

**Protokoll über die
messtechnische Bewertung des Aufheiz- und Abkühlverhaltens
von mit Dispersionsfarbe und TS-I beschichteten Testflächen (Wand)**

Datum: 15.03.2018 ab 14:04
Ort: Wackenbergstr. 78-82, 13156 Berlin
Testraum: geschlossen, im KG, 2 Kellerfenster, Nordausrichtung
im stationären Zustand, unbeheizt, ungenutzt
Durchführende: Dipl.-Ing. Bend Bonso
Dipl.-Ing. Matthias G. Bumann

Messgeräte

Wärmebildkamera: hochauflösend, auf Stativ
Thermohygrometer: Trotec T2
Feuchtemessgerät: Trotec T650 (induktiv)
Feuchtemessgerät: Trotec T500 (Widerstand)

Messobjekte

Testfläche 1: Außenwand aus Beton, erdberührt,
links: beschichtet mit „Farbe“
Testfläche 2: Außenwand aus Beton, erdberührt,
rechts: beschichtet mit „TS-I“ (ClimateCoating)
Referenzfläche: Kalibrierfolie mit $\varepsilon = 0,95$
Messabstand: 3,0 m (Wärmebildkamera)

Startwerte

Raumluftkondition zum Beginn: 16,6 – 17,3 °C / 40,5 – 41,5 % relF
Spotwert Folie: 10,8 – 11,2 °C, eingependelt auf 11,0 °C
Wandfeuchte: links: 32 – 38 digits (5,8 – 8,0)
Rechts: 32 – 37 digits (7,4 – 9,8)
Messhöhe: 1,75 m über Fußboden
Messpunkte: je unter der Fenstermitte
Gemessen mit $\varepsilon = 1,0$ $\varepsilon = 0,95$
Wandoberfläche links: 10,5 °C 9,9 °C
Wandoberfläche rechts: 10,2 °C 9,8 °C
Folie: 10,3-10,4 °C 10,1-10,2 °C

Initialtest

Frage: Ist das Aufheiz- und Abkühlverhalten messbar?
Wärmequelle: Heizlüfter 400 W, mittig aufgestellt
Schaltzeiten: 14:37 an, 14:52:30 aus
Einstellung: $\varepsilon = 0,95$

Ergänzungen

Wärmeeindringung die mittig vor den Testflächen stehende Person
legt links und rechts die flache Hand auf der Wand auf
von rd. 35°C fließt Wärme zu den 10°C der Wand ab
die Auswertung der Datendateien der Wärmebildkamera
soll zeigen, ob Unterschiede in der Intensität
sowie im zeitlichen Verlauf erkennbar werden
Wärmeabstrahlung die mittig unter den Kellerfenstern stehende Person
strahlt die Wand im Infrarot an – Strahlung statt Wärmeleitung
sonst wie vor

Datentabelle:

	Farbe	TS-I	Folie
14:37	9,9	9,8	10,2
14:45	10,9	11,4	13,4
14:48	11,1	11,9	13,3
14:50	11,2	12,2	13,0
14:52	11,4	12,2	13,0
14:53	11,3	11,9	12,6
14:55	11,2	11,8	12,5
14:57	11,0	11,3	12,0
14:59	10,9	11,3	11,9
15:01	10,8	11,1	11,7
15:03	10,8	11,1	11,7
15:05	10,7	11,0	11,5

