

Raumklimaanalyse am 02.+03.03.2015 in Amersfoort, NL

Testräume und der Messanordnungen

Örtlichkeit und Testräume

Es handelte sich um Wohneinheiten im Seniorenwohnheim im Diamantweg in Amersfoort. Die Einheiten bestehen aus 2 Räumen, dem Flur und dem Bad/WC. Sie sind identisch groß und identisch hergerichtet: Fenster, Türen, Beläge, Bekleidungen, Einbauten – alles gleich; Maßabweichungen im Millimeterbereich. Testraum war jeweils der kleinere Raum der benachbarten Einheiten G20 und G22 im OG6. Das bedeutet: links und rechts neben den Testräumen befand sich je ein Leerraum in der unbewohnten Etage. Oberhalb des OG6 befindet sich ein Drempegelgeschoss des flach geneigten Daches (Kriechgang). Aufgrund der Bauweise sind auch die Ausrichtung der Testräume und deren Peripherie identisch. Bei beiden Testräumen verminderten die zugezogenen Vorhänge den Einfluss der selten durchkommenden Sonne auf die nach osten ausgerichteten Testräume.

Siehe Anhang 1 Raumgeometrie.

In den Protokollen bedeutet:

MR1	Messraum 1	G22	Dispersionsfarbe
MR2	Messraum 2	G20	ThermoShield

Startwerte und Umgebungsbedingungen

Das Wetter war an beiden Tag gleich: anfänglicher Sonnenschein wurde durch zunehmende Bewölkung ab 9:30 verdeckt und es zogen unterschiedlich starke Regenschauer auf. Die Außentemperatur betrug am 02.03.2015 gegen 9:15 10,7 °C und am 03.03.2015 gegen 9:15 6,9 °C (über Nacht min. 2,9 °C). Der Einfluss der Außenbedingungen auf die beiden Testräume war somit fast gleich, die Vorhänge waren jeweils zugezogen.

Die Messreihen beginnen stets mit einer Nullmessung, welche die Startwerte des jeweiligen Messraumes angibt. Zum Ablauf: siehe Anhang 2 Zeitprotokoll.

Messgeräte


- Raumklima-Analysator MS 01A von Prof. Dr.-Ing. Marx
siehe Anhang 3 Raumklima-analysator
- Fluke Wärmebildkamera TiR 105
eingestellt mit $\varepsilon = 0,95$ und 18°C Hintergrundtemperatur
<http://www.fluke.com/fluke/dede/Waermebildkamera/TiR105.htm?PID=74967>
- Voltcraft Energy Check 3000
zur Messung der Energieaufnahme der IR Paneele
- Thermometer BT20 von Trotec

Durchführende

Prof. Dr.-Ing. Peter Marx, MX Elektronik / Beuth Hochschule Berlin
Dipl.-Ing. Matthias G. Bumann, DIMaGB, Berlin

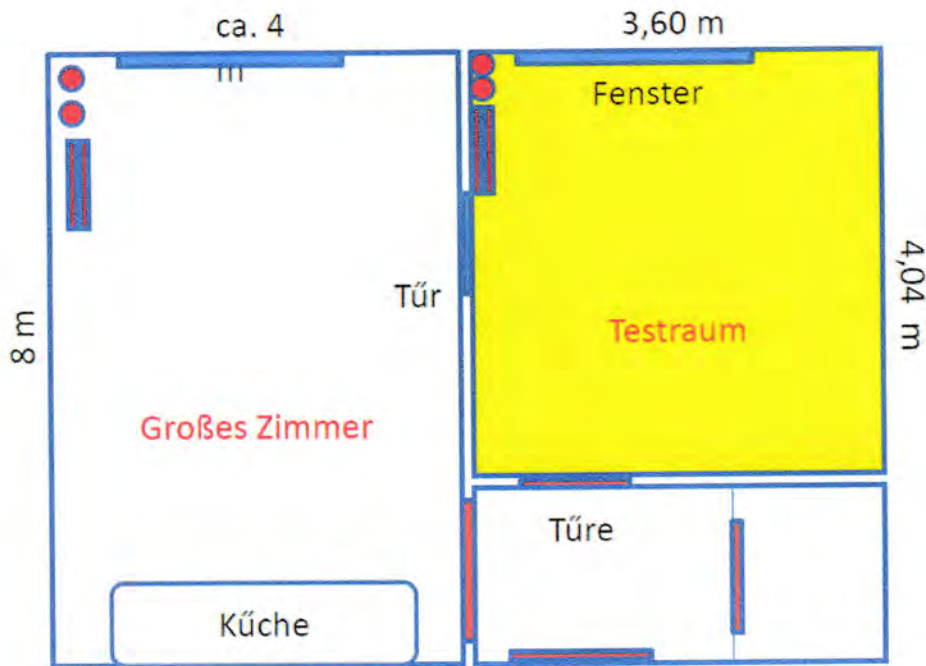
Auswertungen

Raumklimaanalyse 150303 Aufheizung HL RK (Heizlüfter, Raumklima)
Raumklimaanalyse 150303 Aufheizung IR RK (Infrarotheizer, Raumklima)
Raumklimaanalyse 150303 Aufheizung IR WOT (Infrarotheizer, Wandoberflächentemp.)
Raumklimaanalyse 150303 Feuchte 500 und 150 ml (Reaktion auf Wasserdampf)


Prof. Dr. P. Marx



Anhang 1: Raumgeometrie



Skizze einer Wohneinheit mit Testraum und Nachbarräumen (o.M.)
Die leichten Trennwände bestehen aus Gipskarton, sonst sind sie massiv.

Raumbreite	3,60 m
Raumtiefe	4,04 m
Raumhöhe	2,60 m
Umfang	15,28 m
Grundfläche	14,54 m ²
Wandfläche brutto	39,73 m ²
Hüllfläche brutto	68,82 m ²
Fenster	2,40 2,60 6,24 m ²
Schiebetür	1,10 2,22 2,44 m ²
Drehtür	1,10 2,16 2,38 m ²
Deckenpaneel	0,60 1,20 0,72 m ²
Heizkörper	0,46 0,91 0,42 m ²
Abzugsfläche	-12,20 m ²
Wirksame Fläche	42,08 m ²
Wandfläche netto	28,25 m ²
Deckenfläche netto	13,82 m ²
F W+D netto	42,08 m ²
Relation	61,14 %
Raumvolumen	37,81 m ³

Berechnungstabelle zur Raumgeometrie

Anhang 2: Zeitprotokoll

02.03.2015 09:10 Start Messtag 1
02.03.2015 09:50 MR1 Farbe Nullmessung
02.03.2015 11:27 MR1 Farbe Aufheizverhalten HL 3kW 15 Min.
02.03.2015 15:00 MR1 Farbe Nullmessung
02.03.2015 15:12 MR1 Farbe Feuchtereaktion 0,5 l vernebelt
02.03.2015 10:55 MR2 TS-I Nullmessung
02.03.2015 11:27 MR2 TS-I Aufheizverhalten HL 3kW 15 Min.
02.03.2015 15:40 MR2 TS-I Nullmessung
02.03.2015 15:55 MR2 TS-I Feuchtereaktion 0,5 l vernebelt
02.03.2015 16:15 Ende Messtag 1

03.03.2015 08:50 Start Messtag 2
03.03.2015 09:38 MR1 Farbe Nullmessung
03.03.2015 10:00 MR1 Farbe Aufheizverhalten IR 15 Min. M-f
03.03.2015 10:15 MR1 Farbe Aufheizverhalten IR 30 Min. M-f
03.03.2015 10:48 MR2 TS-I Nullmessung
03.03.2015 11:10 MR2 TS-I Aufheizverhalten IR 15 Min. M-f
03.03.2015 11:25 MR2 TS-I Aufheizverhalten IR 30 Min. M-f
03.03.2015 12:35 MR1 Farbe Nullmessung
03.03.2015 12:55 MR1 Farbe Aufheizverhalten IR 15 Min. M-a
03.03.2015 13:10 MR1 Farbe Aufheizverhalten IR 30 Min. M-a
03.03.2015 13:58 MR2 TS-I Nullmessung
03.03.2015 14:20 MR2 TS-I Aufheizverhalten IR 15 Min. M-a
03.03.2015 14:35 MR2 TS-I Aufheizverhalten IR 30 Min. M-a
03.03.2015 15:05 MR1 Farbe Wandoberfl.temp. IR 20 Min. Fluke
03.03.2015 15:30 MR2 TS-I Wandoberfl.temp. IR 20 Min. Fluke
03.03.2015 16:15 MR1 Farbe Nullmessung
03.03.2015 16:22 MR1 Farbe Feuchtereaktion 0,15 l vernebelt
03.03.2015 16:29 MR2 TS-I Nullmessung
03.03.2015 16:38 MR2 TS-I Feuchtereaktion 0,15 l vernebelt
03.03.2015 17:05 Ende Messtag 2

Legende:

Nullmessung	Ermittlung der Startwerte
MR1, Farbe	Messraum 1, Dispersionfarbe
MR2, TS-I	Messraum 2, ThermoShield Interieur
HL	Heizlüfter, elektrisch
0,5 l vernebelt	Wassermenge mit Vernebler
IR	IR Deckenpaneel
M-f	Messkopf freistehend
M-a	Messkopf abgeschirmt
Fluke	Wärmebildkamera Fluke

Anhang 3: Raumklimaanalysator

Eingesetzt wurde der Raumklima-Analysator MS 01A, über den bereits in der Fachzeitschrift „Heizung - Lüftung - Haustechnik“ 26 (1975) Nr. 9, S. 317-321 [1] berichtet wurde.

