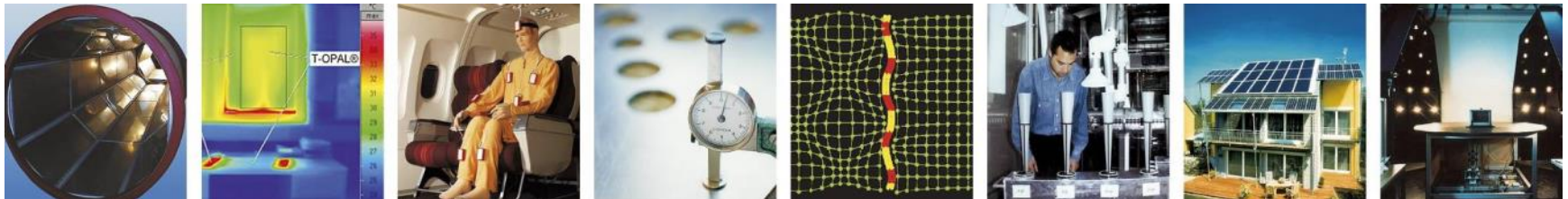

Sanierungskonzepte mit hohem Wirkungsgrad - Praxisbeispiele

Gunnar Grün, 28.11.2016, Benediktbeuern

Auf Wissen bauen



Agenda

- Forschungsprojekt „Innovative Wandheizungssysteme“
- Forschungsprojekt „Substitution von Nachtstromspeicherheizungen durch hocheffiziente Niedertemperaturflächenheizungen“
 - Komfortbewertung mittels Äquivalenttemperatur: EnviScan

Forschungsprojekt „Innovative Wandheizungssysteme“

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Optimierung von Wandheizungssystemen unter realen Bedingungen für Altbausanierung und Denkmalpflege

Untersuchung zu Energie und Exergie, zu Behaglichkeit und hygrothermischen Fragestellungen

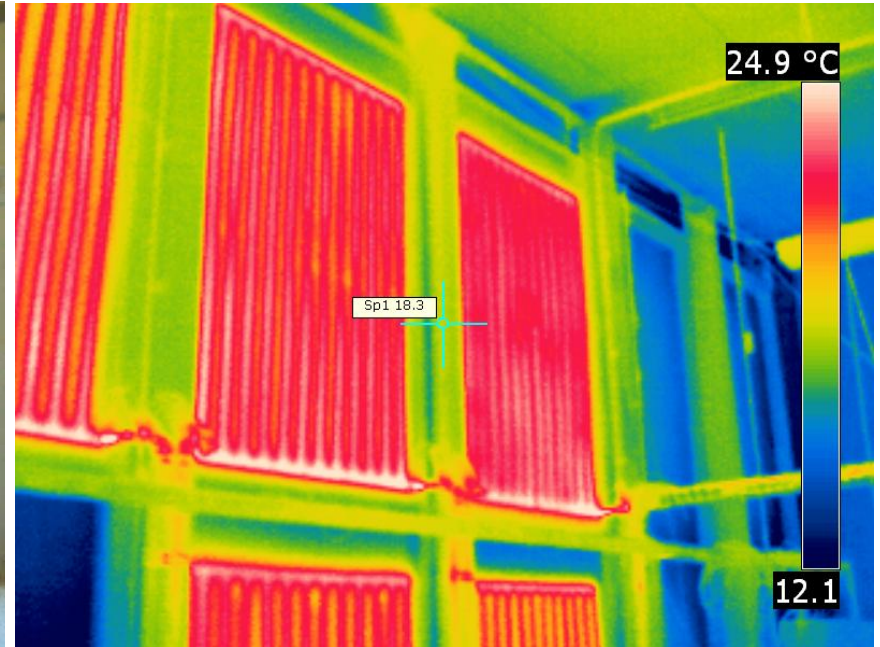
- Vorversuche auf dem IBP Freigelände
- Messungen im Fraunhofer-Zentrum in Benediktbeuern ab 2011
- Rechnerische Parameterstudien



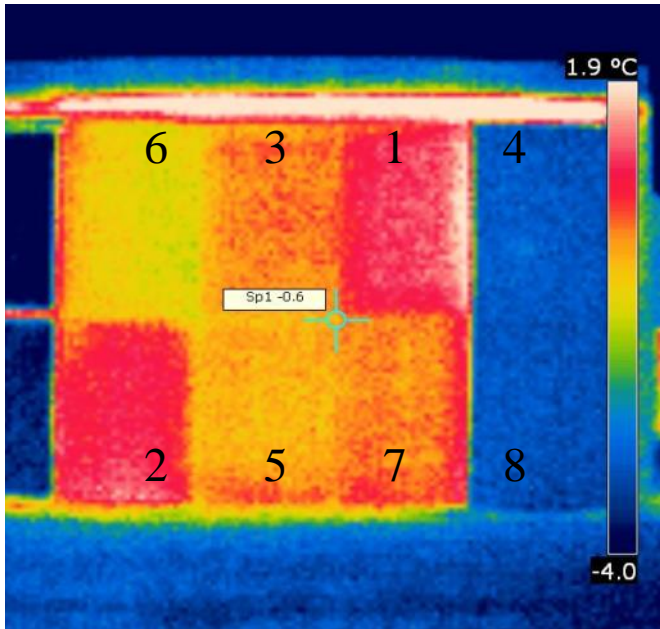
Parallele Vorversuche an der Freilandversuchsstelle Holzkirchen



Multifunktionsprüfstand

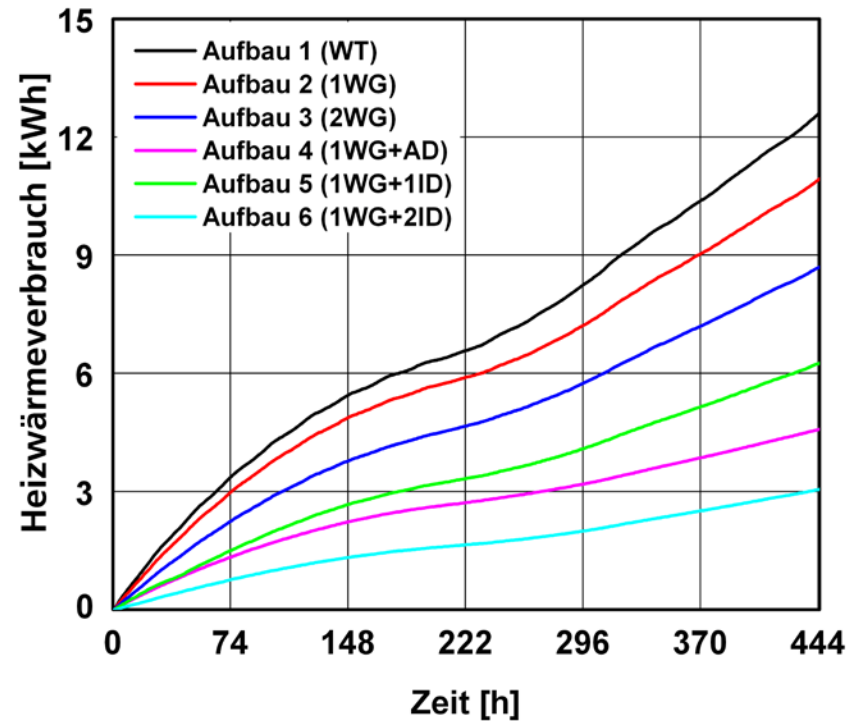


Ergebnisse Multifunktionsprüfstand

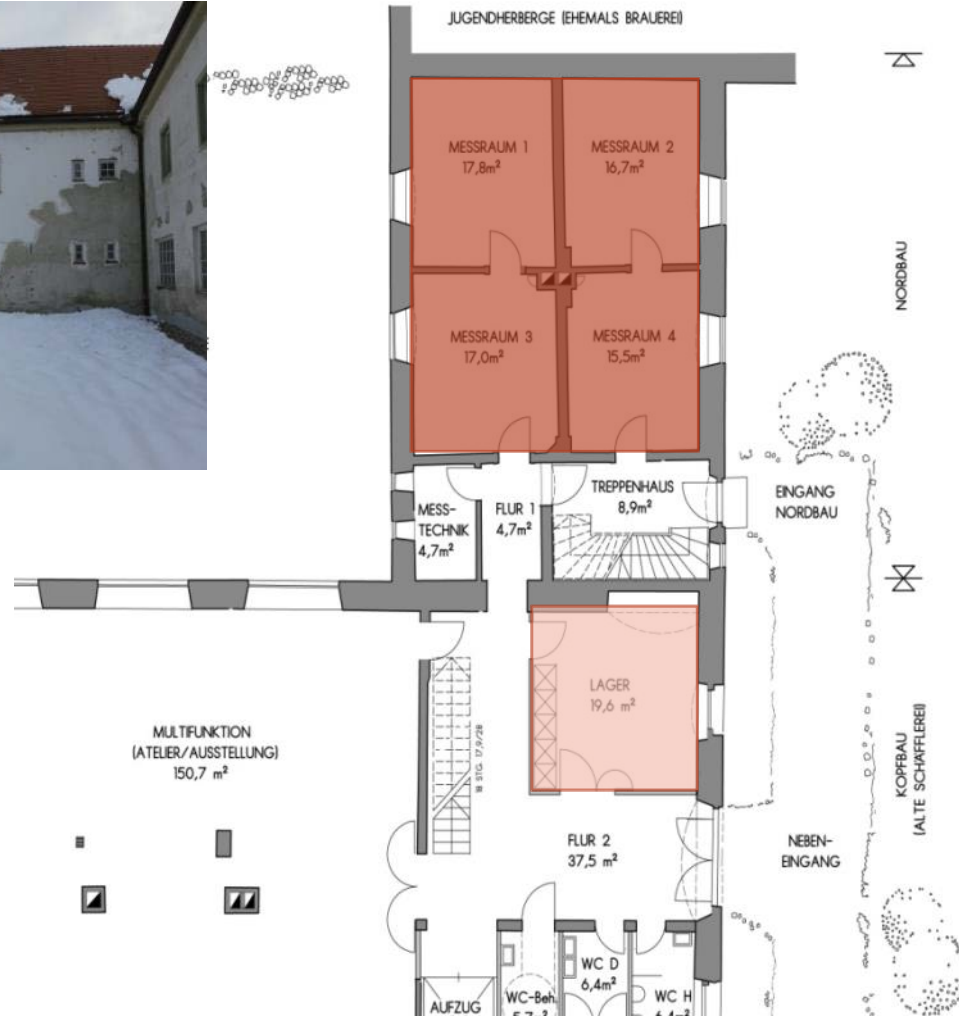


Feld 7 ohne Wandheizung / ohne Dämmung

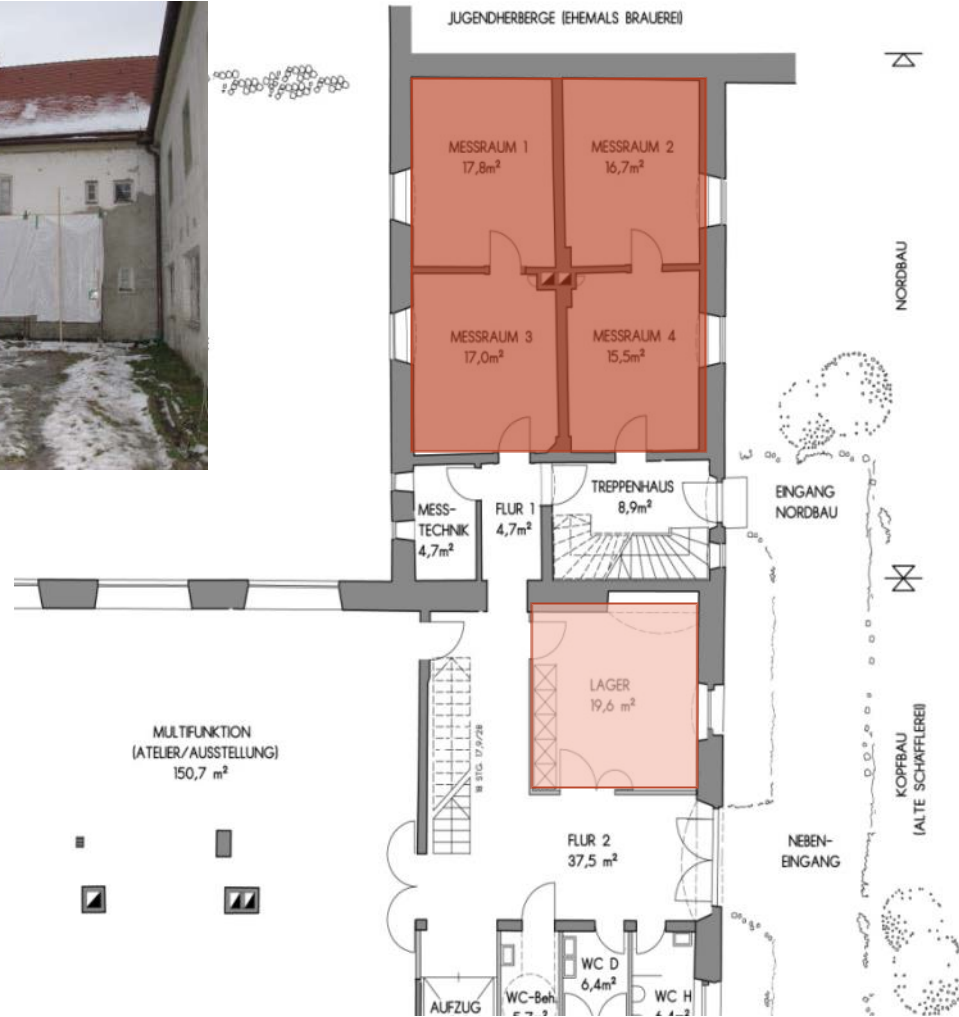
Feld 8 mit Außendämmung ohne Wandheizung