Tabelle 1: Oberflächentemperaturen der Test- und Referenzflächen

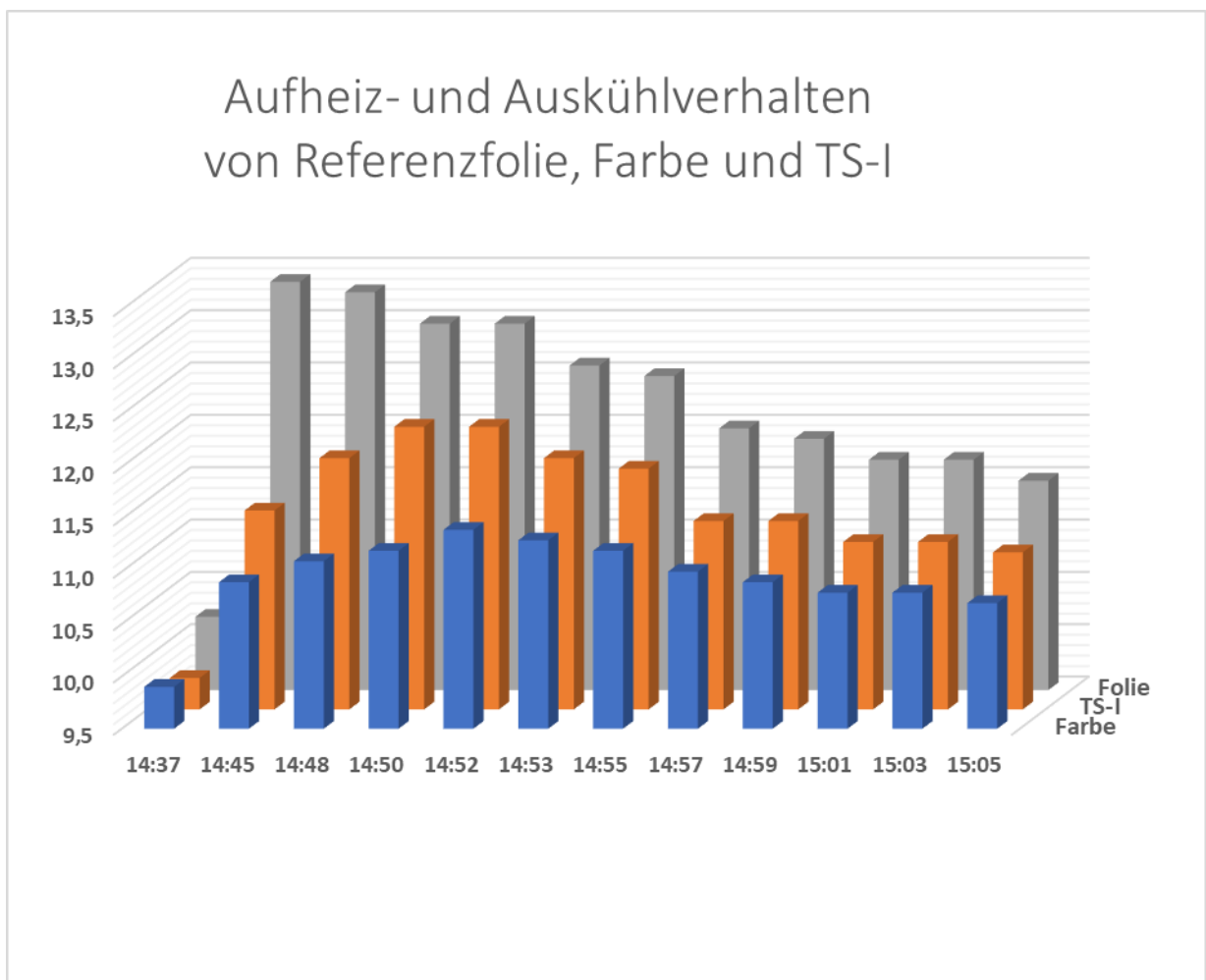


Bild 1: grafische Darstellung der Messwerte aus Tabelle 1

Ergebnisdiskussion

Die mit TS-I beschichtete Wand wird schneller erwärmt und sie kühlt langsamer aus als die mit herkömmlicher Dispersionsfarbe beschichtete Wand. Die Wärmebildkamera ist hochauflösend und die Höhe der Messlinie ist aufgrund des Statives konstant. Die sprunghaft stärkere Erwärmung der Folie ist darauf zurückzuführen, dass diese auf der an der Wand angebrachten Längenmaßfolie aufgeklebt wurde.

Messtechnisch wurde zunächst die vielfach wiederholte empirische Beobachtung bestätigt, dass mit TS-I beschichtete Oberflächen schneller warm und langsamer kalt werden im Vergleich zu herkömmlichen Farben. Dies bewirkt eine Einsparung an Heizenergie sowie eine bessere thermische Behaglichkeit, wie bereits durch Raumklimaanalysen in der Vergangenheit bestätigt. Dies ist eine qualitative Bewertung, eine Quantifizierung – z.B. für Rechenwerte – ist hiermit nicht möglich.

Bemerkenswert ist das lange Verharren der Wärmebilder der „Handabdrücke“ im Infrarot. Diese waren über 4 Minuten im Kameramonitor zu sehen. Nach gängiger Theorie müsste aber die von der Hand eingebrachte Wärme durch Wärmeleitung und -strahlung rasch abgeführt werden.

Offensichtlich weisen selbst Baustoffe wie Beton ein Wärmeverharrungsvermögen auf, wobei dieser Zeitfaktor in der U-Wert-Theorie keine Berücksichtigung findet – wie auch das Speichervermögen nicht (Nullsetzung in der Fourier'schen Wärmeleitungsgleichung und dadurch Alleinstellung der Wärmeleitung).

Fehlerquellen, Einflüsse

Die Durchführenden des Testes geben Wärme ab, das sind je Person 80-100 W. Noch dazu atmen sie u.a. Wasser aus, was sich auf die Luftfeuchte auswirkt. 15:19 betrugen die Raumluftwerte 16,8°C und 44,8% rel.LF. Das bedeutet, eine Erhöhung der Raumlufttemperatur wurde nicht bewirkt, die Luftfeuchte wurde um rd. 3%-Punkte erhöht.

Durch die Fenster gelangt Licht (= Solarstrahlung = UV + VIS + IR) in Räume. Hier sind es 2 kleine Kellerfenster, kurz über Geländeniveau und nach Norden ausgerichtet. Noch dazu war es bewölkt. Dieser Einfluss ist vernachlässigbar klein, aufgrund der symmetrischen Anordnung der Testflächen wäre der Einfluss gleich auf diese, wobei die Testflächen durch in den raum gelangendes Licht nur indirekt – durch Reflexion an der gegenüberliegenden Wand - beeinflusst werden.

Die Wand mit den Testflächen ist erdberührt. Erdstoff ist keine Luft, aber ein weitgehend homogenes Medium mit bekannten Temperaturen im Bereich 8-12°C (je nach Tiefe und Jahreszeit). Eventuelle Inhomogenitäten der Betonwand sowie des Erdstoffs dahinter sind als in der großen Masse untergehend anzusehen. Noch dazu ist ein relativ konstanter Gradient gegeben, d.h. der Wärmestrom ist stets nach außen gerichtet.

Ausblick, Vorbereitung

Da der auf die Wand übergreifende Teil der Referenzfolie schwer anvisierbar war, soll diese Stelle markiert werden. Ebenso sollen die jeweiligen Messpunkte unter dem Fenster markiert werden, um die Streuung des Messkegels gering zu halten.