Mit dem Gerät werden in wenigen Minuten die zur Beurteilung des thermischen Raumklimas relevanten Raumklima-Komponenten Lufttemperatur - relative Feuchte, Infrarot-Strahlungstemperatur (mittlere Temperatur der Raumumschließungsflächen), Luftbewegung und empfundene Temperatur - schnell und exakt gemessen und mittels eines speziellen Nomogramms übersichtlich dargestellt und dokumentiert. Der Raumklima-Analysator MS 01A wurde in Zusammenarbeit mit dem Bundesgesundheitsamt in Berlin entwickelt.



Der Messkopf besteht aus zwei Heißeiter-Sensoren zur Messung der Lufttemperaturen (trocken und feucht), sowie zwei Messkugeln zur Erfassung der Abkühlung durch Konvektion und Wärmestrahlung. Die Mess- und Regelelektronik umfasst die Mess- und Regelverstärker, ein Anzeigeinstrument der Güteklasse 0,5 und die elektronisch geregelte Stromversorgung.

Die relative Feuchte wird über die psychrometrische Differenz bestimmt. Die mittlere Temperatur der Raumumschließungsflächen ergibt sich durch gleichzeitige Messung der Abkühlung durch Konvektion (vergoldete Messkugel) sowie der Abkühlung durch Konvektion und Strahlung (schwarze Messkugel). Die Luftbewegung resultiert aus konvektiver Abkühlung der vergoldeten Kugel und der Lufttemperatur.

Mit dem Raumklima-Analysator MS 01A werden seit Mitte der 70er Raumklima-Analysen durchgeführt, um energetische und arbeitsplatz- bzw. wohnhygienische Probleme sicher beurteilen und optimal lösen zu können. Zahlreiche staatliche Stellen und Institute gehören zum Kreis derer, die das Gerät gekauft haben und einsetzen.

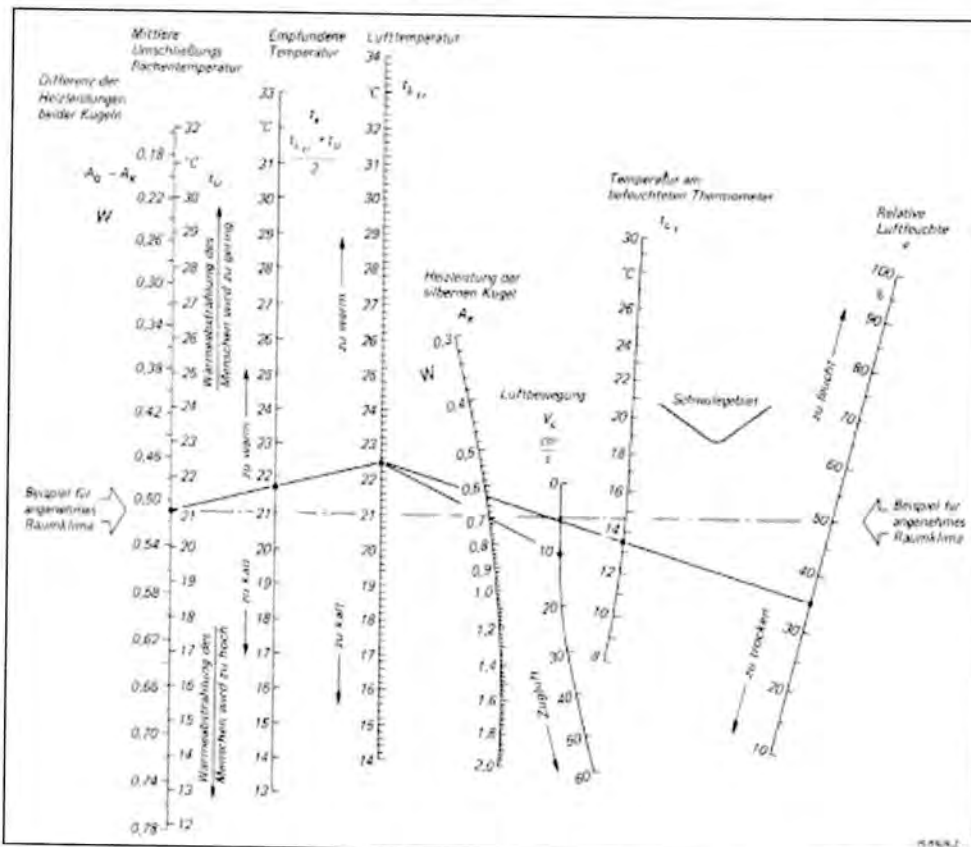
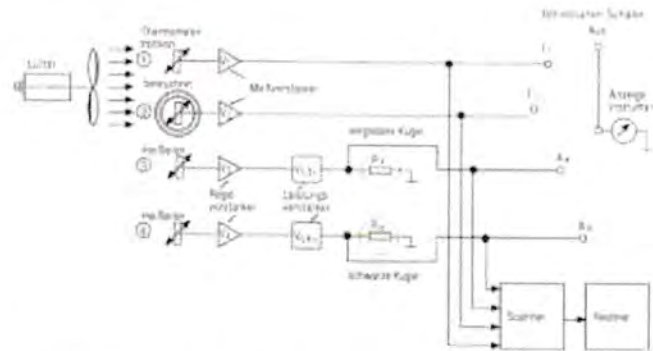
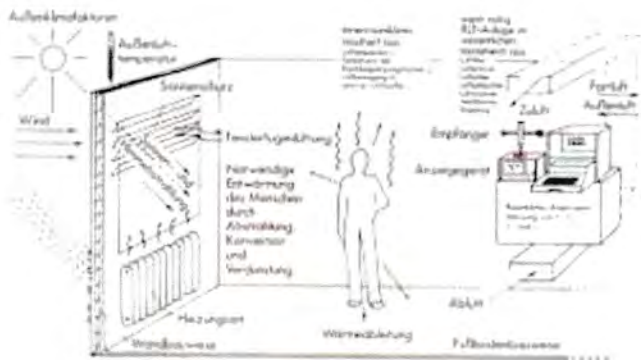


Bild 1: Nomogramm zu einer Messung aus [1]

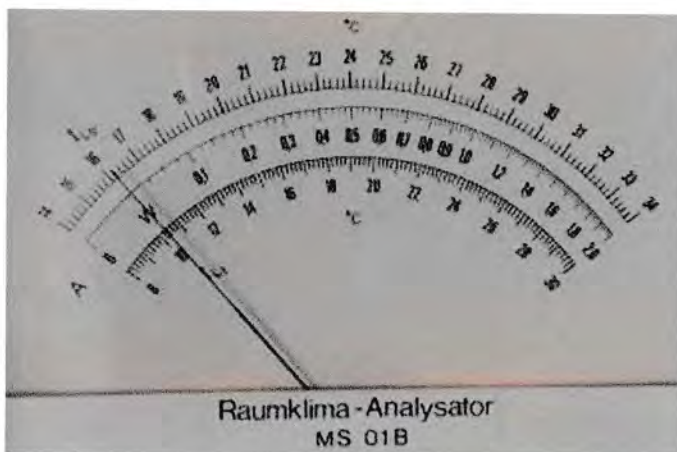
Bei der durch das Nomogramm verdeutlichten wissenschaftlich anerkannten Mess- und Auswertungsmethode werden die Einflussgrößen Konvektion und Feuchte erfasst, wobei der Mensch im Mittelpunkt der Betrachtung steht. Letztendlich geht es nicht darum, es im Gebäude nur im Winter „warm“ und im Sommer „kühl“ zu haben, sondern das Ziel sollte in einem ganzjährigen Erhalt der Behaglichkeit bestehen.