Untersuchungen in Benediktbeuern

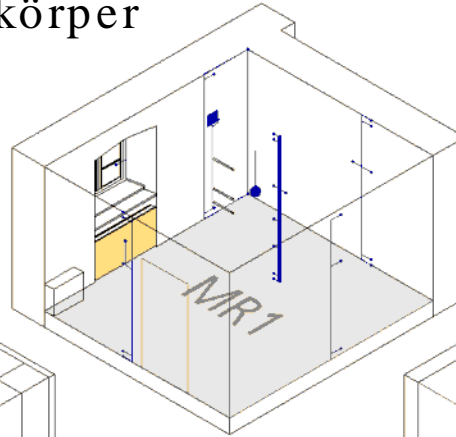


Untersuchungen in Benediktbeuern

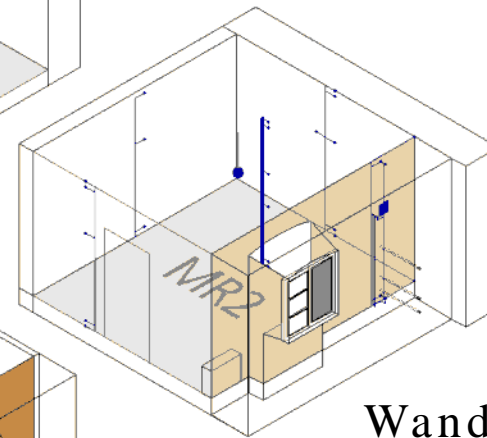
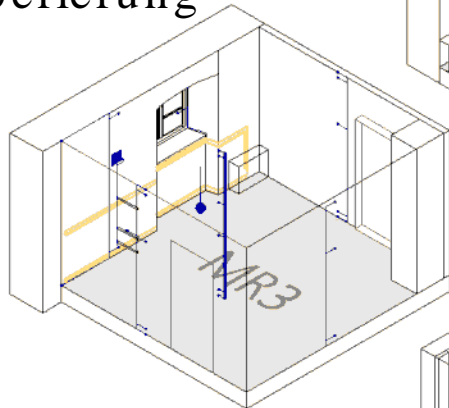


Vergleich von vier Systemen in vier Messräumen

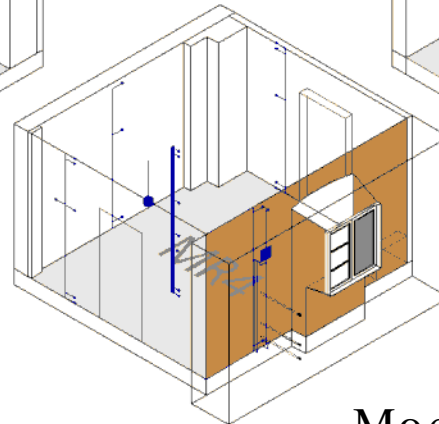
Strahlungsheizkörper



Bauteiltemperierung



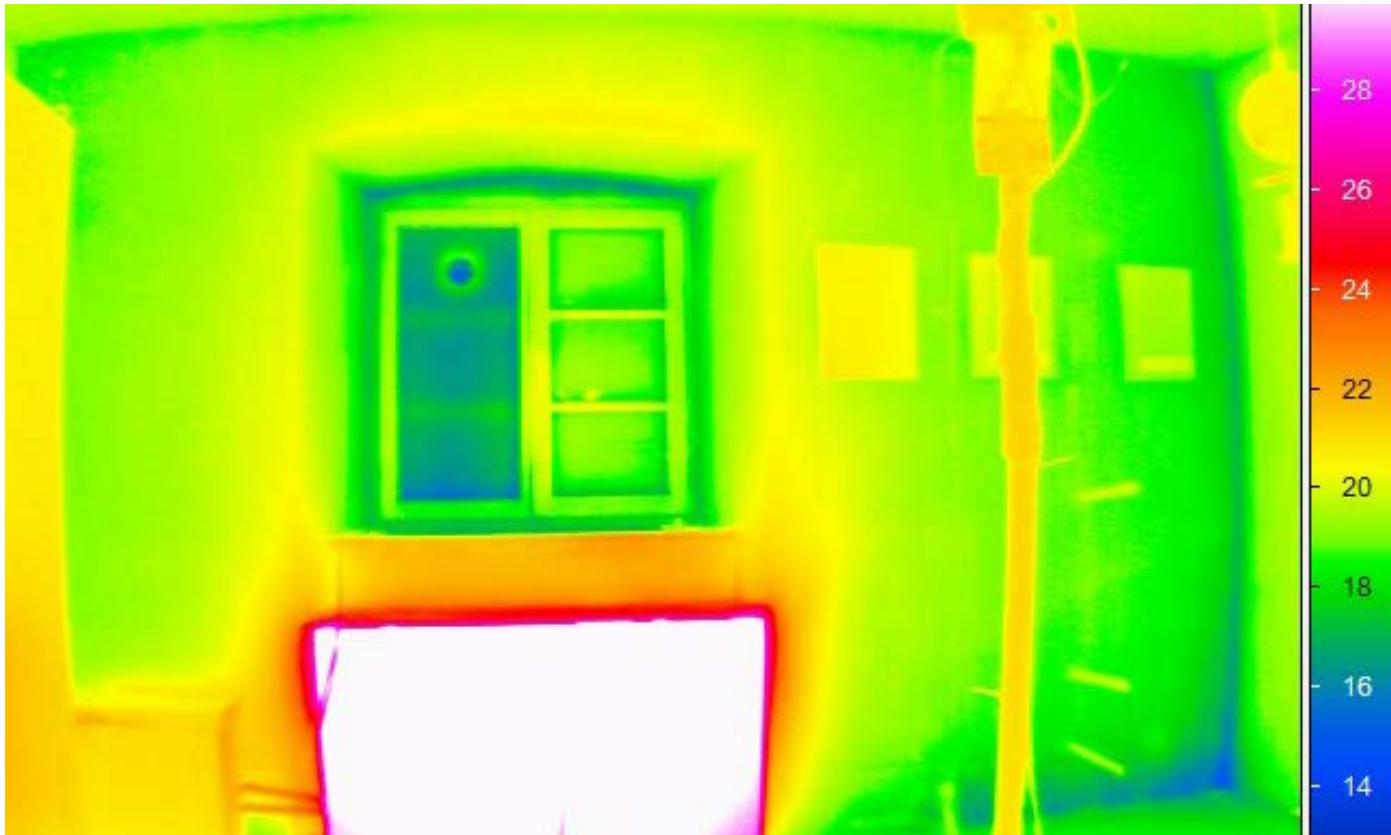
Wandheizung mit
Entkopplungsmatte



Modulare Wandheizung

Vergleich von vier Systemen in vier Messräumen

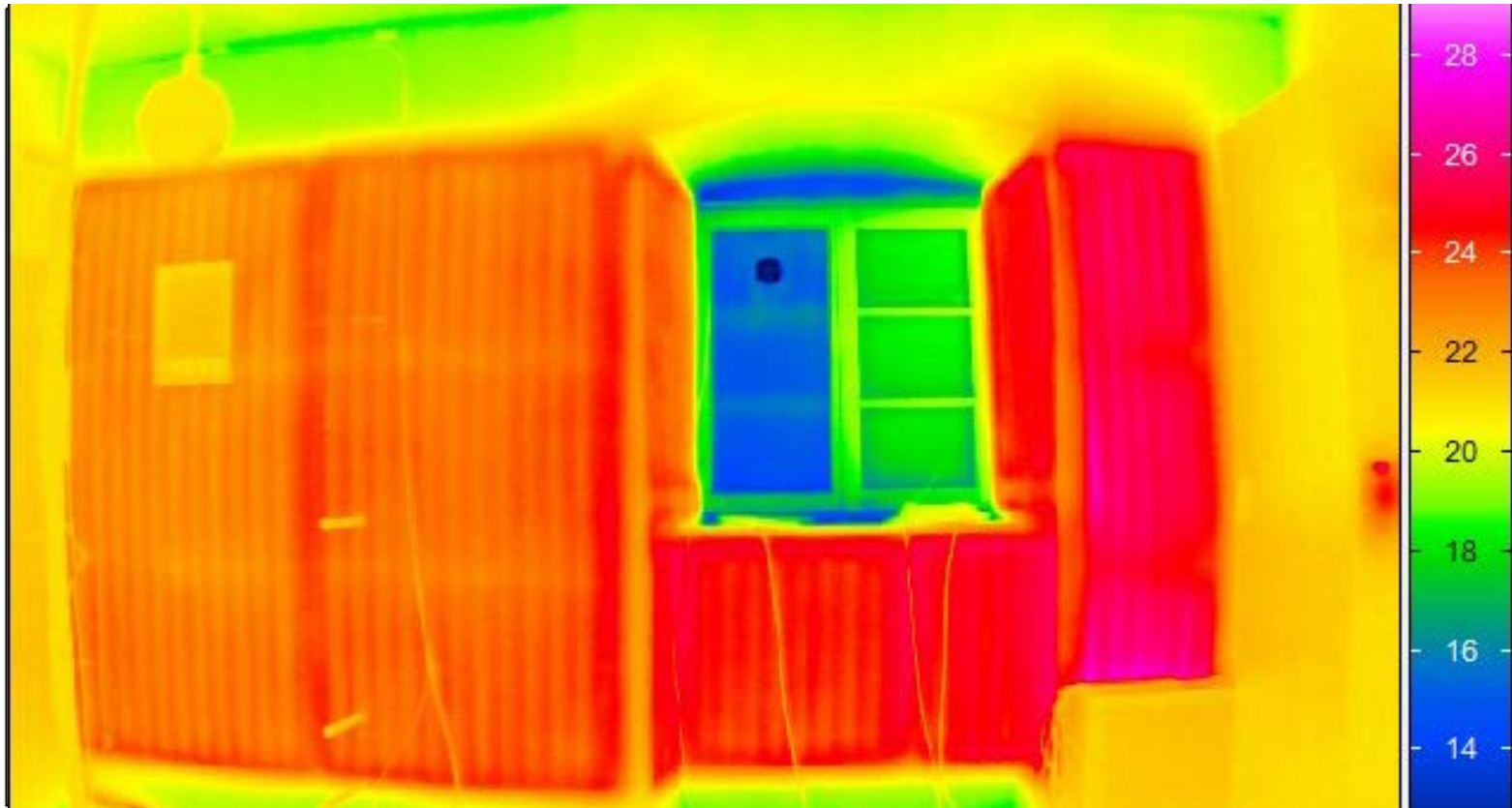
Messraum 1: Strahlungsheizkörper



Wandansicht mit schematische Anordnung des Strahlungsheizkörpers.
IR: Das IR-Bild zeigt den Strahlungsheizkörper (hellrot-weiß) im Betrieb .