Da das eigentliche Ziel in der Erfassung strahlungstechnischer Komponenten liegt, soll im nächsten Versuchsdurchgang eine Messung aus 2015 nachgestellt werden, wo der Emissionsgrad über die gleichen angezeigten Spottemperatures ermittelt werden soll. Wenn die Oberfläche der beschichteten Wand und die der dünnen Referenzfolie (mit $\varepsilon = 0,95$) dieselbe Temperatur haben (genauer gesagt: angezeigt bekommen), dann ist der zur Erreichung dieses Gleichwertes erforderliche Emissionsgrad der Wandbeschichtung dessen ermittelte Eigenschaft. Unterstützend lässt sich dies anhand der Auswertung der Datendatei der Wärmebildkamera durchführen.

Im nächsten Versuchsdurchgang sollen IR-Lampen als Wärmequelle dienen, um den konvektiven Anteil aus der bewegten Luft zu eliminieren.

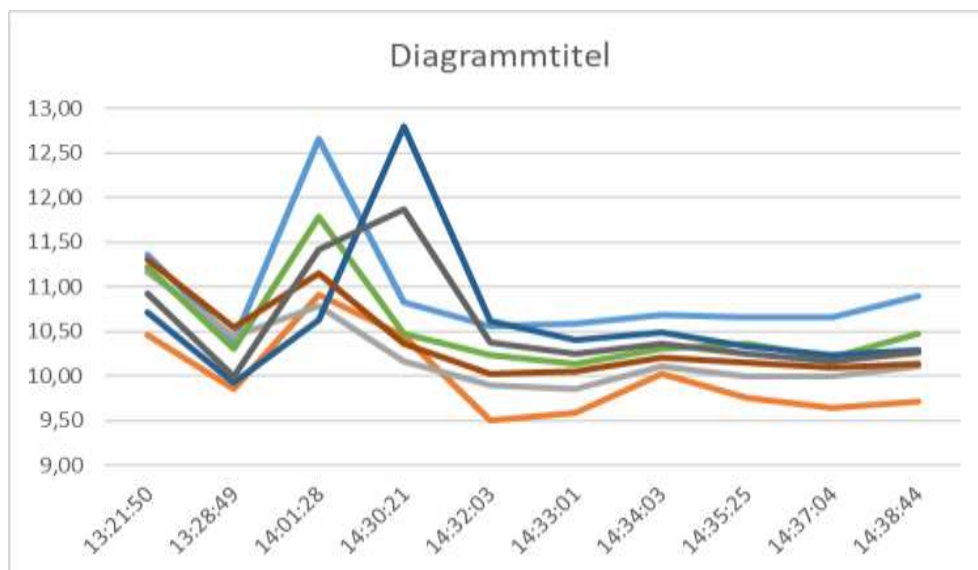
Um den Effekt der IR-Reflexion zu beobachten, sollen großflächige dünne Probekörper (Papier, textil) beschichtet und im Raum aufgehängt werden. Durch die geringe Masse ist die Konditionierungszeit kurz, innerhalb der die beiden Probekörper die Raumtemperatur annehmen. Die IR-reflektierende Fläche sollte dann „kälter“ im Wärmebild aussehen.

