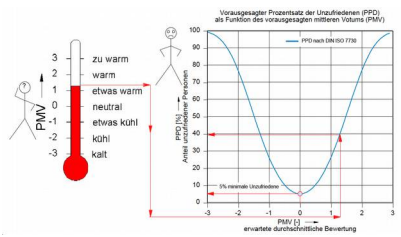
Ein wesentliches Problem bei der wissenschaftlichen Untersuchung des thermischen Verhaltens von Gebäuden ist die fehlende Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Standorten. Hierfür ist es notwendig, die klimatischen Rahmenbedingungen zu beachten. Die Praxis der iterierten Klimakorrekturfaktoren nach EnEV ist dafür nicht geeignet.

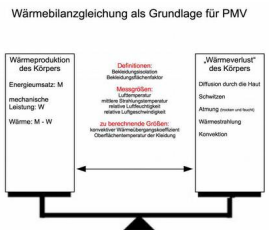


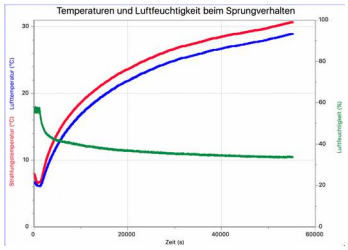

U-CUBE verwendet ein Netz aus 60 kalorimetrischen Kuben, in denen ein nach Takahashi parametrisierter PID-Regler die Temperatur auf 20°C +/- 0,1K hält. Aufwendige Simulationen und Tests garantieren eine isotrope Temperaturverteilung und damit eine symmetrische Erfassung von Klimafaktoren. Die Kalibrierungskuben werden durch 80 Wetterstationen mit Temperatur (+/-0,1K), Luftfeuchtigkeit (+/- 2%), Windgeschwindigkeit (+/- 0,1m/s) und Windrichtung (+/- 10°) sowie 20 Pyranometern (+/- 0,1 W/qm) ergänzt. Sämtliche Hardware und Software wurde von U-CUBE selbst entwickelt und erlaubt zuverlässige Kontrolle und Fehlerabschätzung. Unser Pyranometer wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt ausgezeichnet.

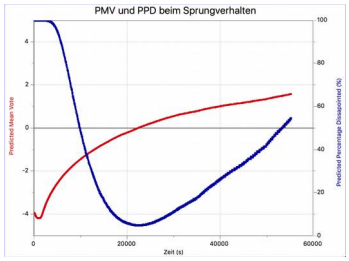
## Behaglichkeitsregelung

Durch die verschiedenen Strahlungswirkungsgrade verschiedener Wärmeübertragungssysteme kann man Heizungen nicht über die Lufttemperatur vergleichen. U-CUBE ermittelt aus präzisen Messungen der Strahlungstemperatur, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit die thermische Behaglichkeit nach DIN 7730 in Echtzeit. Die Hard- und Software wurde von U-CUBE entwickelt und garantiert eine exakte Berechnung des PMV <u>ohne</u> die bei konventionellen Behaglichkeitsmessgeräten infolge der Iterationszyklen des Stefan-Boltzmann-Gesetzes auftretenden Binärfehler mit Abweichungen bis 200%.




Gerhart-Hauptmann-Schule
Goethestraße 99
D-64347 Griesheim

Tel: +49 6155 8754-0
Fax: +49 6155 8754-19

U-CUBE Messgelaende
Am Schwimmbad 10
D-64347 Griesheim

Mail: ghs_griesheim@schulen.ladadi.de
web: ghs-griesheim.eu

Leitung:
Dr. Milan Dlabal, Dipl. Phys.