Vergleich von vier Systemen in vier Messräumen

Messraum 2: Wandheizung mit Entkopplungsmatte

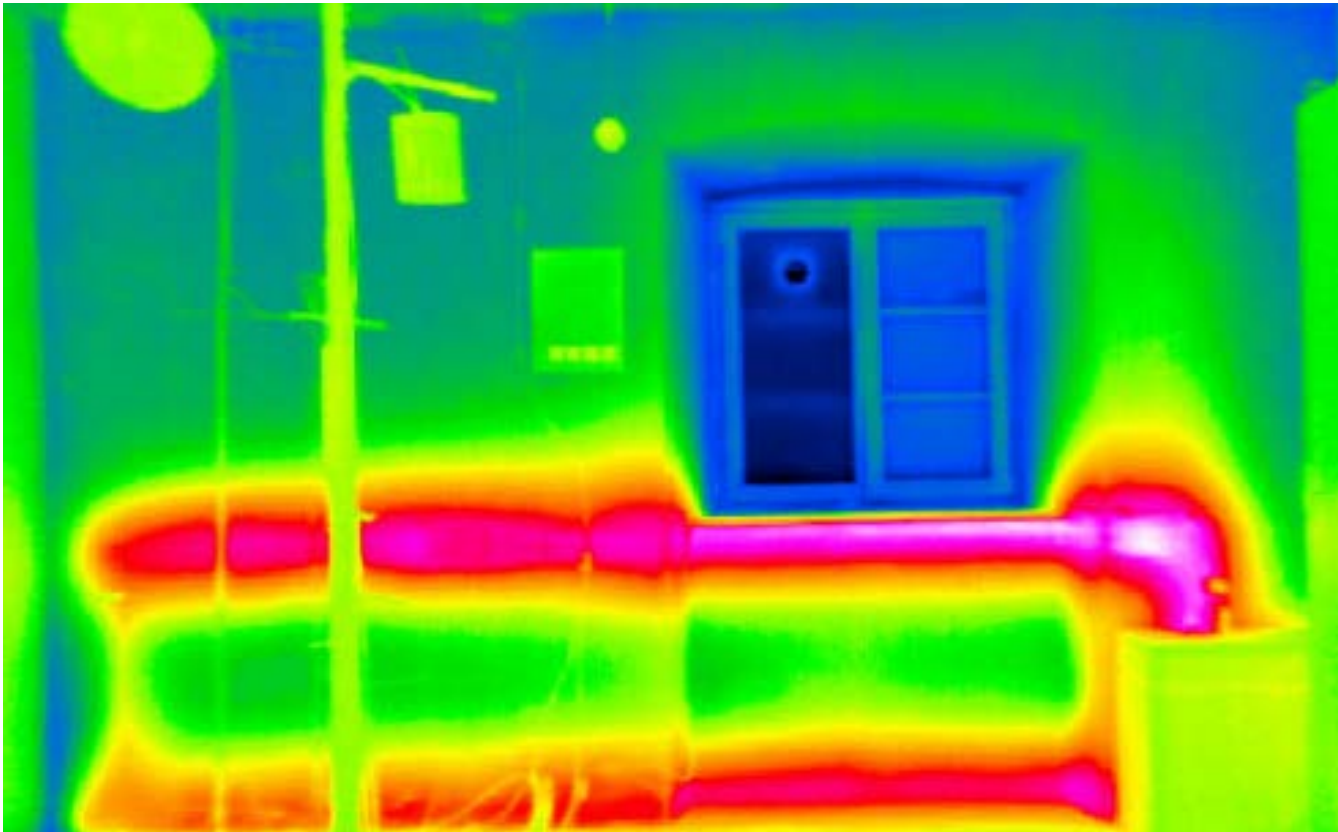


Schematische Darstellung des Verlaufs der Heizrohre der Wandheizung

IR: Das IR-Bild zeigt die Wandheizung (rot) im Betrieb

Vergleich von vier Systemen in vier Messräumen

Messraum 3: Bauteiltemperierung

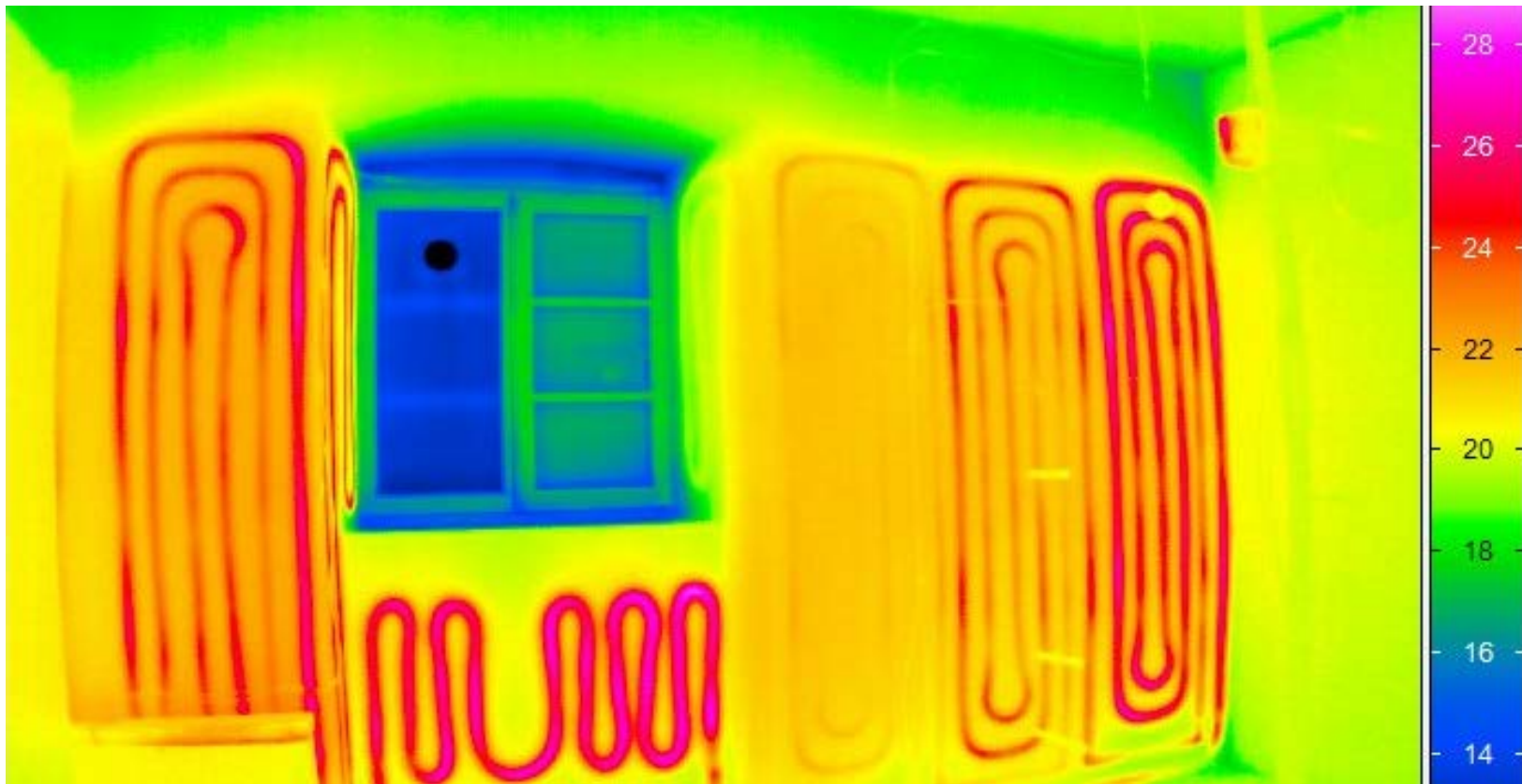


Schematische Darstellung des Verlaufs der Heizrohre der Temperierung.

IR: Das IR-Bild zeigt die Temperierung (rot) im Betrieb

Vergleich von vier Systemen in vier Messräumen

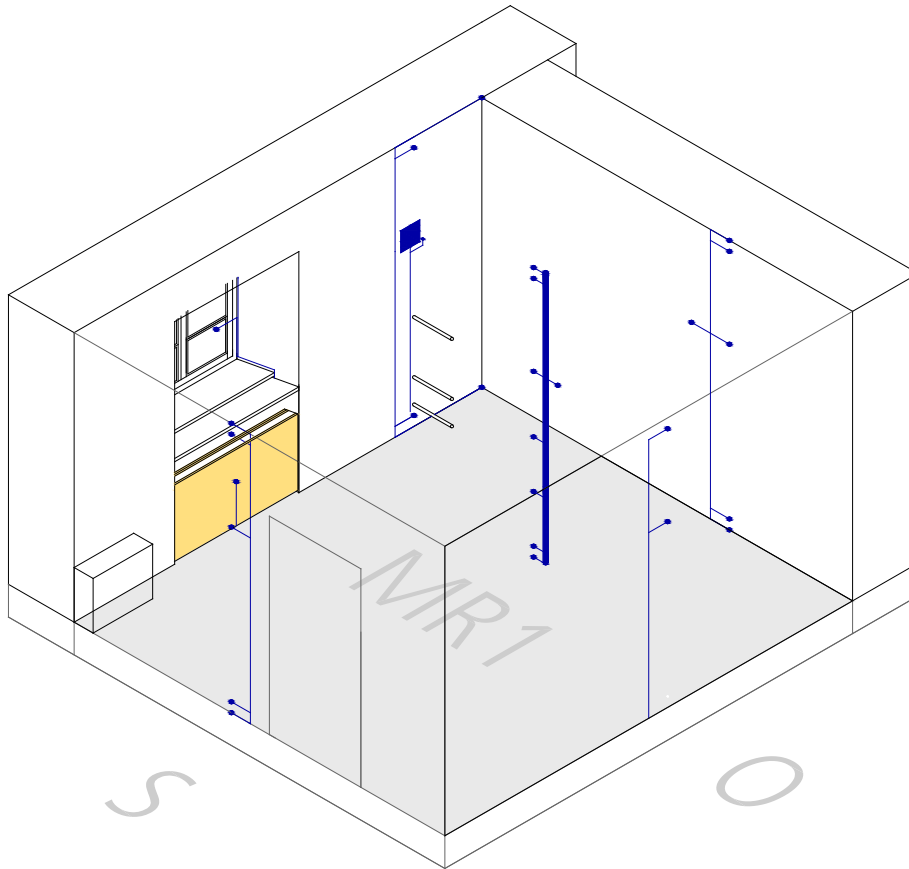
Messraum 4: Modulare Wandheizung



Schematische Darstellung des Verlaufs der Heizrohre der Wandheizung

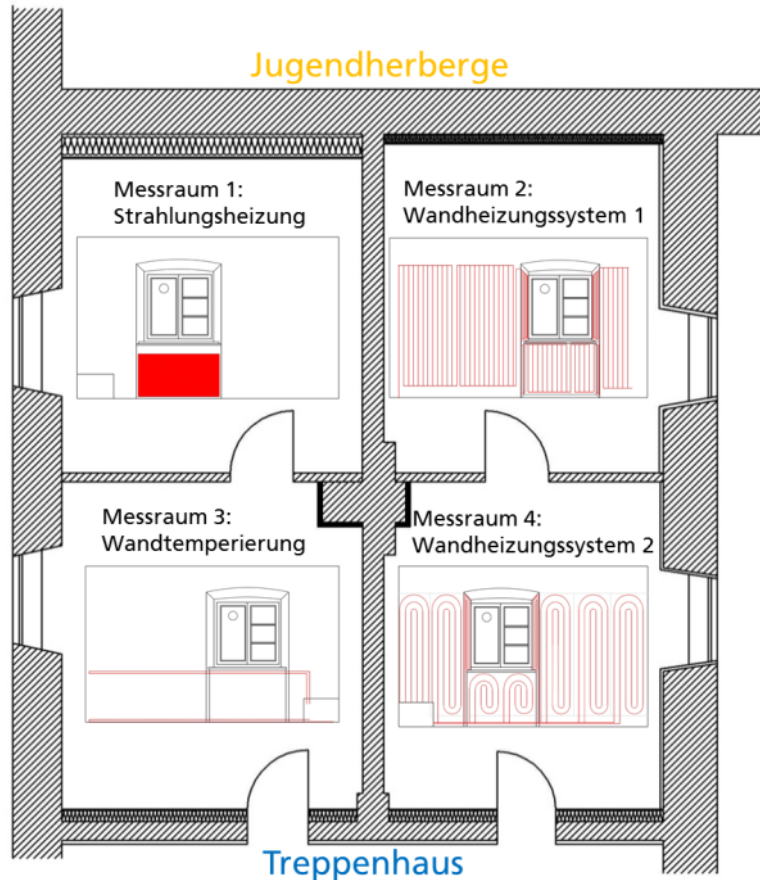
IR: Das IR-Bild zeigt die Wandheizung (rot) im Betrieb