Anhang

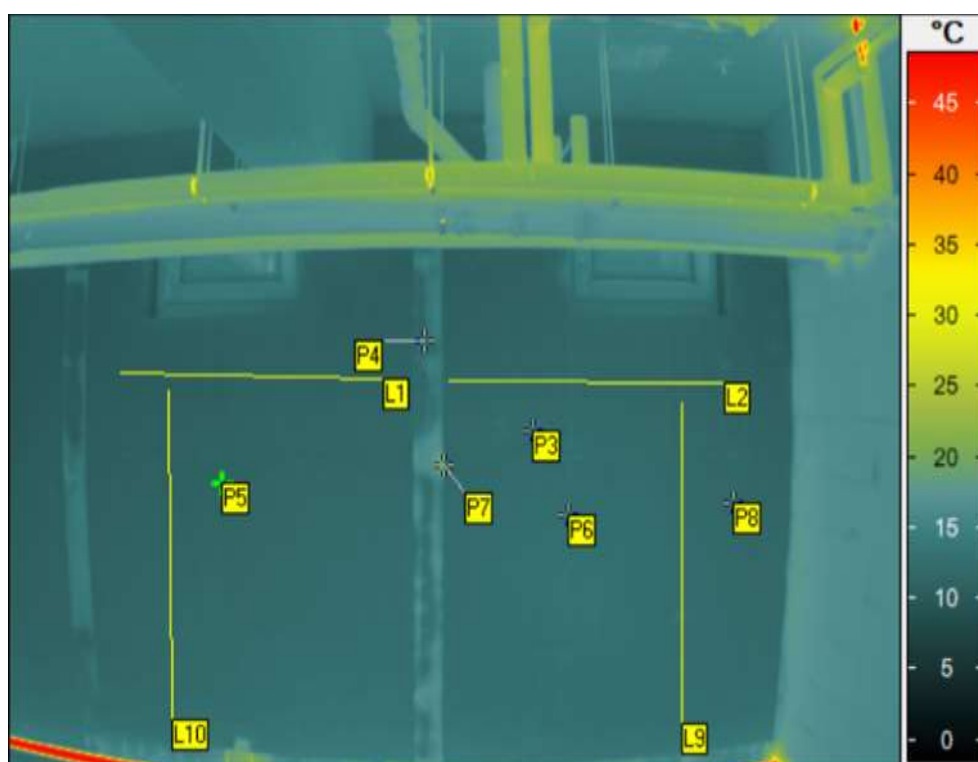
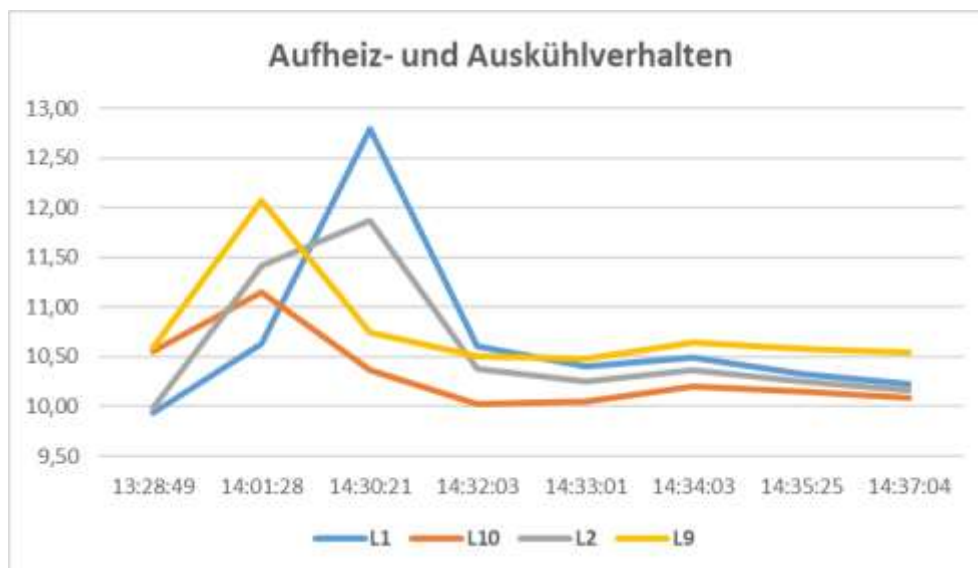
Der Anhang enthält die grafische Auswertung der Messergebnisse sowie eine fotografische Beschreibung des Testraumes. Aufgrund der separierten Lage beeinflussen im Wesentlichen nur die Testdurchführenden einen Einfluss auf das Raumklima aus: durch Wärmeabstrahlung und durch Ausatmen. Dieser Einfluss ist aufgrund der Raumgröße gering und zudem ist die Auswirkung auf die Testflächen aufgrund der Abstände gleich.

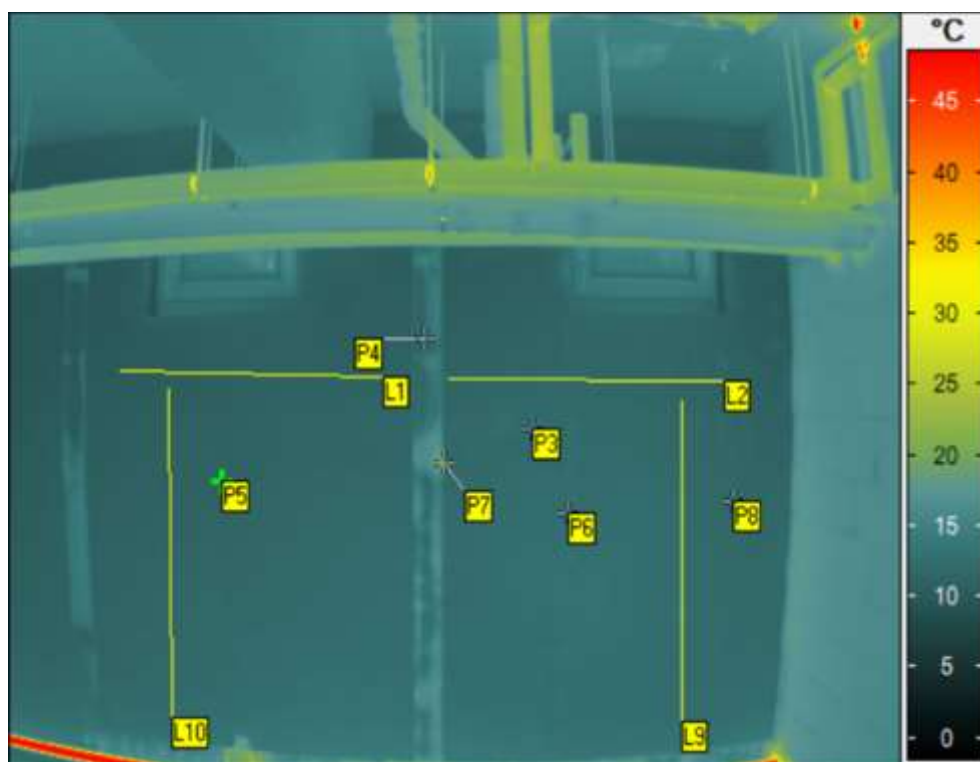
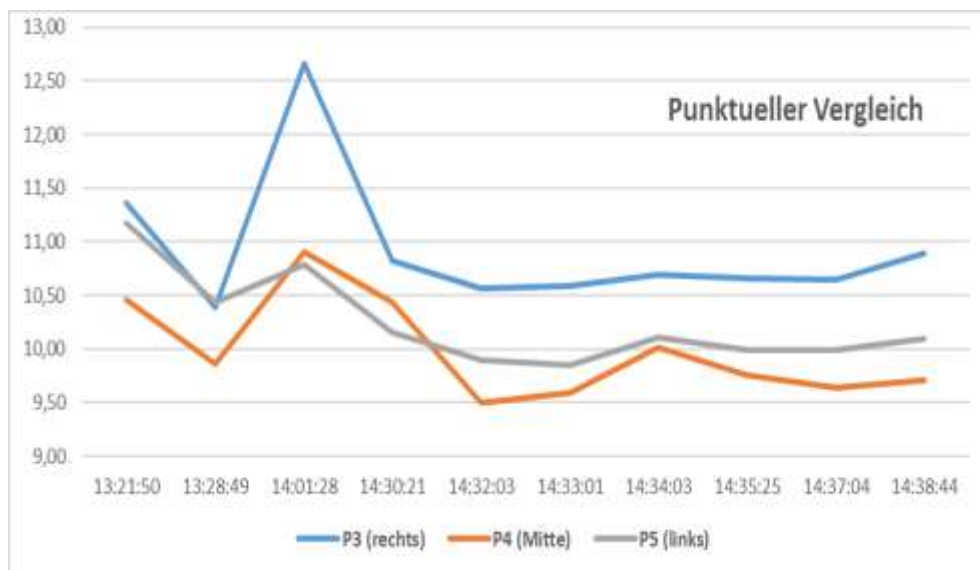
Man erkennt sowohl bei punktueller Betrachtung als auch bei Mittelwertbildung über eine – horizontale oder vertikale – Messlinie deutliche Unterschiede, die sich sowohl im zeitlichen Ablauf als auch in der Höhe der Oberflächentemperatur darstellen.