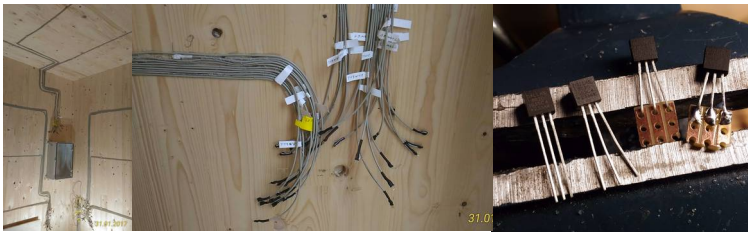
Tel: +49 1578 8655296
Mail: info@u-cube.org
web: u-cube.org

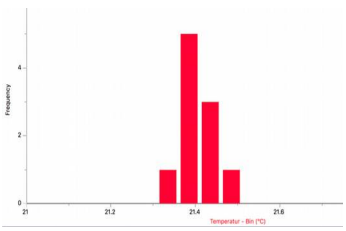
# U-CUBE

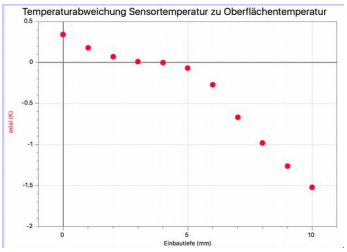
## Forschungszentrum für Energie-Effizienz und thermische Behaglichkeit

## Temperatursensoren

Wir verwenden DALLAS DS18B20 Temperatursensoren sowohl für die Lufttemperatur, als auch für Wand- und Oberflächentemperaturen. Die Sensoren haben eine Auflösung von 6/100K und nach Kalibrierung eine Genauigkeit von +/-0,1K. Zur Messung der Oberflächentemperatur werden die Sensoren axial 3mm tief eingebaut und das Kabel 10 cm mit Aluminiumfolie geschirmt. In jede Wand können bis zu 60 Temperatursensoren eingebaut werden - insgesamt können in jedem Messkubus 420 Temperaturwerte erfasst werden. Wandtemperaturen werden in 1/4, 1/2, 3/4 und beiden Oberflächen erfasst. Unsere Arbeit zur Messung der Oberflächentemperatur wurde von der Deutschen Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e.V. ausgezeichnet.





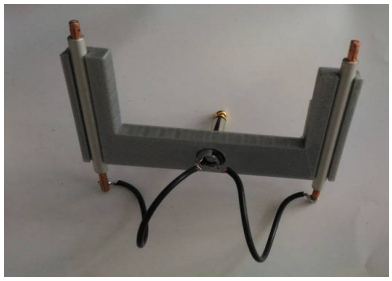



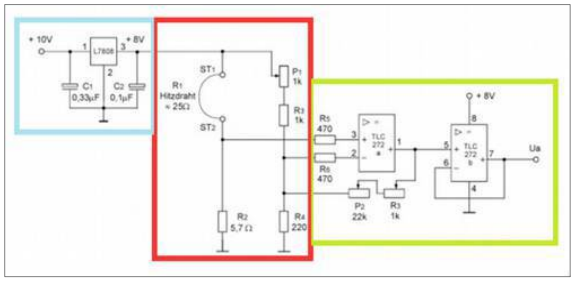

## Feuchtigkeitssensoren

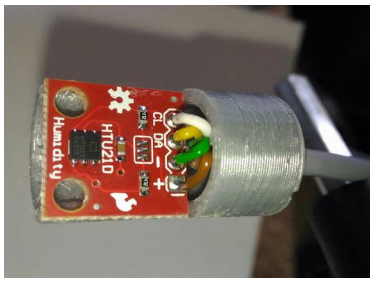
Wir verwenden MEAS HTU21D Sensoren mit einer Genauigkeit von +/-2% relative Feuchte und integriertem Temperatursensor mit einer Genauigkeit von +/-0.3K. Die Feuchtigkeitssensoren messen die Holzfeuchte in jeder Wand bei 1/4 und 3/4 sowie die Luftfeuchtigkeit an 4 Raumpositionen.

## Anemometer

Wir haben ein Hitzdrahtanemometer entwickelt, das mit 10cm Hitzdraht einen wesentlich größeren Bereich der Raumluft erfasst, als konventionelle Anemometer (ca. 1mm). Die Messwerte können in Echtzeit für die PMV-Berechnung verwendet werden. Die Genauigkeit beträgt +/-0,01m/s.