Blockschaltbild des Raumklimaanalysators



Der Mensch im Klima des umbauten Raumes



Die Anzeigeeinheit vom Raumklimaanalysator

Anhang 4: Dokumentation, Protokolle

[illegible]

Es wurden Ablaufprotokolle gefertigt und es erfolgte eine Fotodokumentation.

Außen-Temperatur: 3°C rel. Außenfeuchte: 88%
IRK-Messung im Raum: 2 $P_{\text{Raum}} = 10\text{m}^2$
 Mess-Nr.: 1 2 3 4 5 6 Datum: 3.2.15 Zeit: 11:00h
 Mess-Parameter: $\varnothing_{\text{NH}} (1)$
 $\varnothing_{\text{NS}} (2)$ $\varnothing_{\text{NS}} (15)$

A_{G1}	A_{G2}	$A_{\text{G1}} - A_{\text{G2}} =$
1,5	1,15	
1,84	1,26	
1,18	1,16	
1,3	1,17	
1,1	1,16	
1,15	1,15	
$\overline{1,14}$	$\overline{1,15}$	

$w_{\text{NH}} = 1$

A_{G1}	A_{G2}	$A_{\text{G1}} - A_{\text{G2}} =$
1,76	1,16	
1,64	1,18	
1,7	1,16	
1,24	1,17	
1,14	1,15	
$\overline{1,44}$	$\overline{1,15}$	

$w_{\text{NS}} = 1,5$

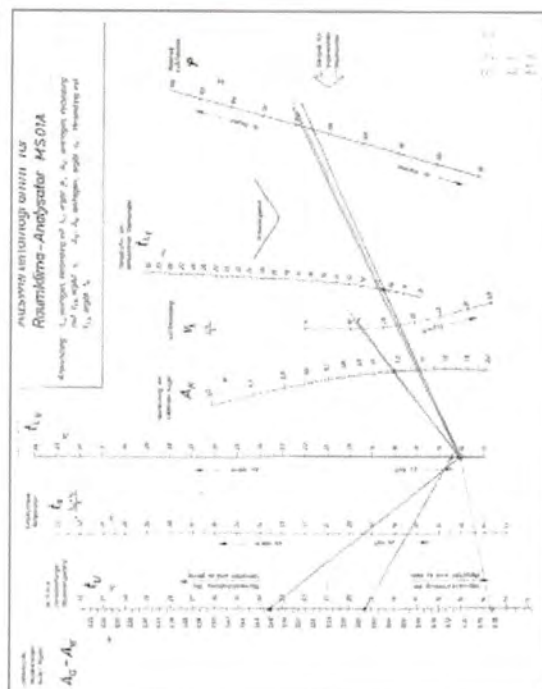
$t_{\text{Lu}} 1^{\circ}\text{C} = 15,0$ $t_{\text{Lu}} 2^{\circ}\text{C} = 15,1$ $t_{\text{Lu}} 3^{\circ}\text{C} = 15,2$

$\phi 1\% = 88$ $\phi 2\% = 88$ $\phi 3\% = 88$

$V_{\text{L1cm/s}} = 13,0$ $V_{\text{L2cm/s}} = 13,0$ $V_{\text{L3cm/s}} = 13,0$

$t_{\text{e}} 1^{\circ}\text{C} = 15,7$ $t_{\text{e}} 2^{\circ}\text{C} = 15,6$ $t_{\text{e}} 3^{\circ}\text{C} = 15,6$

$t_{\text{a}} 1^{\circ}\text{C} = 15,8$ $t_{\text{a}} 2^{\circ}\text{C} = 15,4$ $t_{\text{a}} 3^{\circ}\text{C} = 15,4$



Faksimile von einem Messprotokoll und dem dazu gehörigem Nomogramm.

Raumklimaanalyse am 02.03.2015 in Amersfoort, NL

Vergleich des Aufheizverhaltens mit Heizlüfter in identischen Räumen

Vergleich der Werteveränderung des Raumklimas

Die Messung fand in identischen Räumen statt (siehe Anlage Messräume). Der Unterschied bestand in der Wand- und Deckenbeschichtung: Dispersionsfarbe vs. ThermoShield Interieur. Gemessen wurde die Veränderung der Raumklimaparameter des Raumes mit dem Raumklimaanalysator nach dem Aufheizvorgang.

Der Versuchsaufbau:

Die Leistungsaufnahme des Heizlüfters betrug 2,88 kW (Nennwert 3 kW). Er wurde jeweils voll aufgeregelt für 15 Minuten betrieben. Somit wurden jeweils 0,72 kWh Wärmeenergie in den Messraum eingebracht.

Das Ergebnis:

Die Lufttemperaturen trocken und feucht nehmen im ThermoShield-Raum stärker zu.

Die Hüllflächen- und die Empfindungstemperatur nehmen im ThermoShield-Raum stärker zu.

Die relative Luftfeuchte nimmt im ThermoShield-Raum um 5%-Punkte stärker ab.

Die Luftbewegung nimmt im Farbe-Raum zu, im ThermoShield-Raum etwas ab.

Fazit: die thermische Behaglichkeit wird im ThermoShield-Raum schneller erreicht.

Umkehrschluss: die vergleichbare Behaglichkeit wird im ThermoShield-Raum mit geringerem Energieeinsatz erreicht, weil das Aufheizverhalten besser ist.

	vorher	nachher	Δ	vorher	nachher	Δ			
	Farbe	Farbe	Farbe	TS-I	TS-I	TS-I		Farbe	TS-I
t Ltr	16,80	23,40	6,60	16,30	24,60	8,30	Δ t Ltr	6,60	8,30
t Lf	11,10	15,60	4,50	11,20	16,20	5,00	Δ t Lf	4,50	5,00
ϕ	50,00	44,00	-6,00	54,00	43,00	-11,00	Δ rel LF	-6,00	-11,00
v L	14,00	25,00	11,00	21,00	19,00	-2,00	Δ v L	11,00	-2,00
t u	16,60	17,60	1,00	16,60	19,30	2,70	Δ t u	1,00	2,70
t e	16,70	20,50	3,80	16,45	22,00	5,55	Δ t e	3,80	5,55

Datentabellen der Messwerte sowie der Unterschiedswerte

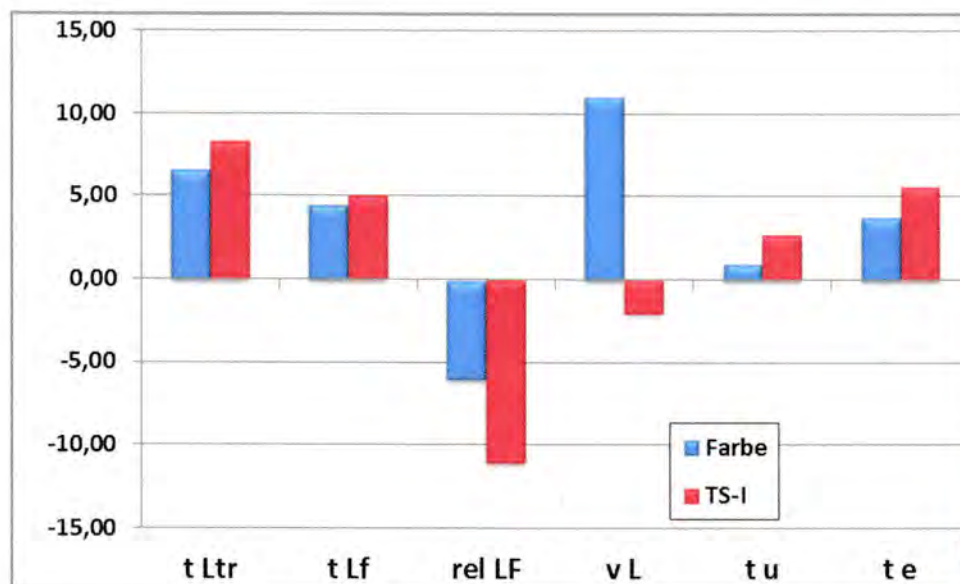


Diagramm der Unterschiedswerte

Marx
Prof. Dr. P. Marx



Raumklimaanalyse am 03.03.2015 in Amersfoort, NL

Vergleich des Aufheizverhaltens in identischen Räumen mit IR-Deckenpaneel

Vergleich der Anhebung der Oberflächentemperatur der Innenwand

Die Messung fand in identischen Räumen statt (siehe Anlage Messräume). Der Unterschied bestand in der Wand- und Deckenbeschichtung: Dispersionsfarbe vs. ThermoShield Interieur. Gemessen wurde die Veränderung der Wandoberflächentemperatur des ausgekühlten Raumes über den Zeitraum von je 20 Minuten mit einer Wärmebildkamera Fluke TiR 105.