Messtechnisches Konzept



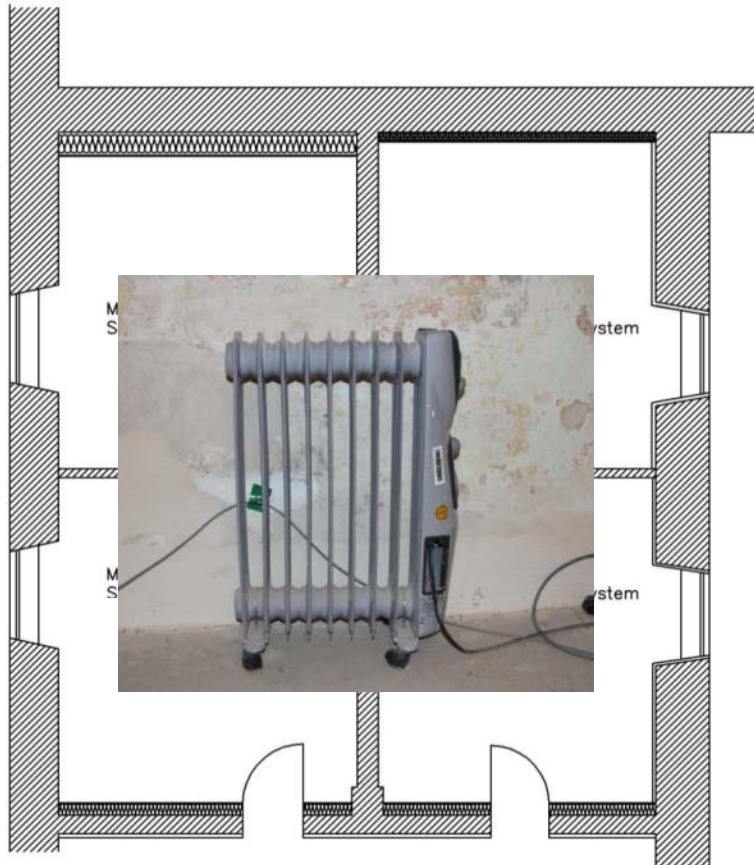
- Heizleistung
- Thermische Behaglichkeitsgrößen
- Temperaturniveau zur Präventiven Konservierung
- Betrachtung von Bauteileigenschaften

Maßnahmen zur Herstellung der Vergleichbarkeit

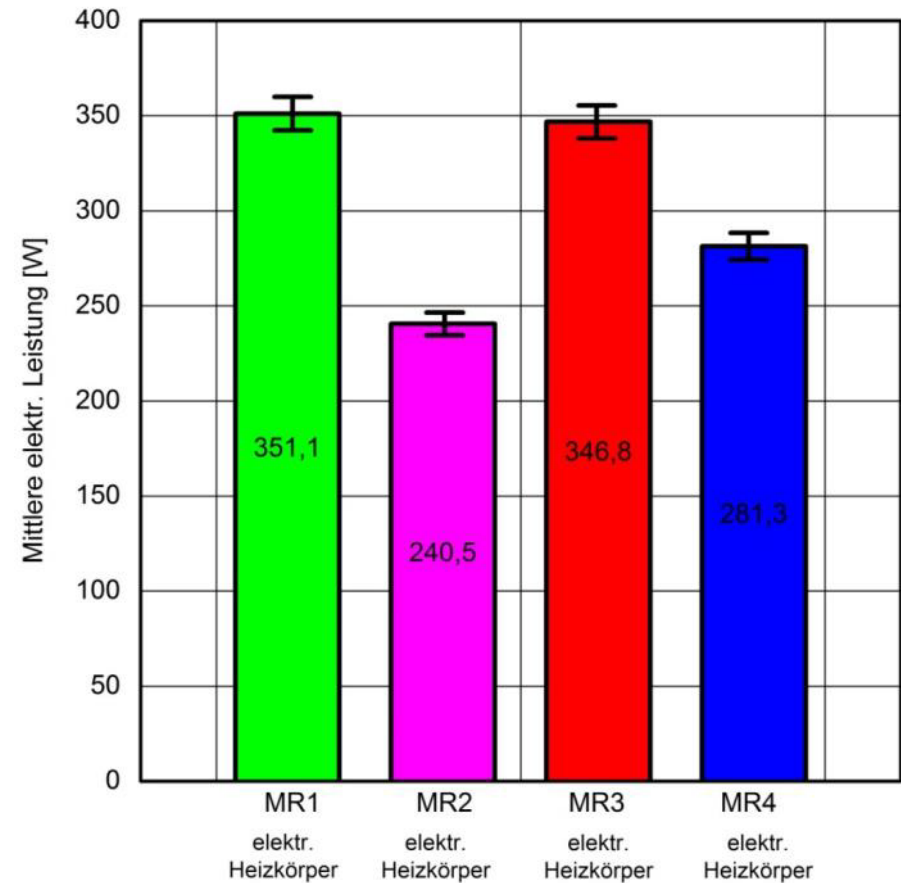


- Verschattung der Außenwände
- Mechanische Lüftung für alle vier Räume
- Dämmung des Bodens im EG und im OG
Wand zur Jugendherberge
Wand zum Treppenhaus
- Abkleben der Fenster mit Spiegelfolie
- Reversibler Einbau dichter Türen zum Treppenhaus
- Definierte Beheizung des Treppenhaus EG