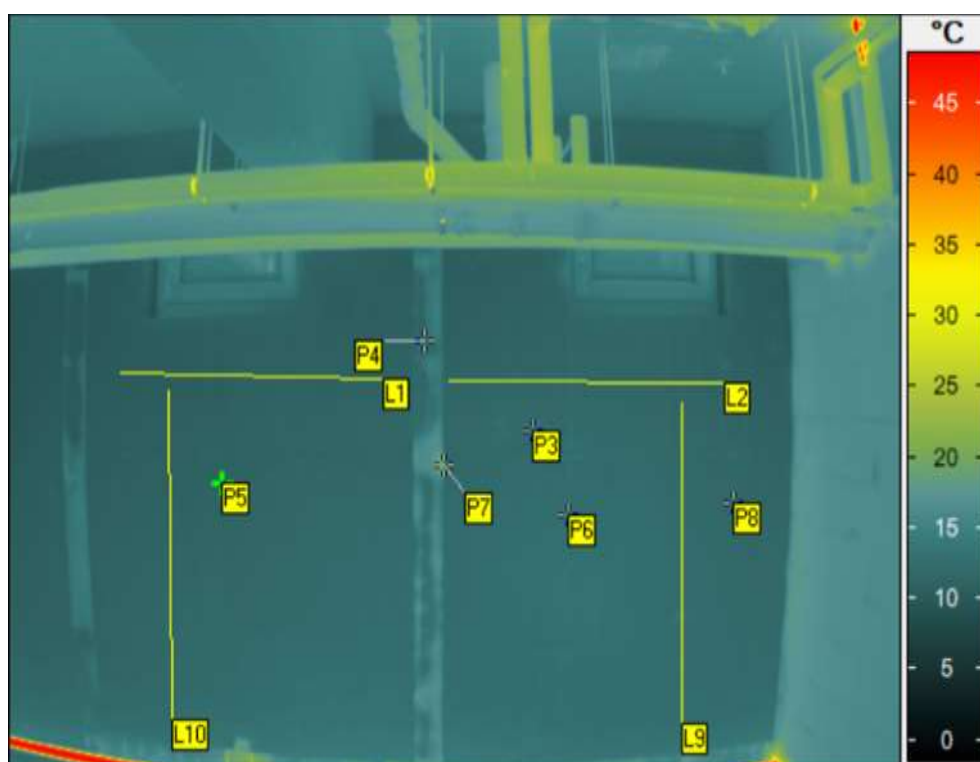
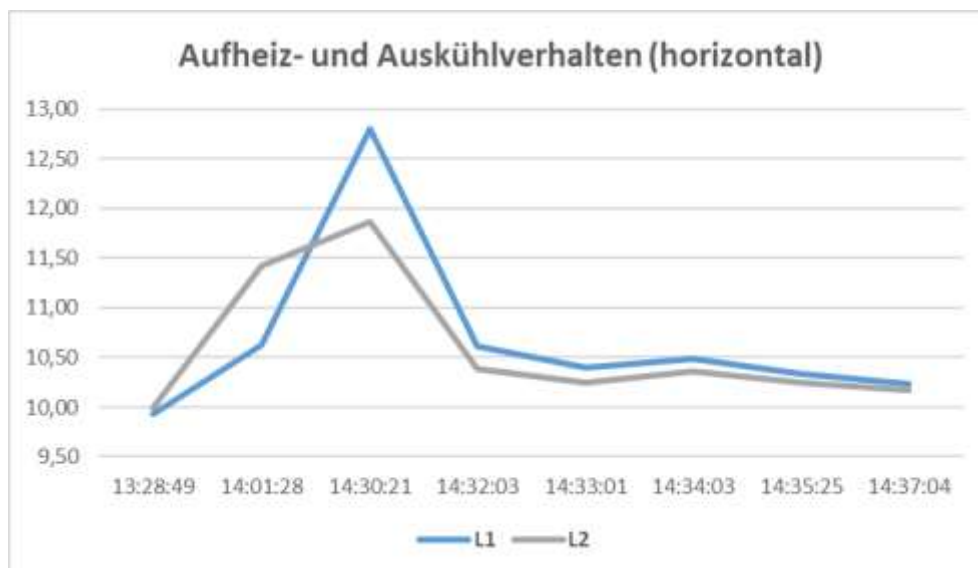
Solche Auswertungen lassen sich beliebig ausweiten, da die Aufnahmen mit der Wärmebildkamera ein Abbild mit Datenwolke des erfassten Bereiches beinhalten, wo man später bei der Bearbeitung am PC von beliebigen Stellen Daten abgreifen und darstellen kann. Man erhält eine qualitative Aussage, ohne jedoch mit Bezug auf Wärmeschutzberechnungen quantifizieren zu können.