Der Versuchsaufbau:

Die Wärmebildkamera wird auf einen Tisch gelegt und gegen Kippen gesichert. Person 1 sitzt neben dem Tisch und hat die Kamera in der Hand, um die Werte abzulesen und IR-Bilder zu fertigen. Person 2 führt Protokoll zur Zeitschiene mit den Ablesewerten. Die Ablesewerte werden alle halbe Minute aufgezeichnet, die IR-Bilder werden im Minutentakt gefertigt. Zur möglichst gleichen Ausrichtung auf die Wandfläche ist ein markanter Punkt zu wählen, im vorliegenden Fall war dies eine Steckdose, die man auf den IR-Abbildern erkennt. Der Zeitverlauf wird mittels Stoppuhr überprüft, eine Uhr-App auf dem Smartphone tut dies gut mit großen Zahlen. Die Leistungsaufnahme der IR-Deckenpaneele wird mit einem Energiekosten-Messgerät VOLT CRAFT Energy Check 3000 o.ä. gemessen.

Die Ablesewerte betreffen den Mittelpunktswert des IR-Fensters. Die in der Abbildung der Datendateien erkennbare Einfärbung (grün und blau) beruht auf der automatischen Skalierung. Zur Vergleichbarkeit ist mittels der Auswertungssoftware jedes Bild gleich zu skalieren. Hier genügt zunächst die Erfassung der Temperaturwerte des Mittelpunktes vom Messfeld.

Im Messraum 1 (Farbe) erfolgte die Temperaturanhebung von 13,1 °C auf 13,7 °C innerhalb von 20 Minuten. Im Messraum 2 (ThermoShield) erfolgte die Temperaturanhebung von 12,7 °C auf 13,4 °C innerhalb von 20 Minuten. Der Unterschied beträgt 0,6 bzw. 0,7 °C, bezogen auf den Startwert.

Dieses Ergebnis ist jedoch ohne Aussagekraft. Erst mit Hinzuziehen der Leistungsdaten der IR-Deckenpaneele wird eine quantitative Beurteilung bzw. eine Vergleichbarkeit an sich möglich. Dies verdeutlichen die Werte am Ende der Datentabelle in Anhang 1. Trotz der Baugleichheit hat das Heizpaneel im Messraum 2 (ThermoShield) nur 82% der elektrischen Leistung des Paneels im Messraum 1 aufgenommen und somit auch abgegeben (die Wärmeabgabe an die Decke als Untergrund wird als nur marginal unterschiedlich angenommen, die unterschiedliche Energieaufnahme und -abgabe spiegelt sich in unterschiedlichen Oberflächentemperaturen wider).

Als Maß der Vergleichbarkeit dient die Aufheizgeschwindigkeit v , die in K/kWh angegeben wird. Bekannt ist die in den Raum hinein gegebene Energiemenge, wo elektrischer Strom in Wärme umgewandelt wird. Der Zeitraum ist gleich und die Temperaturwerte werden abgelesen und aufgezeichnet. So wurde in diesem Versuch eine um rd. 42% höhere Aufheizgeschwindigkeit im Messraum 2 (ThermoShield) ermittelt.

Vom hier dokumentierten Ergebnis auf eine Energieeinsparung durch eine Innenbeschichtung mit ThermoShield um 20 bzw. 40% infolge des verbesserten Aufheizverhaltens im Vergleich zu einer Dispersionsfarbe zu schließen, ist unzulässig. Dafür sind die Zusammenhänge hinsichtlich Innenraumklima und Behaglichkeit zu komplex.

Eine qualitative Wertung ist jedenfalls möglich: eine Innenbeschichtung der Decken- und Wandflächen mit ThermoShield Interieur verbessert signifikant das Aufheizverhalten und trägt somit zu einer Energieeinsparung bei. Der Raum wird entweder schneller warm oder man muss weniger Energie aufwenden, um zu einer vergleichbaren Temperaturanhebung der Hüllflächen zu gelangen.



Prof. Dr. P. Marx



Anhang 1: die Messdaten, roh und umgerechnet

						0,4
Min.	Farbe	TS-I	Min.	Farbe	TS-I	
0,5	13,1	12,7	0,5	13,1	13,1	
1,0	13,1	12,7	1,0	13,1	13,1	
1,5	13,0	13,0	1,5	13,0	13,4	
2,0	13,2	13,2	2,0	13,2	13,6	
2,5	13,3	13,3	2,5	13,3	13,7	
3,0	13,6	13,3	3,0	13,6	13,7	
3,5	13,6	13,2	3,5	13,6	13,6	
4,0	13,0	13,2	4,0	13,0	13,6	
4,5	13,2	13,2	4,5	13,2	13,6	
5,0	13,0	13,2	5,0	13,0	13,6	
5,5	13,4	13,2	5,5	13,4	13,6	
6,0	13,0	13,2	6,0	13,0	13,6	
6,5	13,4	13,2	6,5	13,4	13,6	
7,0	13,5	13,3	7,0	13,5	13,7	
7,5	13,5	13,4	7,5	13,5	13,8	
8,0	13,4	13,5	8,0	13,4	13,9	
8,5	13,2	13,3	8,5	13,2	13,7	
9,0	13,5	13,4	9,0	13,5	13,8	
9,5	13,4	13,4	9,5	13,4	13,8	
10,0	13,4	13,5	10,0	13,4	13,9	
10,5	13,5	13,5	10,5	13,5	13,9	
11,0	13,5	13,5	11,0	13,5	13,9	
11,5	13,5	13,5	11,5	13,5	13,9	
12,0	13,7	13,4	12,0	13,7	13,8	
12,5	13,5	13,4	12,5	13,5	13,8	
13,0	13,4	13,4	13,0	13,4	13,8	
13,5	13,6	13,4	13,5	13,6	13,8	
14,0	13,3	13,1	14,0	13,3	13,5	
14,5	13,6	13,5	14,5	13,6	13,9	
15,0	13,5	13,2	15,0	13,5	13,6	
15,5	13,5	13,5	15,5	13,5	13,9	
16,0	13,5	13,5	16,0	13,5	13,9	
16,5	13,7	13,6	16,5	13,7	14,0	
17,0	13,6	13,5	17,0	13,6	13,9	
17,5	13,5	13,6	17,5	13,5	14,0	
18,0	13,4	13,5	18,0	13,4	13,9	
18,5	13,4	13,4	18,5	13,4	13,8	
19,0	13,5	13,5	19,0	13,5	13,9	
19,5	13,8	13,6	19,5	13,8	14,0	
20,0	13,7	13,4	20,0	13,7	13,8	
ΔT [K]	0,6	0,7		0,6	0,7	
Q [kWh]	0,413	0,340		0,413	0,340	
	100,0%	82,3%		100,0%	82,3%	
v [K/kWh]	1,5	2,1		1,5	2,1	
	100,0%	141,7%		100,0%	141,7%	

Datentabelle, links: die Rohdaten für Messraum 1 (linke Spalte: MR1 = Farbe) und Messraum 2 (rechte Spalte: MR2 = ThermoShield), die Zeitlinie ist in halben Minuten dargestellt; rechts dieselben Daten, aber auf einen gleichen Startwert umgerechnet (für MR2 ThermoShield)

Anhang 2: Grafische Umsetzung der Datenreihen

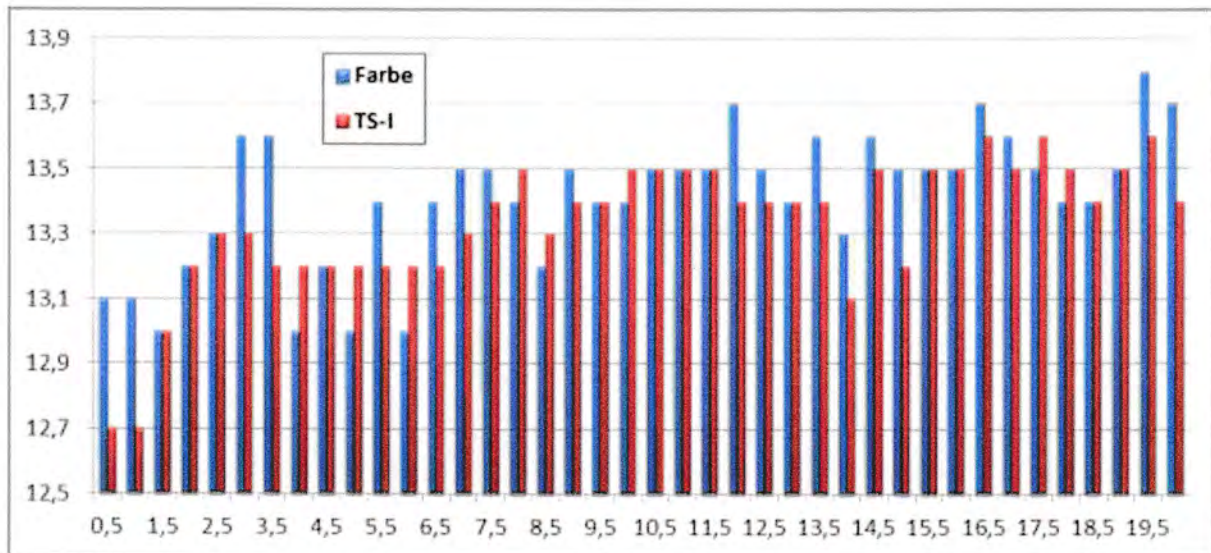


Abbildung 1: Grafische Darstellung der Rohdaten der beiden Messungen, Messräume MR1 (Farbe) und MR2 (TS-I) über 20 Minuten