Referenzmessung 19. Februar – 09. März 2014



Nullmessung mit elektrischen Heizkörpern
im Zeitraum 19.02.2014 bis 10.03.2014

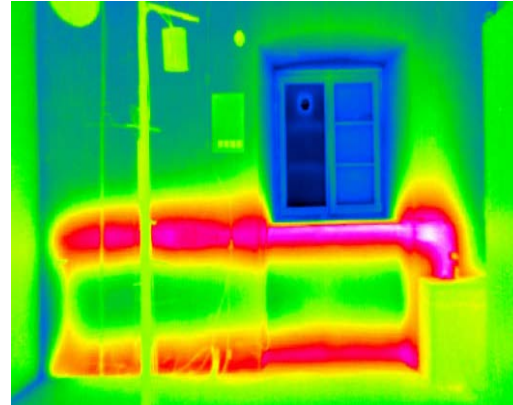


Bilanzierung und Vergleich der Systeme

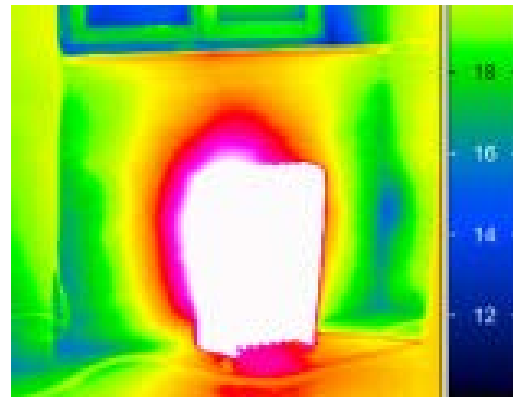
Leistungs-
Vergleich

=

jeweiliges
Heizsystem



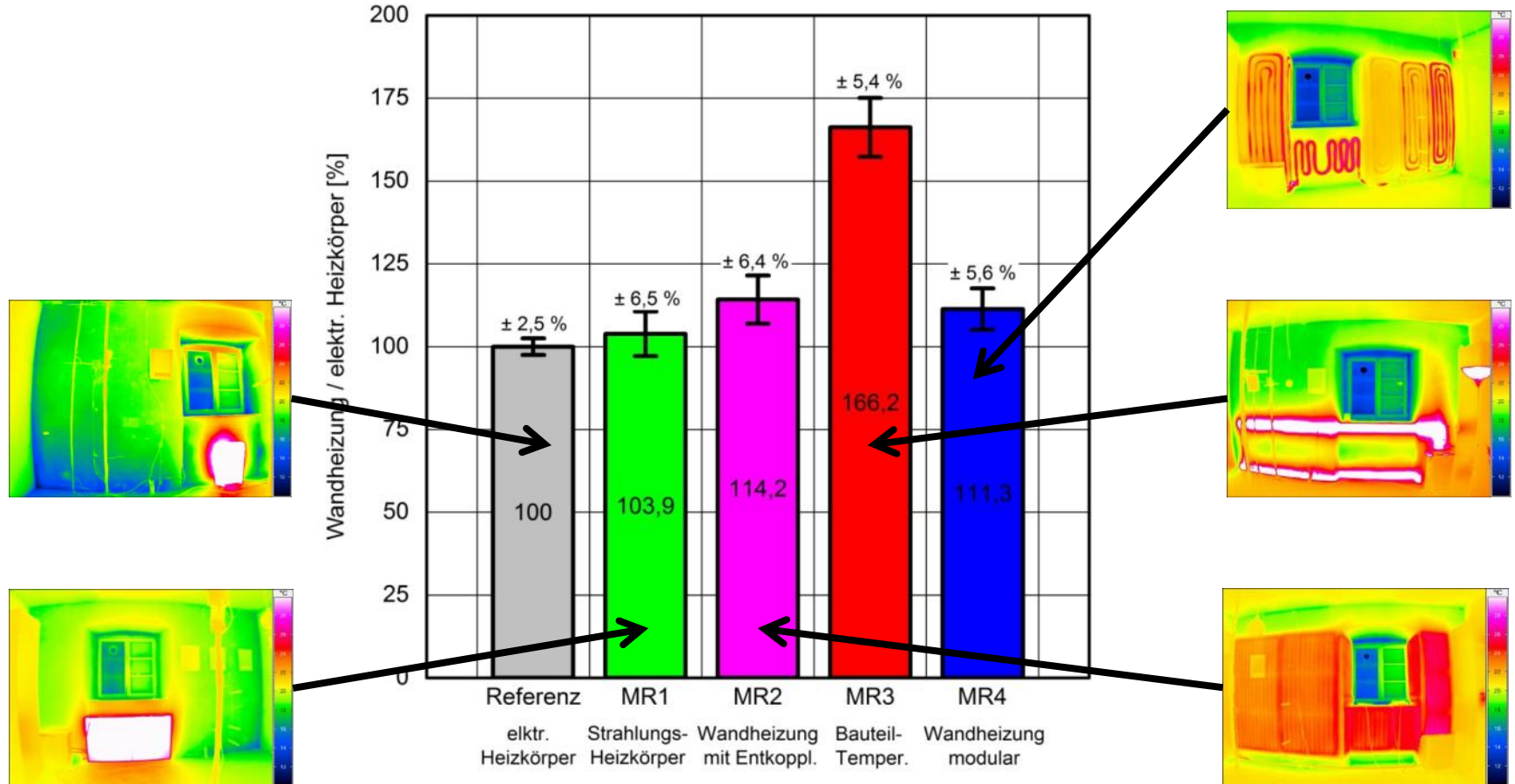
Referenz
im selben Raum



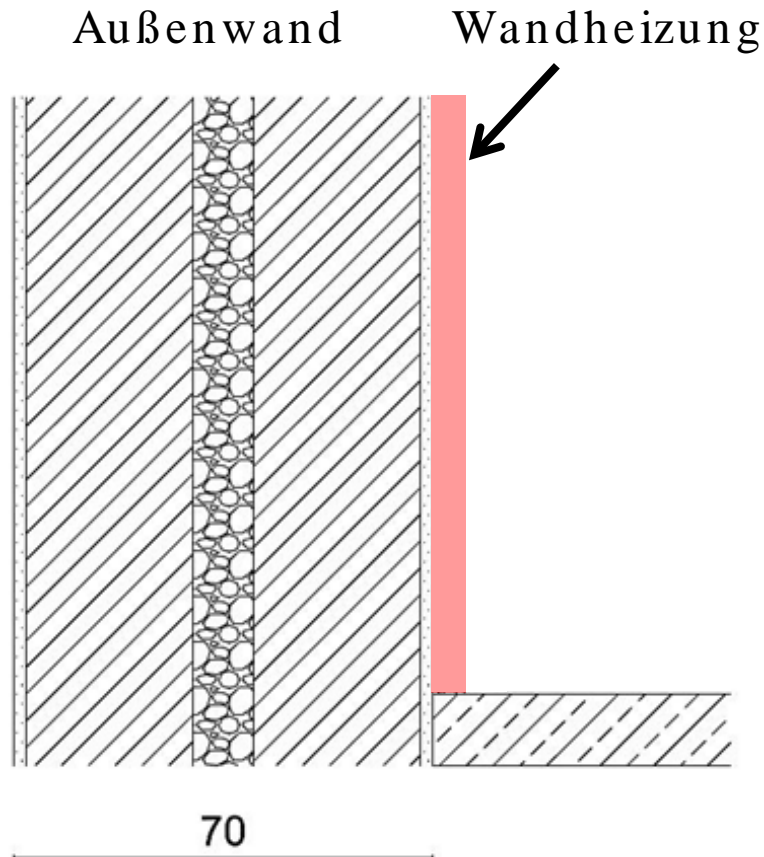
[%]

Leistungsvergleich Wandheizungen zu el. Heizkörper

Leistungsvergleich der Wandheizungssysteme zu den elektrischen Heizkörpern mit Angabe des Messfehlers im Zeitraum 15.12.2013 bis 10.03.2014



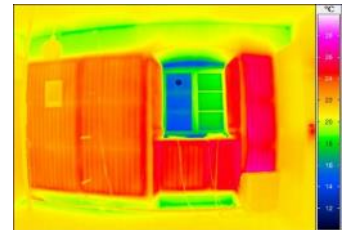
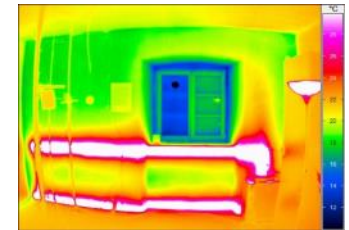
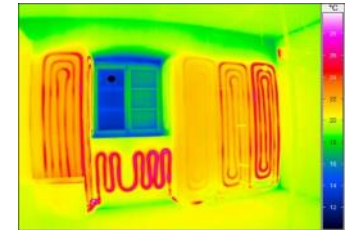
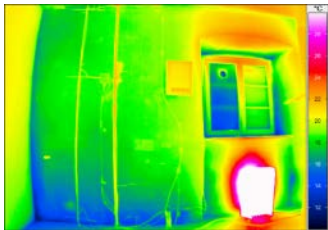
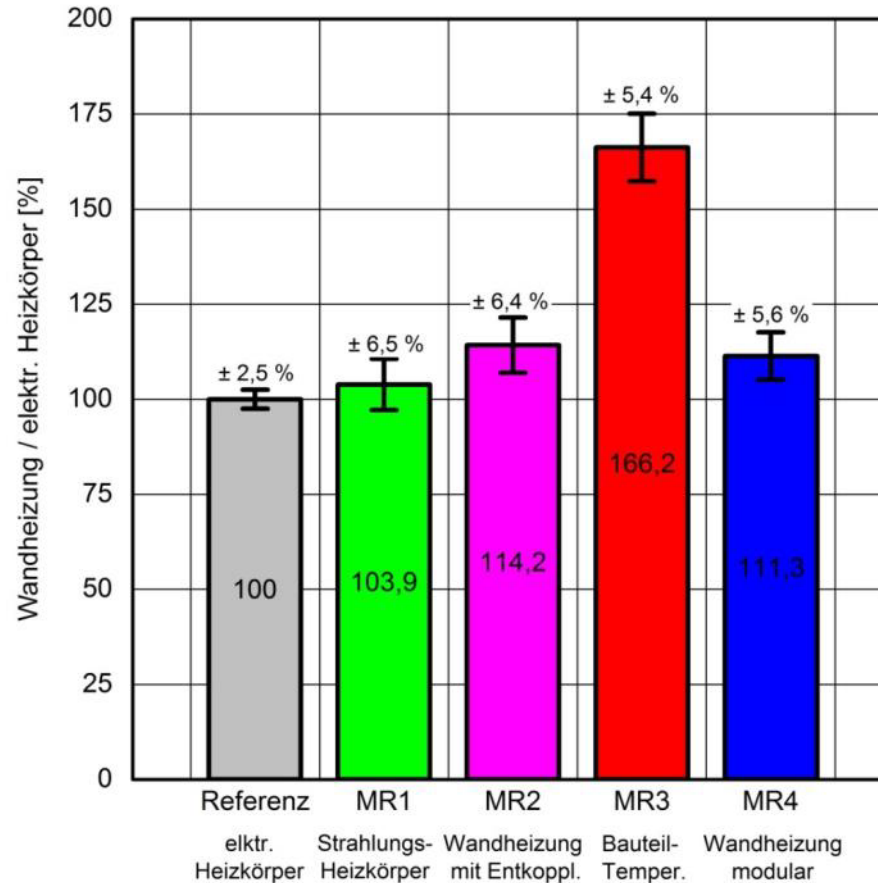
Dämmeigenschaften der Wandheizung



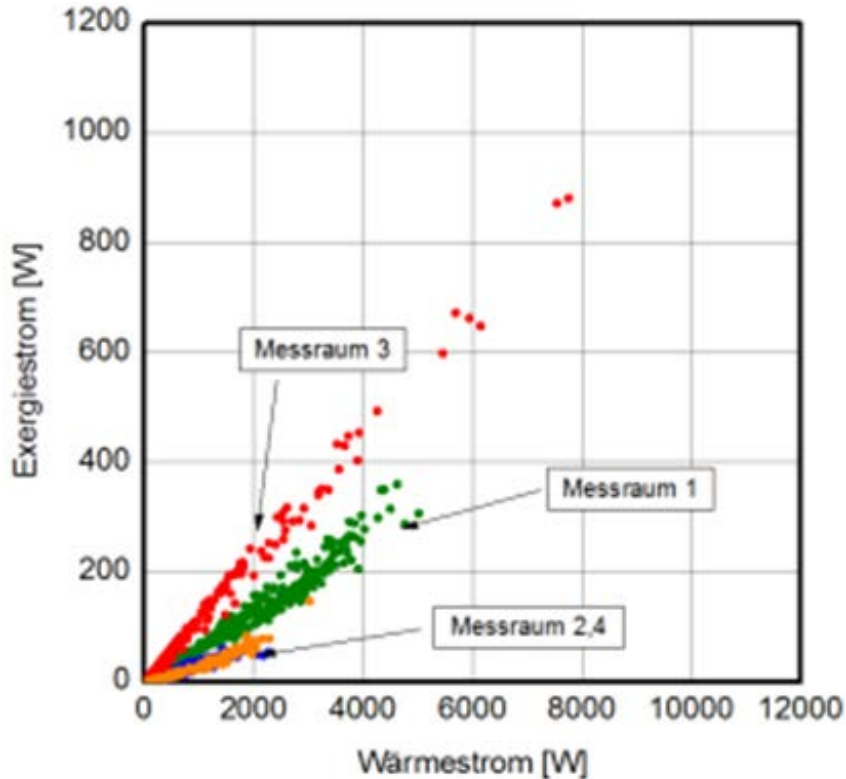
- Zusätzlicher Dämmwirkung durch Bauteilaufbau der Wandheizung bei niedrigen R-Werten

Leistungsvergleich Wandheizungen zu el. Heizkörper

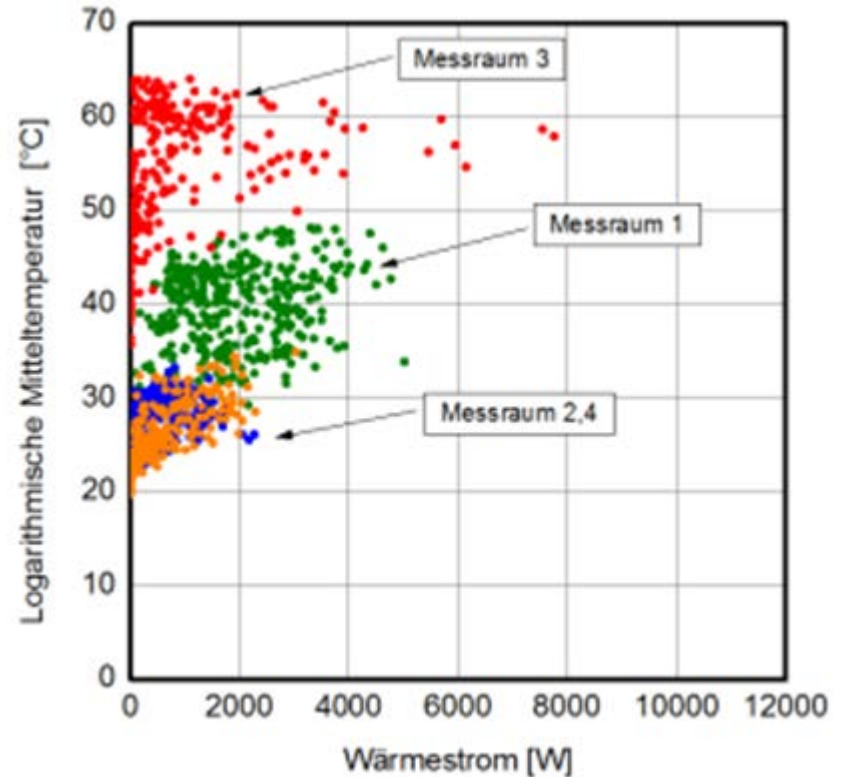
Leistungsvergleich der Wandheizungssysteme zu den elektrischen Heizkörpern mit Angabe des Messfehlers im Zeitraum 15.12.2013 bis 10.03.2014



Exergetische Bewertung

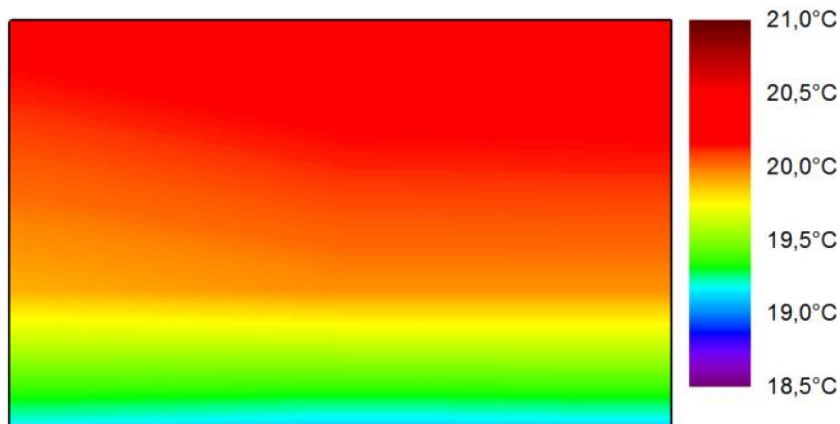
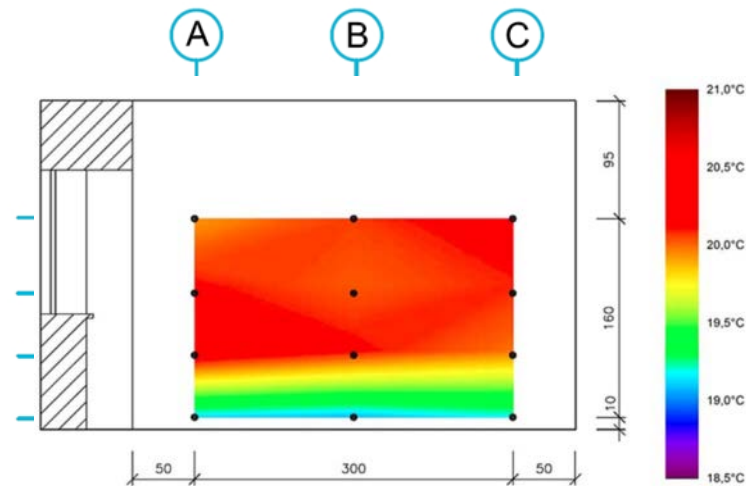


Vergleich der Exergieströme und Wärmeströme der vier Wärmeübergabesystemen.