Gerhart-Hauptmann-Schule
Goethestraße 99
D-64347 Griesheim

Tel: +49 6155 8754-0
Fax: +49 6155 8754-19

U-CUBE Messgelaende
Am Schwimmbad 10
D-64347 Griesheim

Mail: ghs_griesheim@schulen.ladadi.de
web: ghs-griesheim.eu

Leitung:
Dr. Milan Dlabal, Dipl. Phys.

Tel: +49 1578 8655296
Mail: info@u-cube.org
web: u-cube.org

# U-CUBE

## Forschungszentrum für Energie-Effizienz und thermische Behaglichkeit

## Der U-WERT bei U-CUBE

In den paarweise identischen Messkuben kann der heizungsabhängige U-WERT oder der U-WERT von zusätzlichen Bauteilschichten experimentell mit hoher Genauigkeit ermittelt werden.

Nach ISO EN 6967 gilt für den Wärmedurchgangskoeffizient:

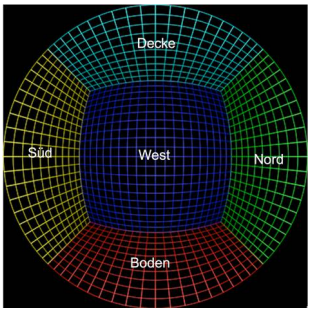
$$Q = U(T_i - T_a) A \Delta t \qquad \frac{1}{U} = R = R_{si} + \sum R_i + R_{sa}$$

$$U_{Bauteilschicht} = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{(T_1 - T_a) \cdot A \cdot \Delta t \cdot (Q_1 - Q_2)}$$

Durch die Krinner-Schraubfundamente ist jeder Kubus auf allen 6 Seiten von Luft umgeben und gibt gemäß der U-WERT-Definition Wärme an Luft mit der jeweiligen Außentemperatur ab. Durch präzise Erfassung der Oberflächentemperaturen kann der Wärmefluss gemessen werden.

## Der Strahlungswirkungsgrad bei geregeltem PMV

Im instationären Zustand während des Regelbetriebes schwanken sowohl die Temperaturen der Hüllflächen, als auch die Temperatur der Heizungsoberfläche. Wir ermitteln für jeden Heizkörper den Emissionsgrad der Oberfläche nach der Referenzflächenmethode und messen den Strahlungswirkungsgrad in Echtzeit als Quotienten aus der Wirkleistung und der Strahlungsleistung. Durch die kubische Geometrie der Hüllflächen kann aus den Oberflächentemperaturen aller Flächen mit der Strahlungsaustauschformel und dem Stefan-Boltzmann-Gesetz die Strahlungsleistung in den Halbraum ermittelt werden.




Links sieht man die Nusselt-Projektion des Würfels auf die Halbkugel des Sichtfeldes. Die fünf Flächen erscheinen als Raumwinkel, der mit dem Cosinus des Einfallswinkels gewichtet werden muss. Beim Kubus tragen alle fünf Flächen zu einem Fünftel zum Strahlungsaustausch bei, so dass mit dem Temperaturmittelwert gerechnet werden kann.

$$F_{ij} = \frac{1}{\pi A} \int dA_1 \int \cos\beta_1 \, d\Omega_2 \qquad \Omega_{west} = 4 \arctan \frac{1}{2\sqrt{6}} \qquad \Omega_{süd} = \frac{2\pi - \Omega_{west}}{4}$$

$$\dot{Q}_i = \sigma_i A_i \cdot \left(\epsilon_i T^4 - \frac{\epsilon_j}{5} \sum T_j^{\,4}\right)$$


Gerhart-Hauptmann-Schule
Goethestraße 99
D-64347 Griesheim

Tel: +49 6155 8754-0
Fax: +49 6155 8754-19

U-CUBE Messgelaende
Am Schwimmbad 10
D-64347 Griesheim

Mail: ghs_griesheim@schulen.ladadi.de
web: ghs-griesheim.eu

Leitung:
Dr. Milan Dlabal, Dipl. Phys.

Tel: +49 1578 8655296
Mail: info@u-cube.org
web: u-cube.org