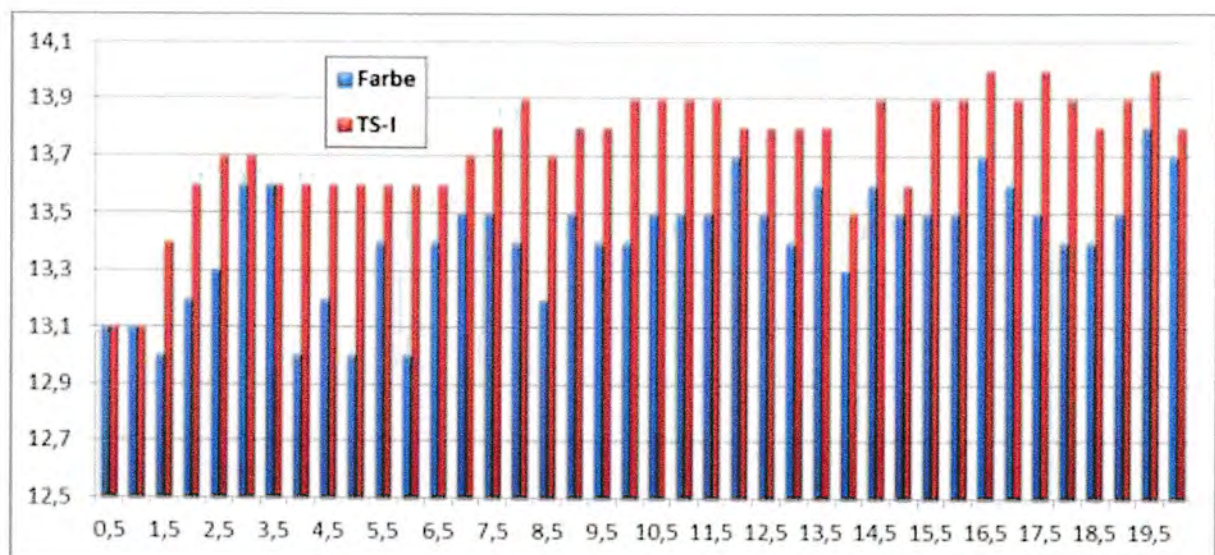


Abbildung 2: Grafische Darstellung der auf gleiche Startwerte umgerechneten Daten der beiden Messungen, Messräume MR1 (Farbe) und MR2 (TS-I) über 20 Minuten; für MR2 wurden die gemessenen Werte je um 0,4 °C hochgesetzt, um auf gleiche Ausgangswerte von 13,1 °C zu kommen.

Anhang 3: Dokumentation mit IR-Dateien

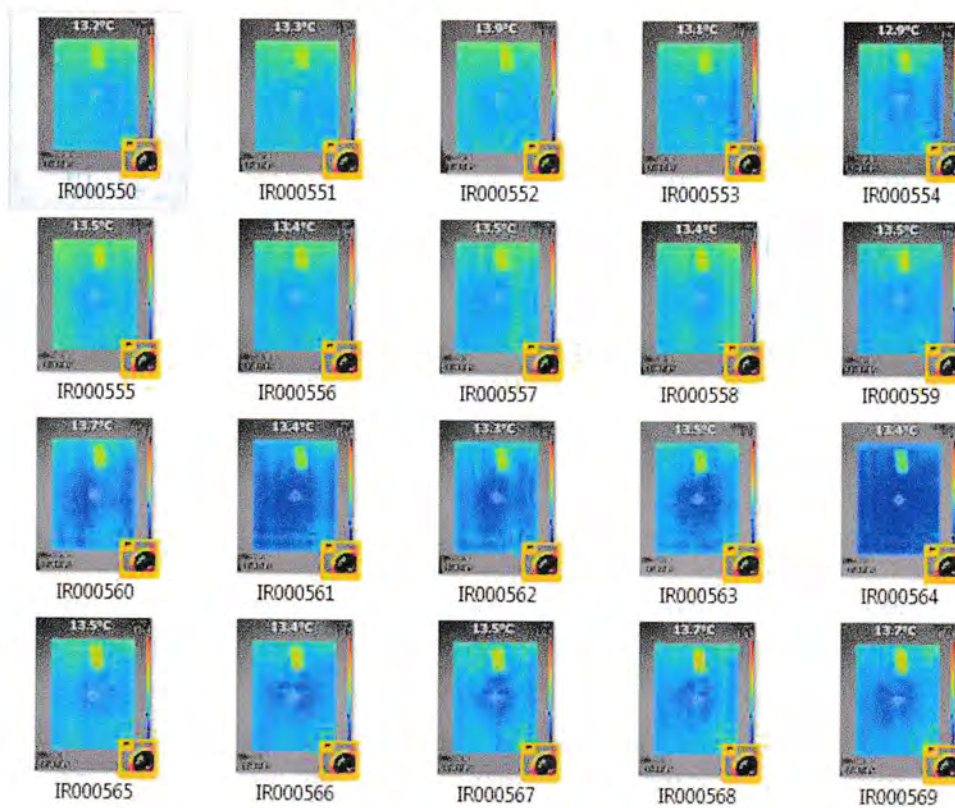


Abbildung 3: Schnappschuss aus dem Dateiordner der IR-Dateien zu MR1

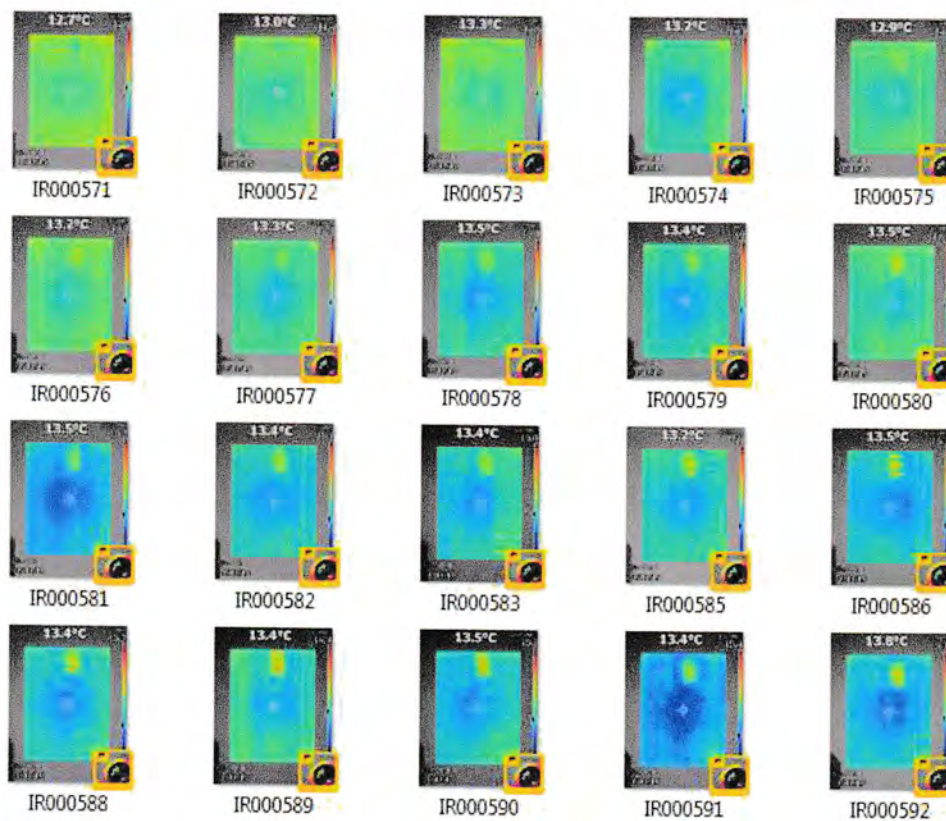


Abbildung 4: Schnappschuss aus dem Dateiordner der IR-Dateien zu MR2

Anhang 4: Ergebnisdarstellung

Min.	Farbe	TS-I	Min.	Farbe	TS-I
0	13,1	12,7	0	13,1	13,1
5,0	13,2	13,1	5,0	13,2	13,5
10,0	13,4	13,3	10,0	13,4	13,7
15,0	13,5	13,4	15,0	13,5	13,8
20,0	13,6	13,5	20,0	13,6	13,9