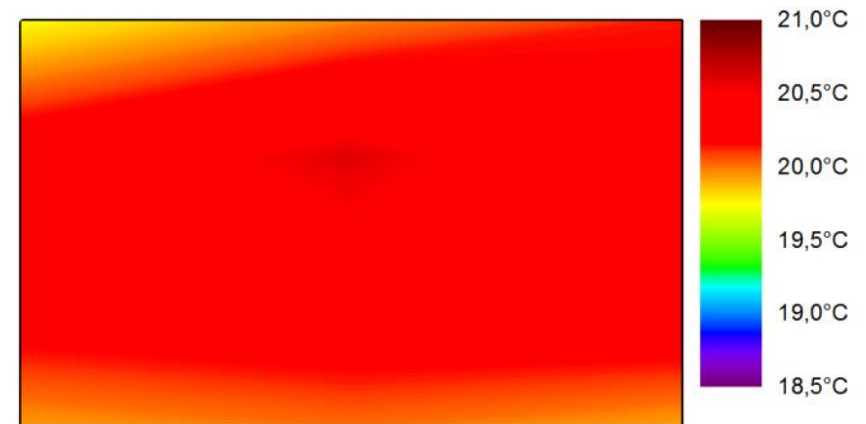


Vergleich der logarithmischen Mitteltemperaturen und Wärmeströme der vier Wärmeübergabesysteme

Vertikale Lufttemperatur-Verteilung

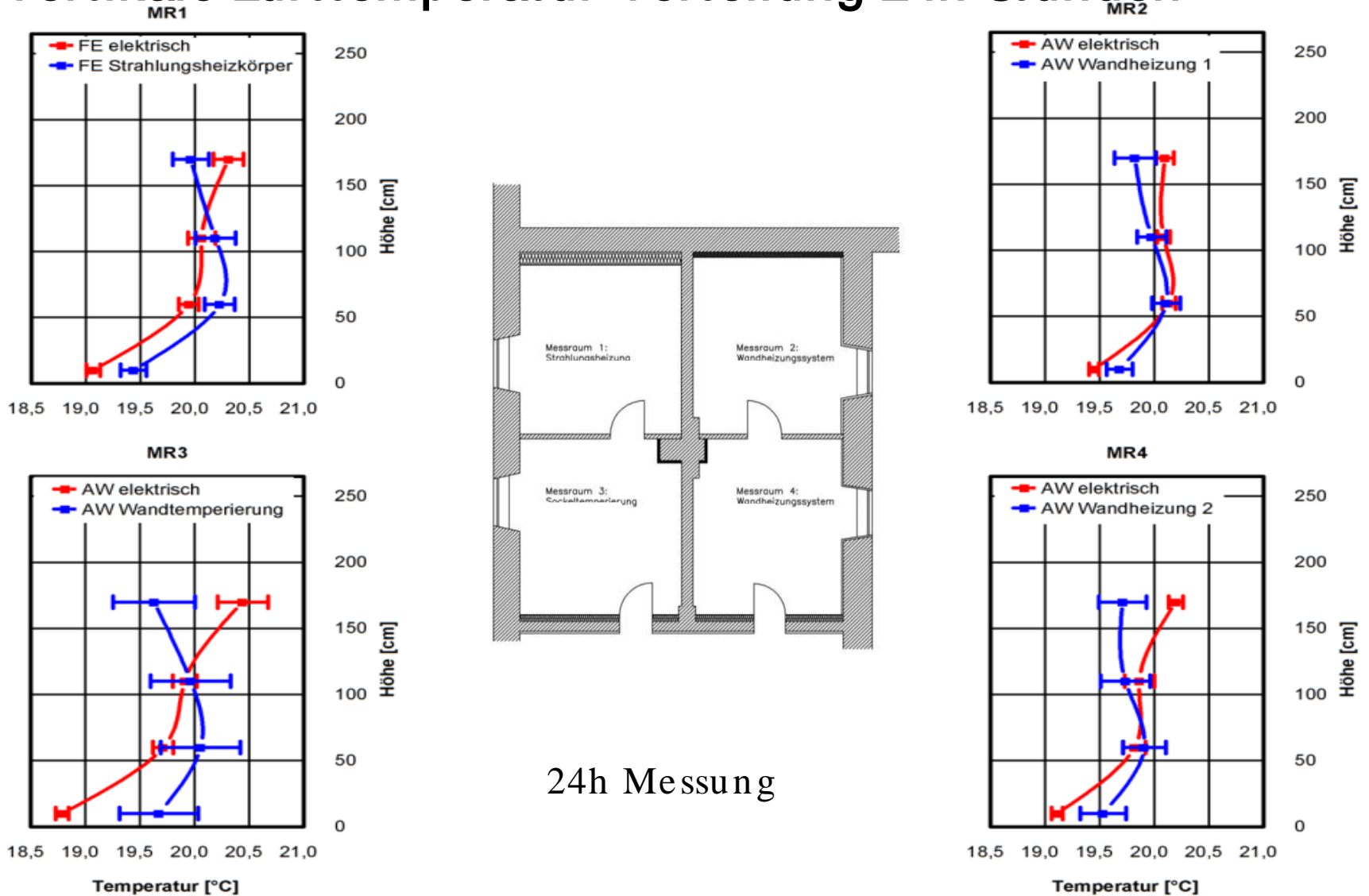


Vertikale Lufttemperaturverteilung in Raummitte in Messraum 3 mit elektrischem Heizkörper



Vertikale Lufttemperaturverteilung in Raummitte in Messraum 3 mit Bauteiltemperierung

Vertikale Lufttemperatur-Verteilung 24h Stunden



Zusammenfassung

- Vergleich der jeweiligen Systeme im selben Raum mit wechselndem Betrieb eines Alternativsystems im Winter 2013 / 2014
- Vergleichende bauphysikalische / energetische Untersuchungen im Altbaubestand unterliegen zahlreichen Unsicherheiten
- Wandheizungen zeigen keinen erhöhten Energieverbrauch zur Vergleichsmessung, je nach Dämmwirkung des Systemaufbaus
- Wandheizungen / Temperierung bewirkten eine homogenere Temperaturverteilung im Raum

Substitution von Nachtstromspeicherheizungen durch hocheffiziente Niedertemperaturflächenheizungen

Substitution von Nachtstromspeicherheizungen durch hocheffiziente Niedertemperaturflächenheizungen unter gleichzeitiger Reduktion von CO₂-Emission und Integration der Verbrauchssektoren Strom und Wärme (Förderkennzeichen 03KE0014A)

Gefördert durch:

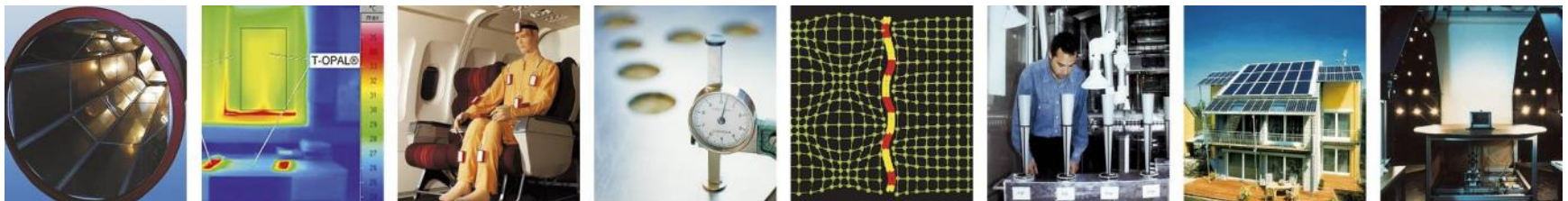


Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Auf Wissen bauen



Ausgangssituation

In Deutschland gibt es aktuell noch ca. 1,6 Mio. Wohnungen mit Nachtstromspeicherheizungen.

Nachteile der Nachtstromspeicherheizungen:

- niedriger Gesamtwirkungsgrad
- eingeschränkte Steuerbarkeit
- unkomfortables Raumklima
- hohe Heizkosten
- Geräuschbelastung
- Staubbelastung



Lösungsansatz

Austausch der Nachtspeicherheizungen durch el. Flächenheizungssysteme

Nachzuweisende Eigenschaften der el. Flächenheizungen:

- minimalinvasive und kostengünstige Sanierungsmaßnahme
- Reduzierung elektrischer Energieverbrauch
- Senkung der Treibhausgas-Emissionen (CO₂)
- Reduzierung Betriebskosten
- Steigerung Behaglichkeit



Vorhaben

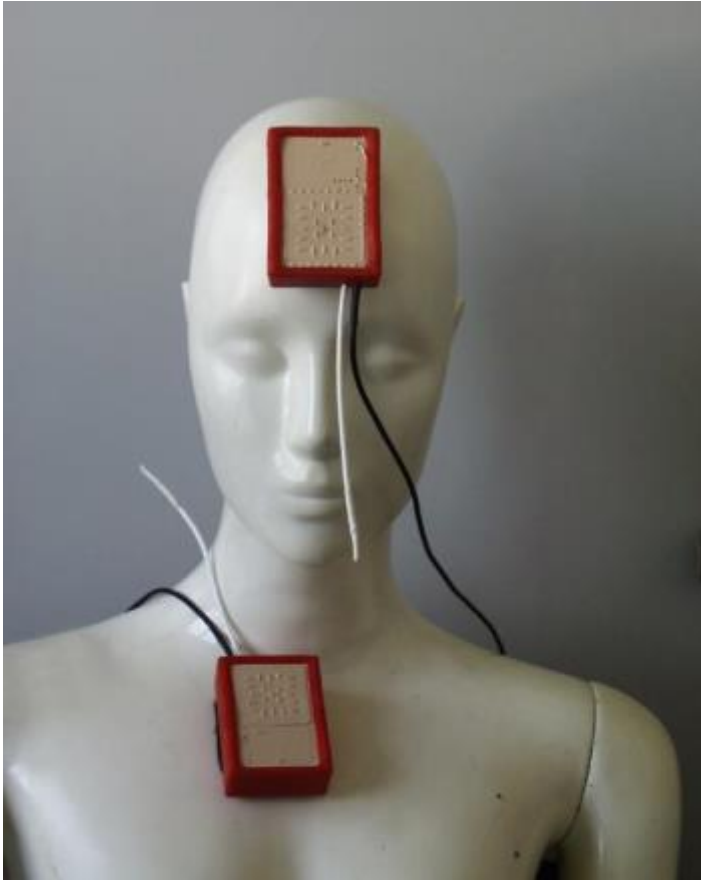
- 20 ausgewählte Wohnungen der Wohnungsgesellschaft Westgrund AG: Nachtspeicherheizungen werden durch el. Flächenheizungen ersetzt
- 20 Bestandswohnungen (vergleichbare Geometrie, Ausrichtung, Personenbelegung, etc.) mit Nachtspeicherheizungen: Referenz
- Monitoring während einer Heizperiode: Erfassung der elektrischen Energieverbräuche, Raumtemperaturen und Fensteröffnungszeiten
- Nutzerbefragung (Bedienung, Regelbarkeit, Raumklima, Behaglichkeit)
- Vergleich von Wohnungen mit el. Flächenheizungen und Referenzwohnungen mit elektrischen Nachtspeicherheizungen