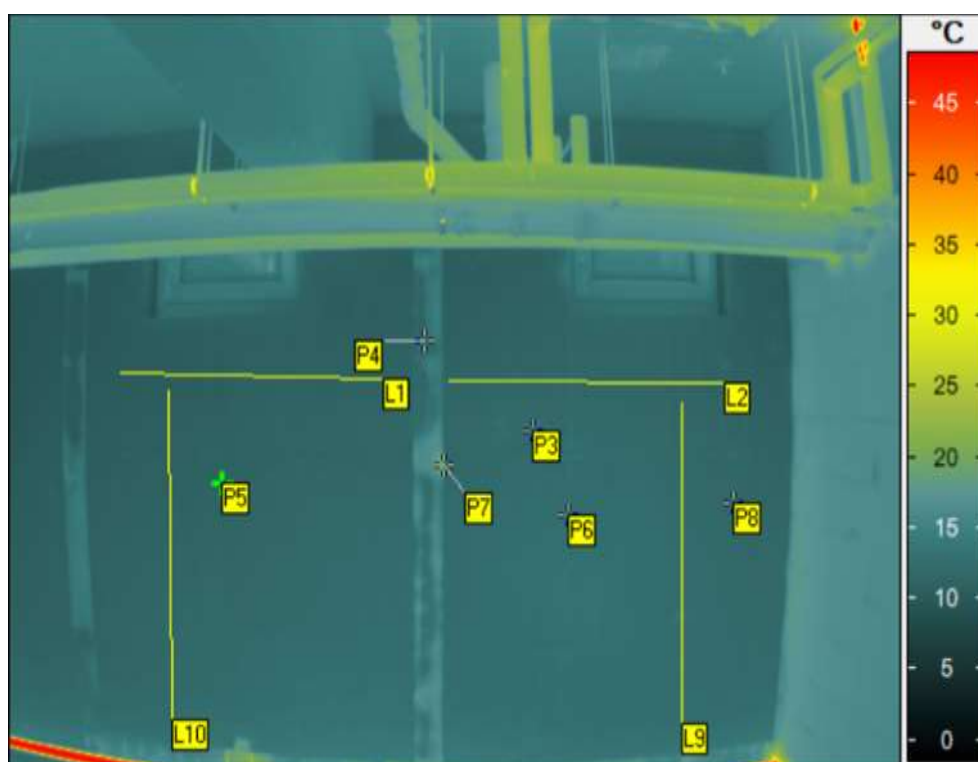
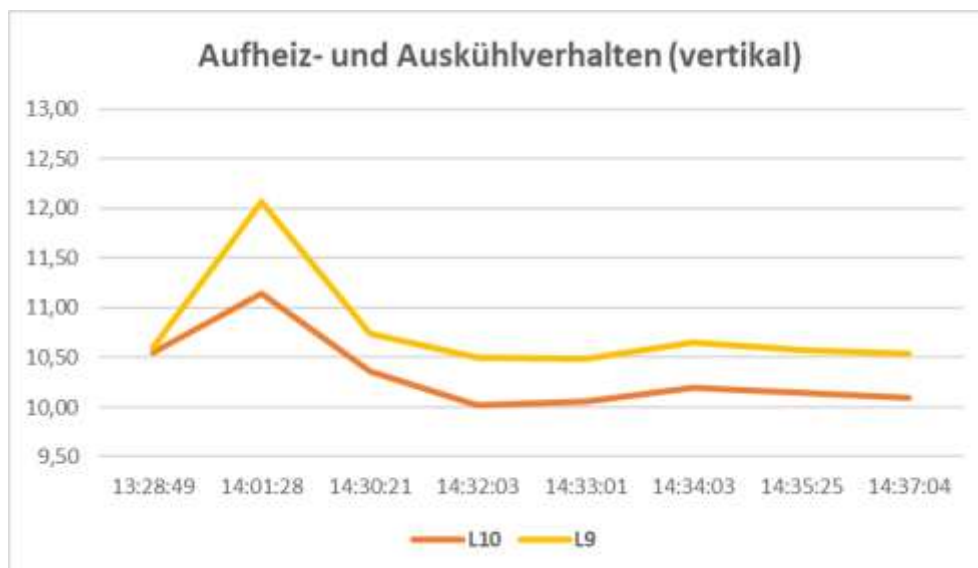


	13:21:50	13:28:49	14:01:28	14:30:21	14:32:03	14:33:01	14:34:03	14:35:25	14:37:04	14:38:44
P3	11,36	10,39	12,66	10,82	10,56	10,59	10,69	10,66	10,65	10,89
P4	10,46	9,86	10,91	10,44	9,50	9,59	10,02	9,76	9,64	9,71
P5	11,17	10,44	10,79	10,16	9,90	9,85	10,11	9,99	9,99	10,10
P8	11,22	10,31	11,79	10,47	10,23	10,13	10,31	10,36	10,20	10,47
L1	10,71	9,93	10,63	12,80	10,61	10,40	10,49	10,33	10,23	10,29
L10	11,31	10,55	11,15	10,36	10,02	10,05	10,20	10,15	10,09	10,13
L2	10,93	9,99	11,42	11,87	10,38	10,25	10,36	10,25	10,17	10,26











Vorbereitung des Messprojektes: der Testraum.
Wackenbergstr. 78-82 im KG

Das ist die Außenwand des abschließbaren Raumes: nur 2 kleine Fenster nach Norden und wenn die Tür geschlossen wird, gibt es nur relativ wenige Einflüsse auf die Messungen.