Abbildung 5: Datentabellen der 5-Minuten-Mittel aus der Tabelle in Anhang 1

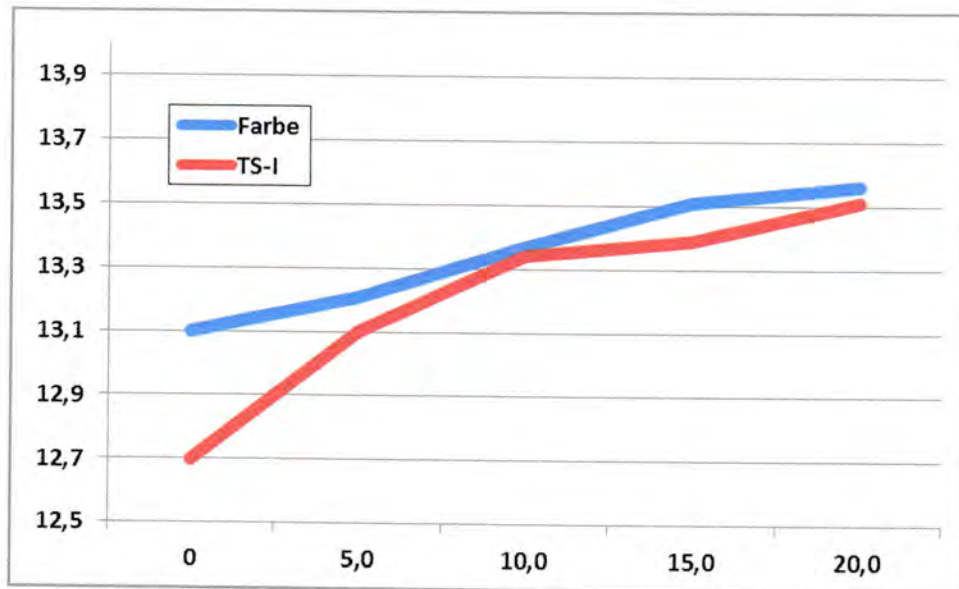


Abbildung 6: Temperaturverlauf der Wandoberfläche (Rohdaten)

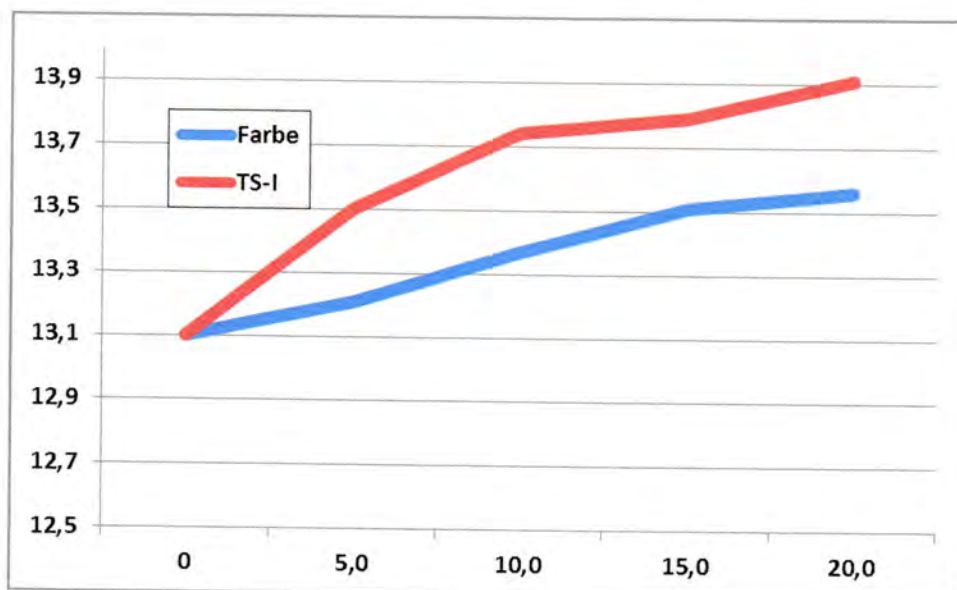


Abbildung 7: Temperaturverlauf der Wandoberfläche (Startwerte gleichgesetzt)

Raumklimaanalyse am 03.03.2015 in Amersfoort, NL

Vergleich des Aufheizverhaltens mit IR Deckenpaneel in identischen Räumen Vergleich der Werteveränderung des Raumklimas

Die Messung fand in identischen Räumen statt (siehe Anlage Messräume). Der Unterschied bestand in der Wand- und Deckenbeschichtung: Dispersionsfarbe vs. ThermoShield Interieur. Gemessen wurde die Veränderung der Raumklimaparameter des Raumes mit dem Raumklimaanalysator nach dem Aufheizvorgang.

Der Versuchsaufbau:

Der Raumklimaanalysator stand mittig im Raum, d.h. der Messkopf auf dem Stativ. Die IR-Deckenpaneele wurden jeweils 30 Minuten lang betrieben. Gemessen wurde nach 15 und nach 30 Minuten. Da die Aufheizzeit bei voll aufgeregelten Strahlern gleich war, wurde die jeweilige Leistungsaufnahme gemessen, um eine Vergleichbarkeit herzustellen.

Das Ergebnis:

In beiden Räumen gab es keine Veränderung der Luftbewegung.

Im ThermoShield-Raum nahm die rel. Luftfeuchte weniger zu als im Farbe-Raum.

Im ThermoShield-Raum nahm die Lufttemperatur weniger zu als im Farbe-Raum.

Im ThermoShield-Raum nahm die Hüllflächentemperatur stärker zu als im Farbe-Raum.

Im ThermoShield-Raum nahm folglich die Empfindungstemperatur stärker zu.

Die Leistungsaufnahme des IR-Paneels im ThermoShield-Raum betrug rd. 10% weniger. Zwecks Vergleichbarkeit wurden die Aufheizgeschwindigkeiten berechnet.

	Farbe (1) 0	Farbe (2) +15	Farbe (3) +30	TS-I (1) 0	TS-I (2) +15	TS-I (3) +30		Vergleich		
t Ltr	14,00	14,95	15,35	15,00	15,10	15,40	Δ t Ltr	1,35	0,40	
t Lf	9,00	10,40	10,80	10,70	10,40	10,80	Δ t Lf	1,80	0,10	
ϕ	52,00	56,00	55,00	57,00	55,00	58,00	Δ rel LF	3,00	1,00	
v L	10,50	10,50	10,50	13,00	13,00	13,00	Δ v L	0,00	0,00	
t u	15,40	20,00	19,70	13,70	23,60	19,40	Δ t u	4,30	5,70	6,29
t e	14,70	17,48	17,53	14,35	19,35	17,40	Δ t e	2,83	3,05	3,37

Datentabellen der Messwerte sowie der Unterschiedswerte; TS-I *: es handelt sich um im Verhältnis der zugeführten Energiemengen in kWh (0,598:0,542) umgerechnet Werte