Ziel

- Messtechnischer Nachweis der praktischen Anwendbarkeit einer elektrischen Flächenheizung als Ersatz für Nachtspeicherheizungen
- Darstellung der Einsparpotentiale:
 - Energieverbrauch
 - Heizkosten
 - Spezifische Investitionskosten
- Bewertung der Nutzerakzeptanz



Komfortbewertung: Klimasummenmaß Äquivalenttemperatur



nach ISO 14505-2

- Äquivalenttemperatur für den gesamten Körper
- segmentbezogene Äquivalenttemperatur
- gerichtete Äquivalenttemperatur
- ungerichtete Äquivalenttemperatur

Messbar mit Einzelsensoren oder Klimamesspuppen

Vereinigt Lufttemperatur, Wärmestrahlung und Luftgeschwindigkeit

DressMAN: Einsatzgebiete

Arbeitsplatzergonomie Gebäude



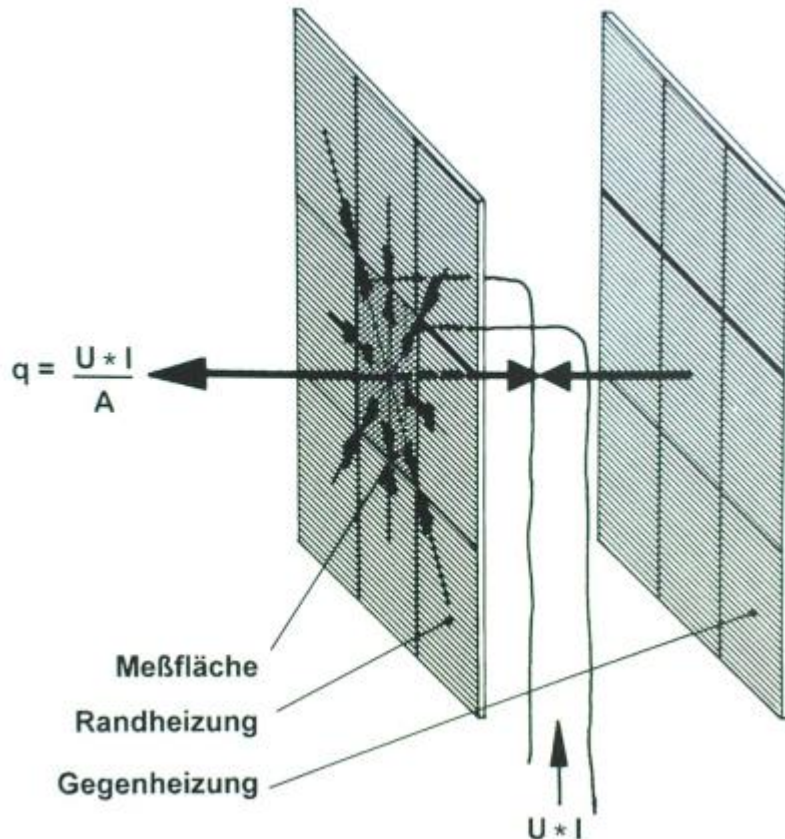
Komfortbewertung Fahrgastkabine



DRESSMAN: Sensorprinzip - RST

trockene Wärmebilanz:

$$120 \text{ W/m}^2 = \alpha_K (RST - t_L) + C \cdot \left[\left(\frac{RST + 273,2}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{HR} + 273,2}{100} \right)^4 \right] \text{ W/m}^2$$



RST – Resultant Surface Temperature

t_L – Lufttemperatur

t_{HR} – Strahlungstemperatur Halbraum

α_K – konv. W'überganskoeffizient

$C = 4,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$

Beheizen der Messfläche bei

Konstanter Wärmestromdichte
(z.B. 120 W/m^2 für Stirn)

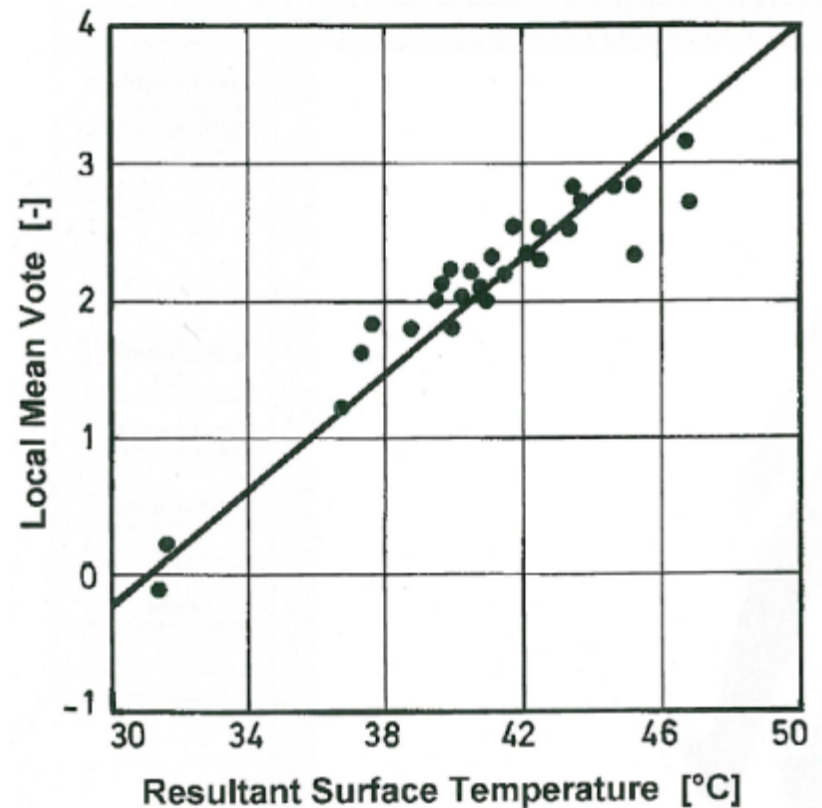
Konstanter Temperatur
(z.B. 34°C für Kaltschwelle)

Äquivalenttemperatur: lokal

LMV – Local Mean Vote

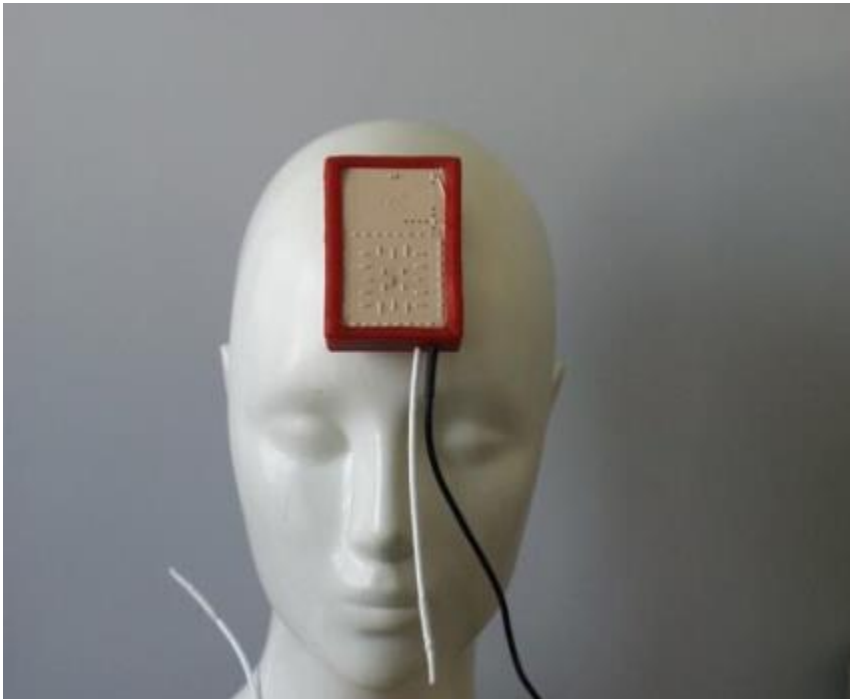
mehrere Probandenuntersuchungen
mit jeweils 35 – 50 Probanden für
80min

Hier: Zusammenhang T_{eq} und LMV
für die Brust
(Gemessen im Cockpit eines Autos
unter Sonneneinstrahlung)

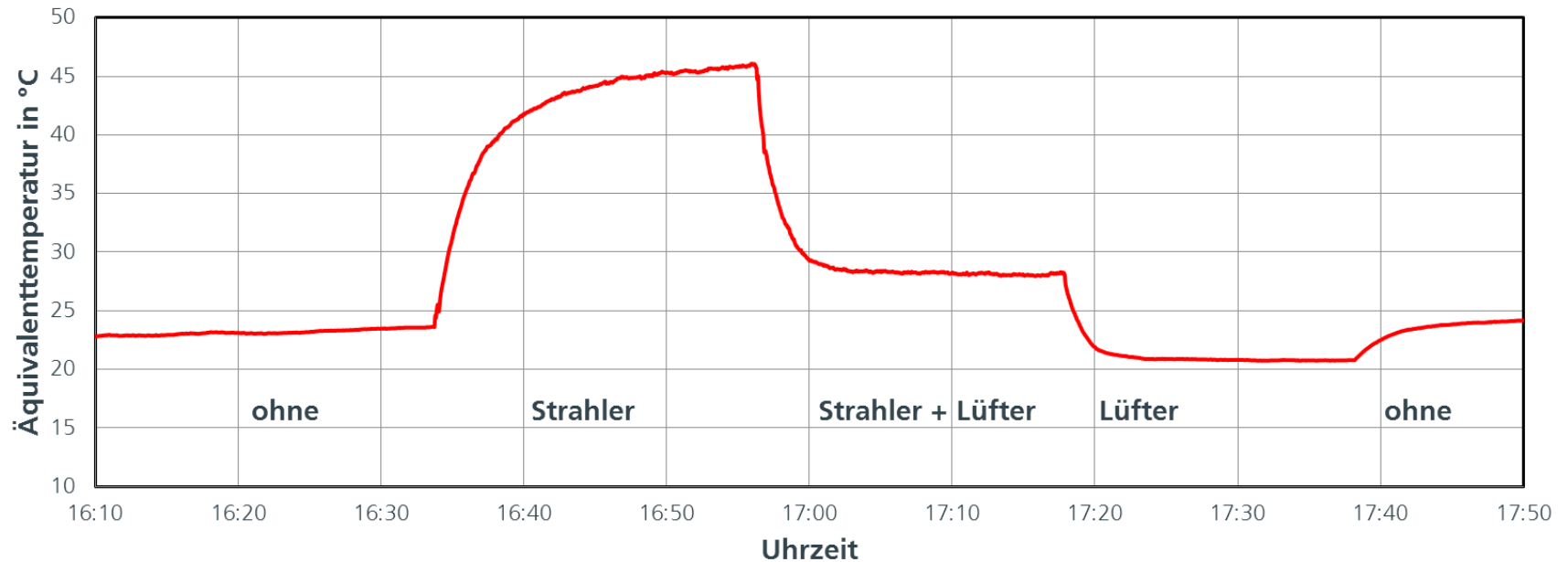


Evolution der Teq-Sensoren

- Links: alter Sensor (DRESSMAN):
Hauptzweck Nachahmung „künstliche Haut“
- Rechts: neuer Sensor (DressMAN 2.0):
Messung der Äquivalenttemperatur *Teq* nach DIN EN ISO 14505-2



DressMAN: Einsatz in inhomogenen Klimata



Verwendung der Klimasummengröße der Äquivalenttemperatur
→ Eignung insbesondere für thermische Umgebungen mit hohem Wärmestrahlungseintrag