Beschichtet werden zwei gleich große Flächen, in der Mitte getrennt (dort kleben wird zur Messung das Epsilon-0,95-Band angebracht) und bis zum Fenstersturz hoch. Somit gibt es Wand zur Außenluft und erdberührt, je mit TS-I und „Farbe“.



**Protokoll über die
messtechnische Bewertung des Aufheiz- und Abkühlverhaltens
von mit Dispersionsfarbe und TS-I beschichteten Testflächen (Trägertapete freihängend)**

Datum: 12.04.2018 ab 14:08
Ort: Wackenbergstr. 78-82, 13156 Berlin
Testraum: geschlossen, im KG, 2 Kellerfenster, Nordausrichtung
im stationären Zustand, unbeheizt, ungenutzt
Durchführende: Dipl.-Ing. Bend Bonso
Dipl.-Ing. Matthias G. Bumann

Messgeräte

Wärmebildkamera: hochauflösend, auf Stativ
Thermohygrometer: Trotec T2

Messobjekte

Testfläche 1: auf Rahmen gespannte Tapete, frei hängend
links: beschichtet mit „Farbe“
Testfläche 2: auf Rahmen gespannte Tapete, frei hängend
rechts: beschichtet mit „TS-I“
Referenzfläche: ohne
Messabstand: 3,0 m (Wärmebildkamera)

Startwerte

Raumluftkondition zum Beginn: 17,7 °C / 51,0% relLF (14:23)
17,9 °C / 49,7% relLF (14:25)
Messhöhe: 1,75 m über Fußboden
Messpunkte: je als Linie auf Probeträgermitte

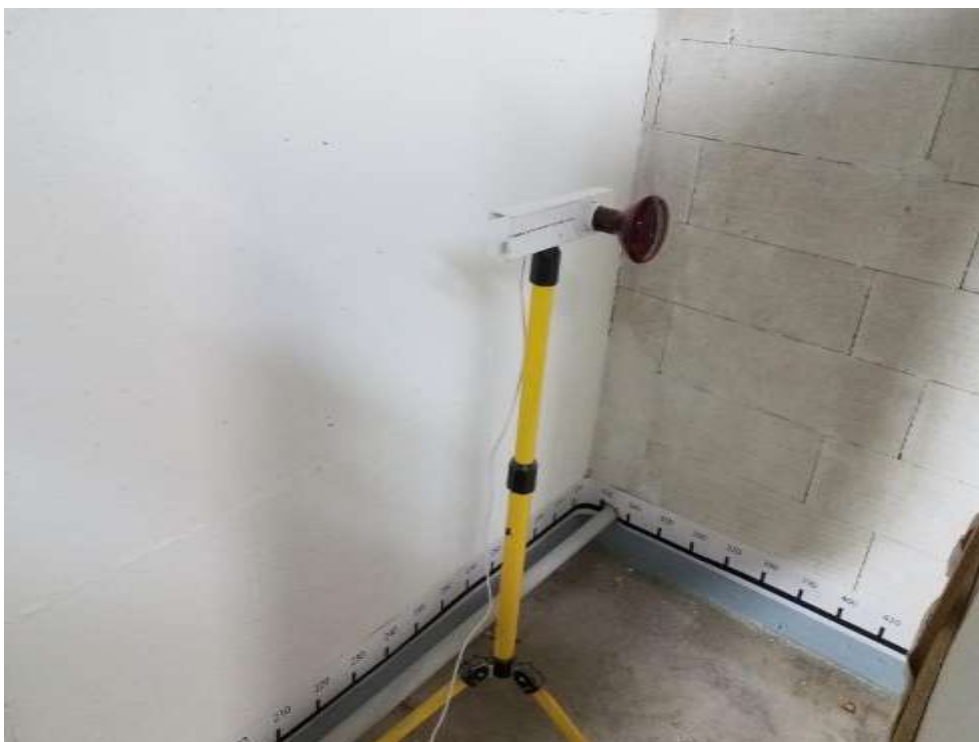
Initialtest

Frage: Ist das Aufheiz- und Abkühlverhalten messbar?
Überhaupt: sind Unterschiede feststellbar?
Wärmequelle: je eine 100-W-Infrarotlampe (IR)
Schaltzeiten: auf die Rückseite
14:15 bis 14:21 = 6 Minuten Aufheizen
14:21 bis 14:27 = 6 Minuten Auskühlen
von vorn, Abstand = 1,20 m
14:31 bis 14:34 (17,8°C, 49,5% relLF)
Dann nach Lampentausch l/r-r/l:
14:38 bis 14:41 (17,9°C, 50,6% rel.LF)
Einstellung IR Kamera: $\varepsilon = 0,95$