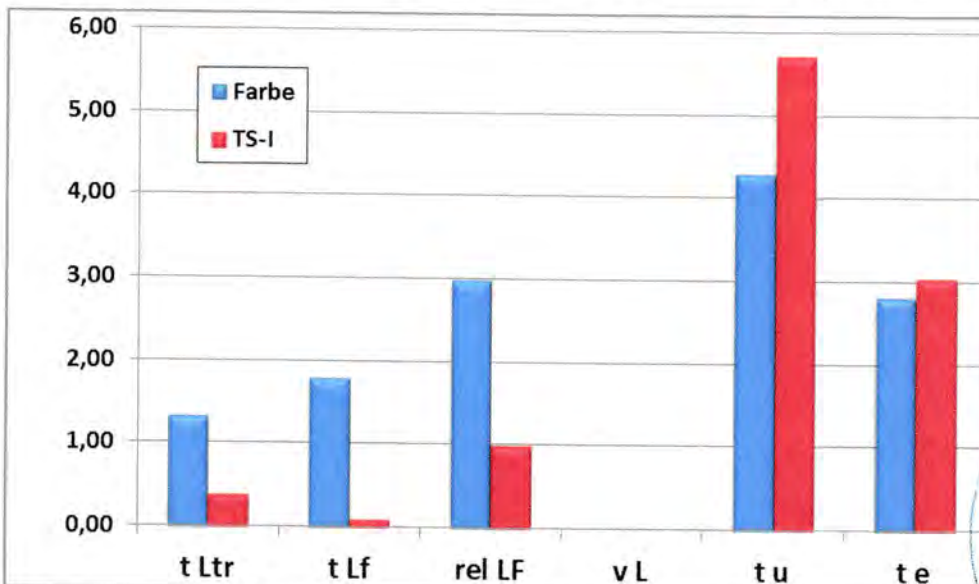


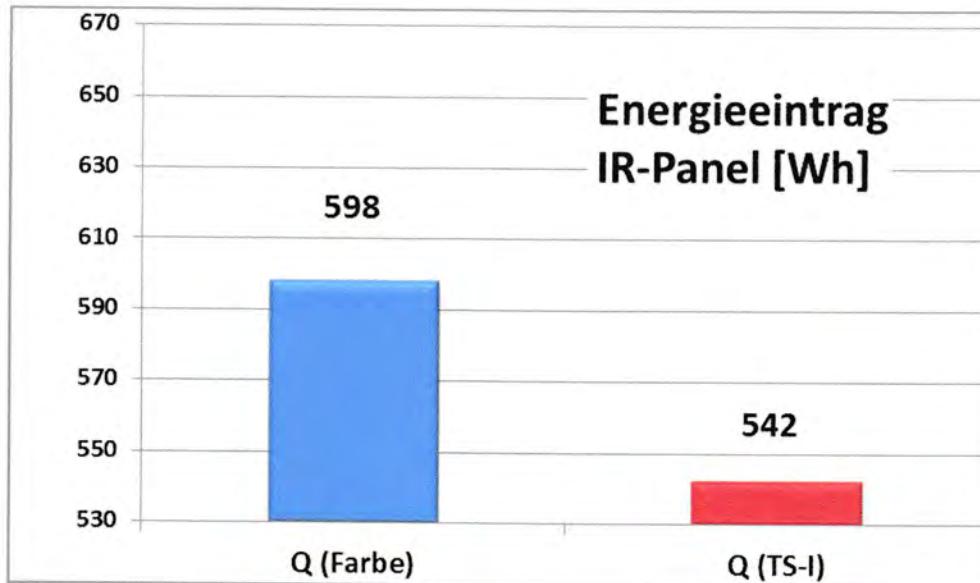
Diagramm der Unterschiedswerte

Marx
Prof. Dr. P. Marx



Q (Farbe)	598	Wh	100,0%
Q (TS-I)	542	Wh	90,6%

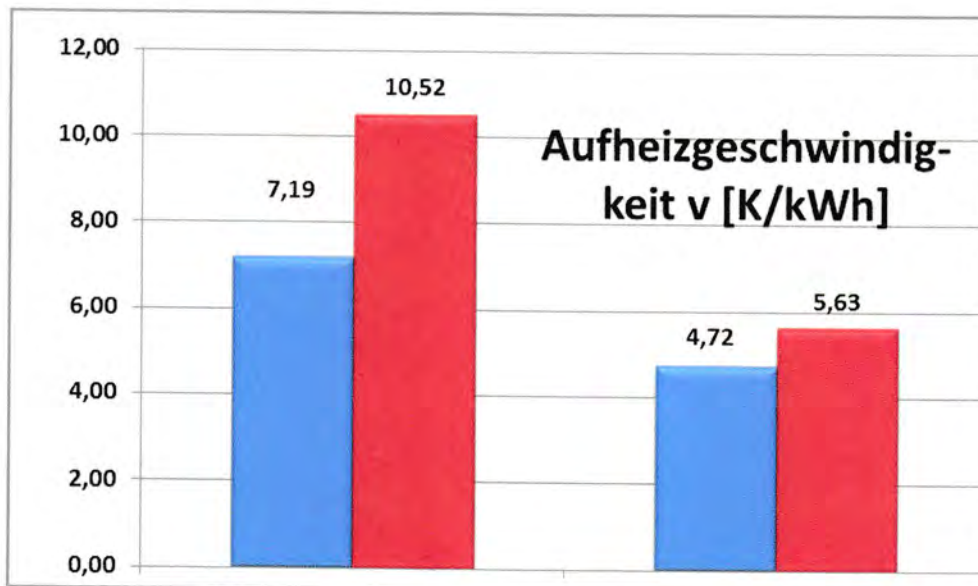
Datentabelle der Leistungsaufnahme der IR-Deckenpaneele



Vergleich der Leistungsaufnahme der IR-Deckenpaneele

	Farbe	TS-I
v (t u)	7,19	10,52
v (t e)	4,72	5,63

Datentabelle der Aufheizgeschwindigkeiten



Vergleich der Aufheizgeschwindigkeiten zu tu und te

Fazit: die thermische Behaglichkeit wird im ThermoShield-Raum schneller erreicht.
 Umkehrschluss: die vergleichbare Behaglichkeit wird im ThermoShield-Raum mit geringerem Energieeinsatz erreicht, weil das Aufheizverhalten besser ist.
 Die thermische Behaglichkeit ist besser im Vergleich zum Einsatz des Heizlüfters.

Raumklimaanalyse am 02.+03.03.2015 in Amersfoort, NL

Vergleich der Reaktion auf Luftfeuchterhöhung in identischen Räumen

Vergleich der Werteveränderung des Raumklimas

Die Messung fand in identischen Räumen statt (siehe Anlage Messräume). Der Unterschied bestand in der Wand- und Deckenbeschichtung: Dispersionsfarbe vs. ThermoShield Interieur. Gemessen wurde die Veränderung der Raumklimaparameter des Raumes mit dem Raumklimaanalysator nach dem Einbringen von Feuchte durch Kaltvernebeln von Wasser.

Im ersten Durchgang am 02.03.2015 wurden 500 ml Wasser vernebelt. Bei diesen Versuch wurde in Kauf genommen, dass das Raumklima einen Schock erleidet, weil es sich um eine große Menge an Feuchte handelt.

Im zweiten Durchgang am 03.03.2015 wurden 150 ml Wasser vernebelt. Bei diesem Versuch stand folgende Überlegung dahinter:
Das Raumvolumen beträgt rd. 38 cbm.
Bei 17°C entsprechen 55% rel.LF: 8,0 g/m³ H₂O.
Bei 17°C entsprechen 80% rel.LF: 11,6 g/m³ H₂O.
Bei 17°C beträgt somit die Differenz 3,6 g/m³.
Bei 38 cbm ergibt das rd. 137 ml Wasser.
Diese werden zum Abmessen im Messbecher aufgerundet zu 150 ml.

Ergebnisse:

Die Messungen erfolgten jeweils gleich nach dem Ende des Vernebelns. Es handelt sich um Augenblickswerte ohne folgende Zeitreihe.

Durchgang am 02.03.2015 mit 500 ml Wasser

Die rel. LF im Farbe-Raum steigt von 54% auf 90%.
Die rel. LF im ThermoShield-Raum steigt von 60% auf 90%.
Die rel. LF im ThermoShield-Raum steigt etwas weniger an.
Die rel. LF steigt in beiden Räumen nicht über 90%.

Die Lufttemperatur trocken fällt um 2,6 bzw. 2,0 °C.
Die Lufttemperatur feucht steigt gleichermaßen leicht an.
Der Kühleffekt (tu, te) ist im ThermoShield-Raum stärker.

Durchgang am 03.03.2015 mit 150 ml Wasser

Die rel. LF im Farbe-Raum steigt von 57% auf 67,5%.
Die rel. LF im ThermoShield-Raum steigt von 48% auf 67,5%.
Die rel. LF im ThermoShield-Raum steigt etwas höher an.
Die rel. LF steigt in beiden Räumen nicht über 67,5%.

Die Lufttemperatur trocken wird so gut wie nicht (Farbe) / nicht (TS-I) verändert.
Die Lufttemperatur feucht steigt gleichermaßen leicht an.
Die Lufttemperatur feucht steigt bei 150 ml Wassernebel an wie bei 500 ml Wassernebel.

Der Kühleffekt (tu, te) ist im ThermoShield-Raum auffällig stärker.
Der Kühleffekt (tu, te) ist im ThermoShield-Raum mit 150 ml Wassernebel stärker ausgeprägt als mit 500 ml Wassernebel.