Neuentwicklung der Teq-Sensoren für die Gebäudeautomation

Fraunhofer EnviScan

Miniaturisierung der Sensorfläche

→ Minimierung des Stromverbrauchs

Anbindung an Datenprotokolle

→ Funkprotokolle ZigBee, EnOcean



Vortests mit EnviScan

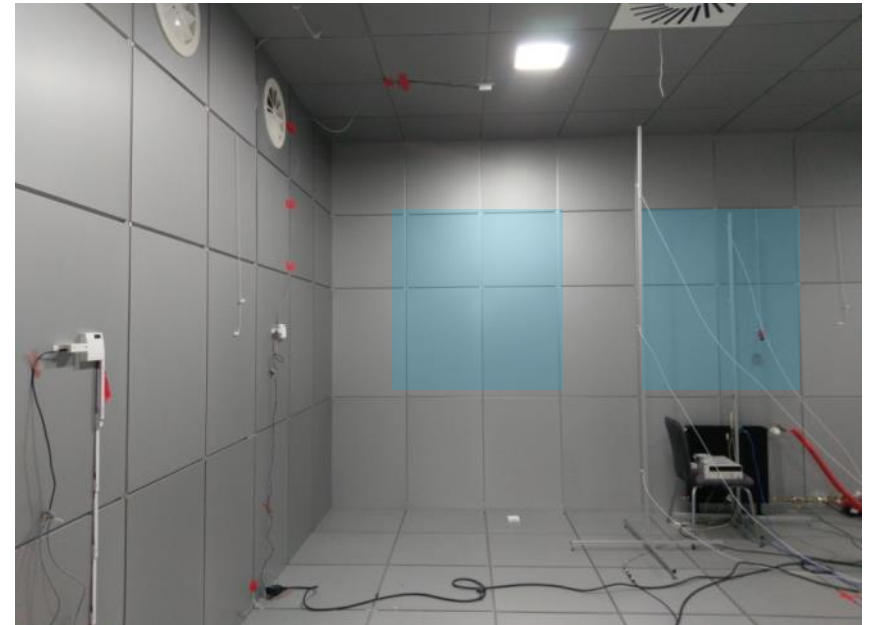
Positionierung im Raum

Messkampagne im Indoor Air Test Center (IATC)

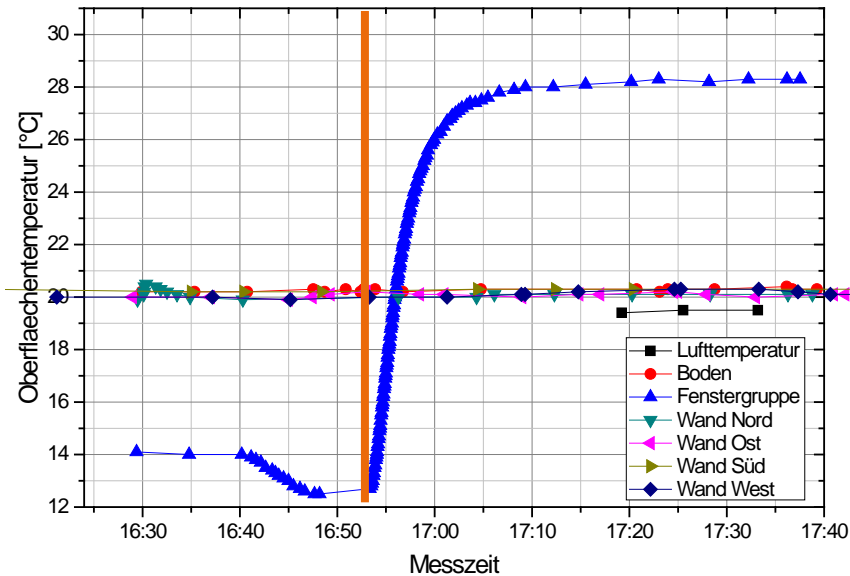
→ Alle Flächensegmente sind kontrolliert temperierbar.

Unterschiedliche Szenarien für

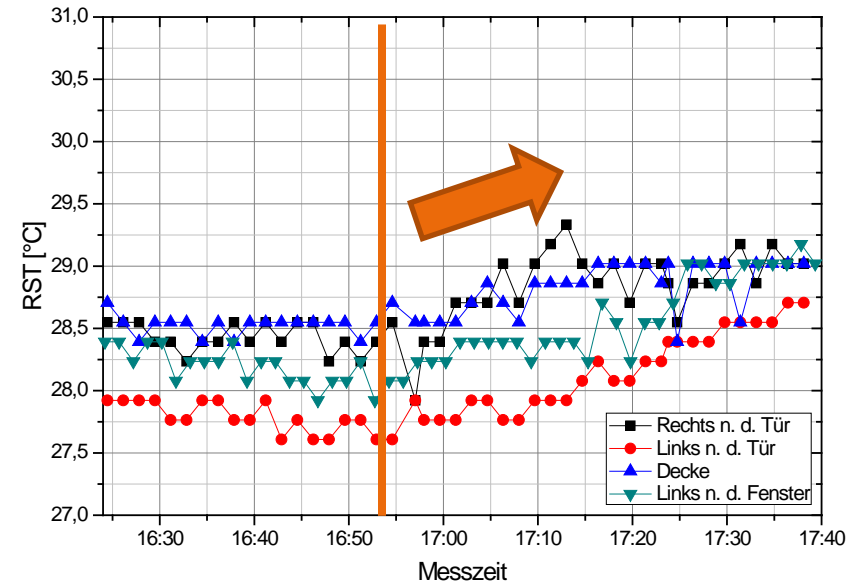
- Kalte Fenster
- Fußbodenheizung
- Etc.



Szenario: Homogene Randbedingungen

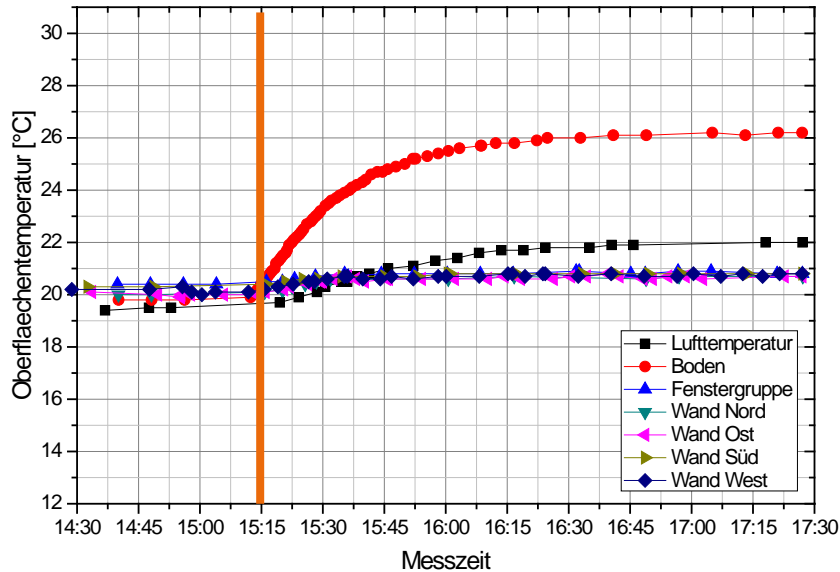


Umgebungstemperaturen IATC

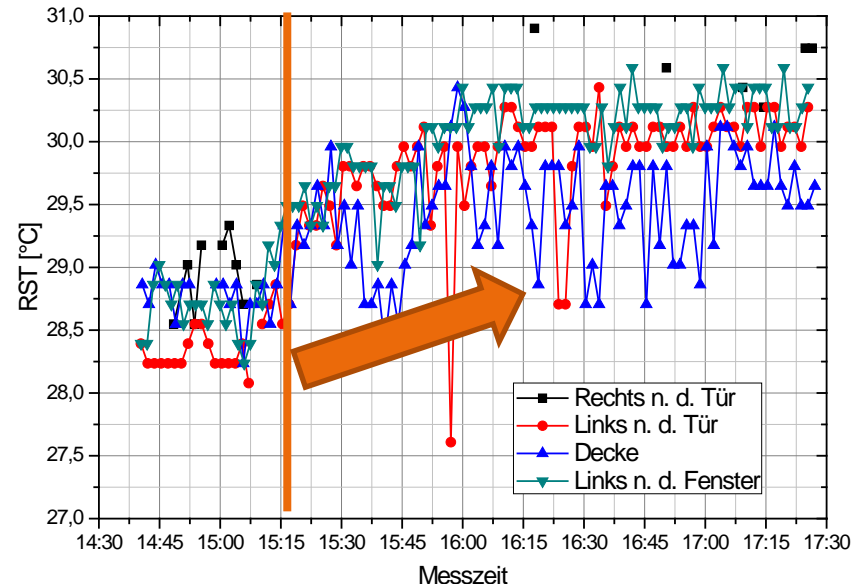


RST (Resultant Surface Temperatur) der einzelnen Sensoren.

Szenario: Sprung der Bodentemperatur



Umgebungstemperaturen IATC

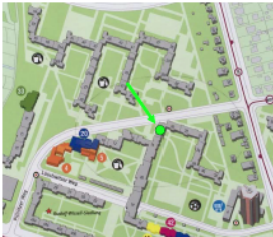


RST (Resultant Surface Temperatur) der einzelnen Sensoren. Das unruhige Signal des Deckensensors deutet auf instationäre Bewegung der Luft hin.

Erste Messungen

Wohnung A5 mit elektrischer Deckenheizung

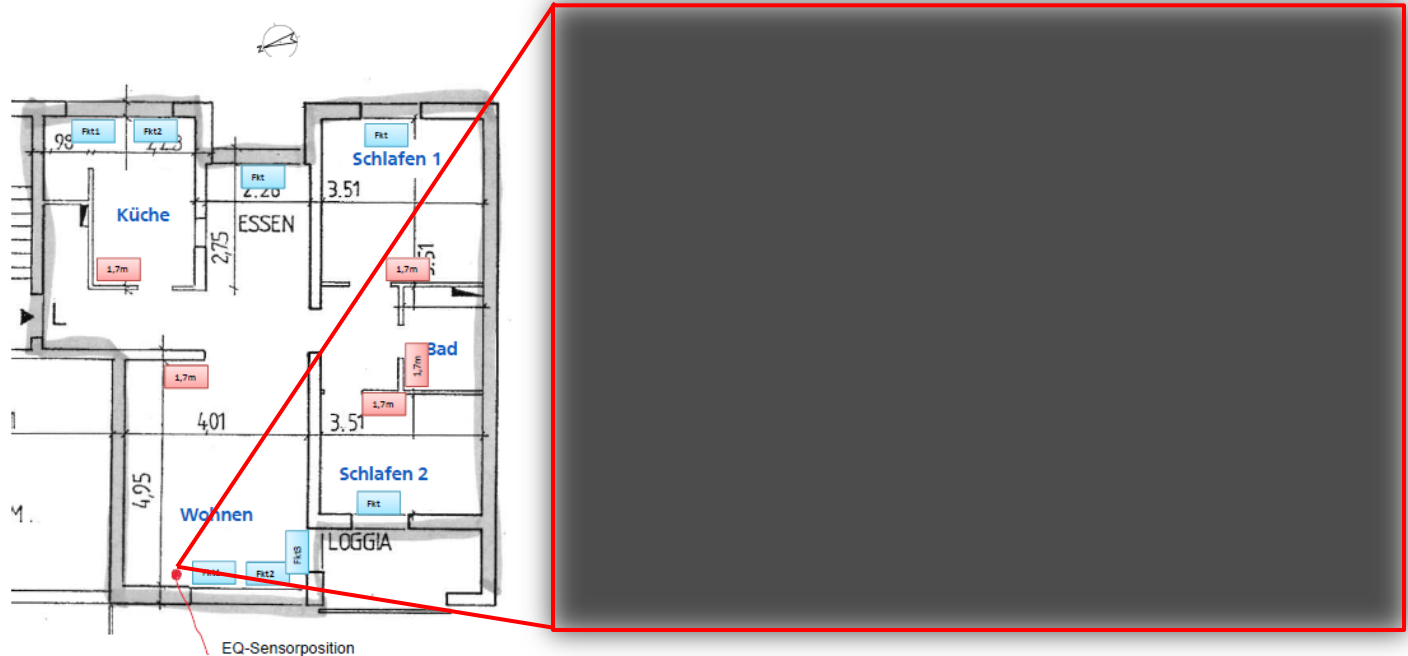
Wohnung A 5



Pillnitzer Weg 18
299, 4.OG links, P18
3-Zimmerwohnung

Planung Messtechnik

Anzahl Fenster	6
Fensterflügel (angenommen)	8
Räume inkl. Küche und Bad	5



→ Detaillierte Auswertungen nach der Heizperiode 16/17...

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