Beobachtung

Visuell: rechts (TS-I) ist der Leuchtfleck größer

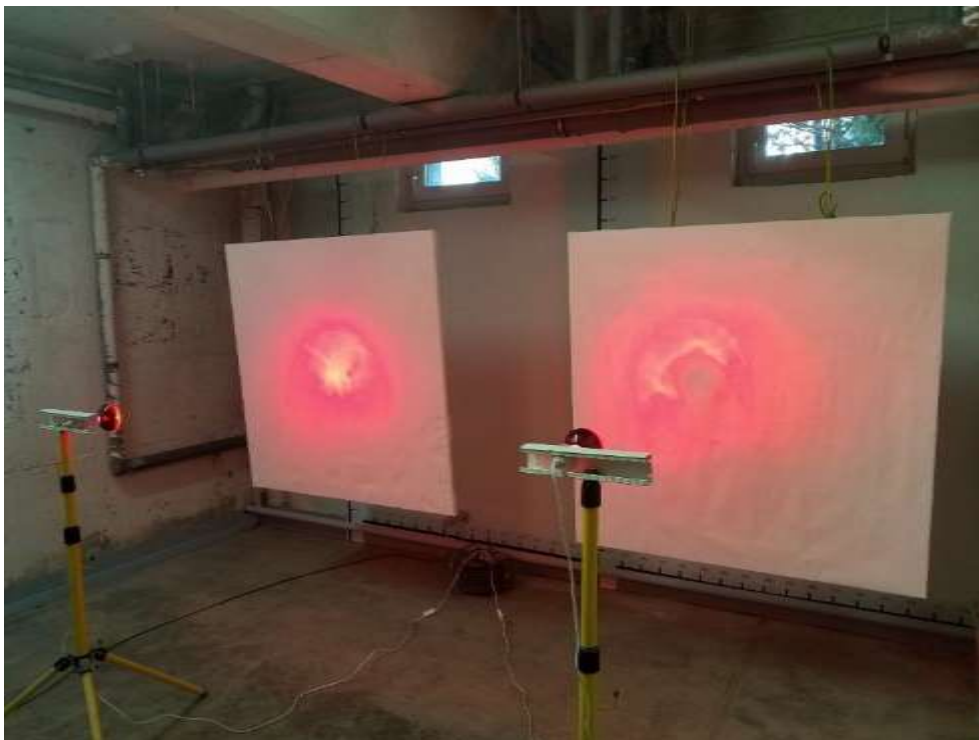
Messung: Thermografiereport
Beachte: die innere Uhr der Kamera startete mit
12:29 bei richtiger Uhrzeit 14:15
Übernahme der Werte in eine Datentabelle



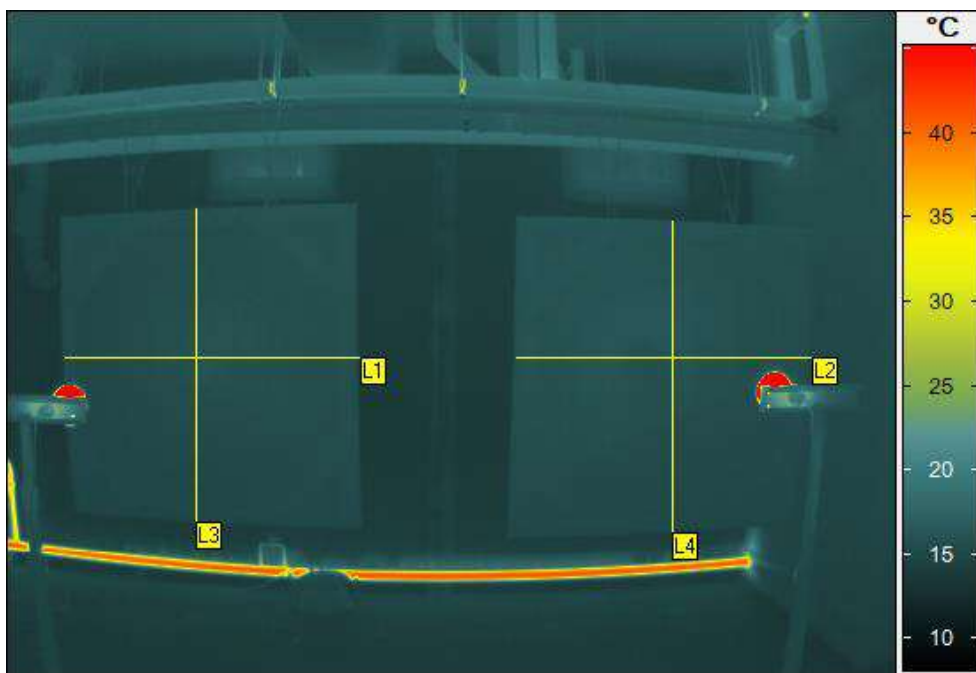
Die Testanordnung mit aufgehängten Trägerplatten aus aufgespannter Tapete, beschichtet mit ClimateCoating und Dispersionsfarbe. Dahinter aufgestellt ist eine Infrarotlampe auf einem Stativ. Die Abstände sind stets gleich. Angestrahlt wird die unbeschichtete Rückseite.



Der Test im laufenden Betrieb, d.h. mit angeschalteten Infrarotlampen.
Angestrahlt wird die unbeschichtete Rückseite.



Wechsel der Testanordnung mit frontal aufgestellten Infrarotlampen.
Angestrahlt wird die beschichtete Vorderseite.



Die Testanordnung mit frontal aufgestellten Infrarotlampen.
Die Bilder zeigen den Vergleich zwischen Foto (VIS) und Wärmebild (IR).