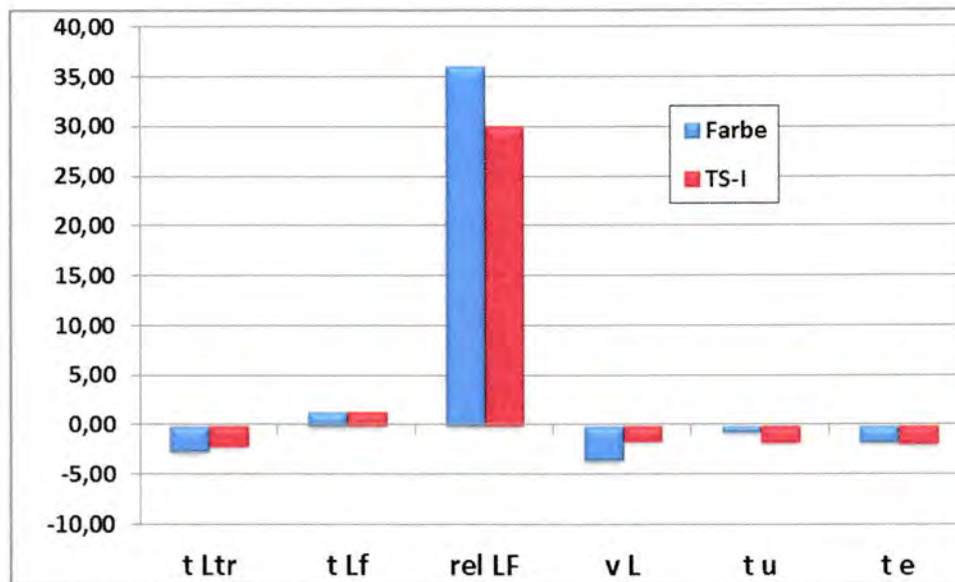
Der Versuch zeigt, dass bei einer überhöht eingebrachten Feuchtemenge die ThermoShield Membran „abriegelt“, d.h. nur eine begrenzte Menge an Feuchte aus dem Wassernebel aufnimmt.
Bei normal proportionierter Feuchtemenge erfolgt deren Absorption schneller.

Marx
Prof. Dr. P. Marx

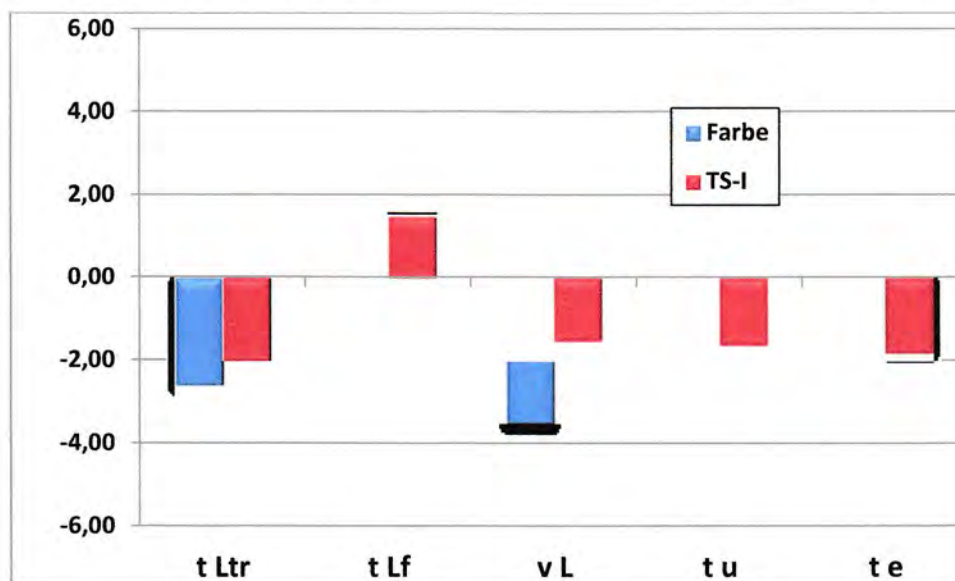


	vorher	nachher	Δ	vorher	nachher	Δ
	Farbe	Farbe	Farbe	TS-I	TS-I	TS-I
t Ltr	16,60	14,00	-2,60	16,00	14,00	-2,00
t Lf	11,50	13,00	1,50	11,70	13,20	1,50
ϕ	54,00	90,00	36,00	60,00	90,00	30,00
v L	9,50	6,00	-3,50	7,50	6,00	-1,50
t u	16,30	15,70	-0,60	17,30	15,70	-1,60
t e	16,45	14,80	-1,65	16,60	14,80	-1,80

Datentabelle der Reaktion auf **500 ml** Wassernebel



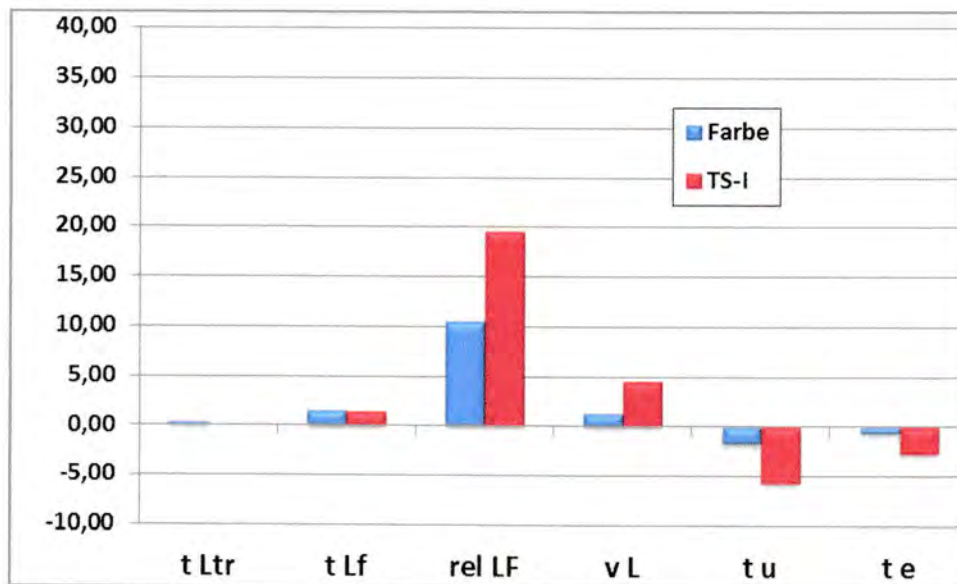
Grafik der Unterschiedswerte der Raumklimaparameter (500 ml Wassernebel)



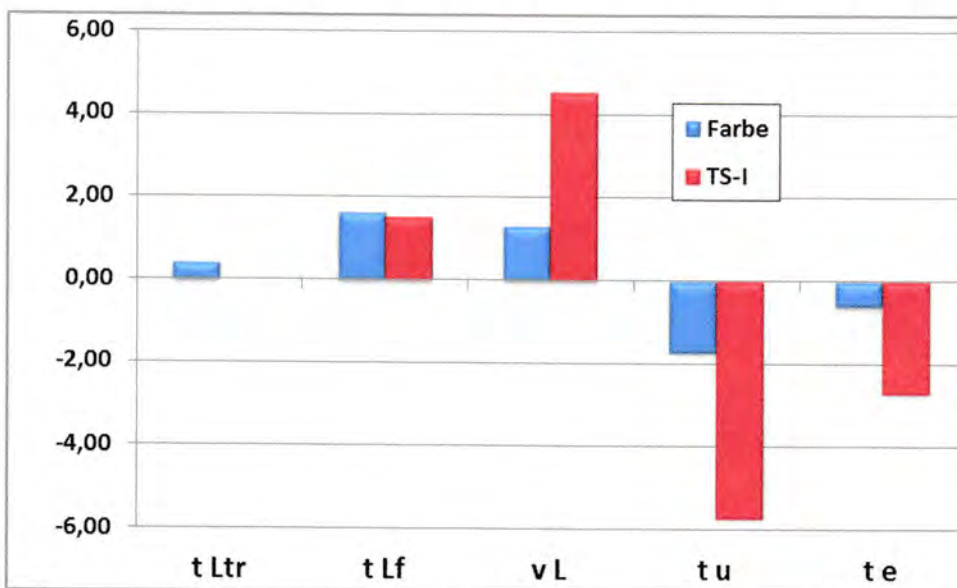
Grafik wie vor, jedoch ohne die Luftfeuchte (500 ml Wassernebel)

	vorher	nachher	Δ	vorher	nachher	Δ
	Farbe	Farbe	Farbe	TS-I	TS-I	TS-I
t Ltr	16,00	16,40	0,40	16,30	16,30	0,00
t Lf	11,40	13,00	1,60	11,50	13,00	1,50
ϕ	57,00	67,50	10,50	48,00	67,50	19,50
v L	13,00	14,30	1,30	11,50	16,00	4,50
t u	18,30	16,60	-1,70	18,30	12,60	-5,70
t e	17,10	16,50	-0,60	17,20	14,50	-2,70

Datentabelle der Reaktion auf **150 ml** Wassernebel



Grafik der Unterschiedswerte der Raumklimaparameter (150 ml Wassernebel)



Grafik wie vor, jedoch ohne die Luftfeuchte (150 ml Wassernebel)