

Prof. Dr.-Ing. Peter Marx - Am Kleinen Wannsee 12 J - D-14109 Berlin-Germany

Protokoll über Vergleichsmessungen des Raumklimas in zwei Testräumen mit unterschiedlichem Innenanstrich

Die Messungen erfolgten im Gebäude des Seniorenheims in Driebergen,

Adresse: Stichting Verpleging en Verzorging Beukenstein, Hoofdstraat 57,
3971KB, Driebergen-Rijsenburg,

am 8. Juli 2014 mit dem Raumklima-Analysator MS01A.

Die Räume sind gleichartig, unmöbliert und benachbart. Das Außenklima kann auf beide Räume gleichmäßig einwirken, d.h. es liegen gleiche bauphysikalische Eigenschaften vor (Wärmedämmung, Geometrie, Außenwerte usw.).

Das folgende Bild zeigt das komplexe Zusammenwirken von Außenklima und Innenklima auf den Menschen.

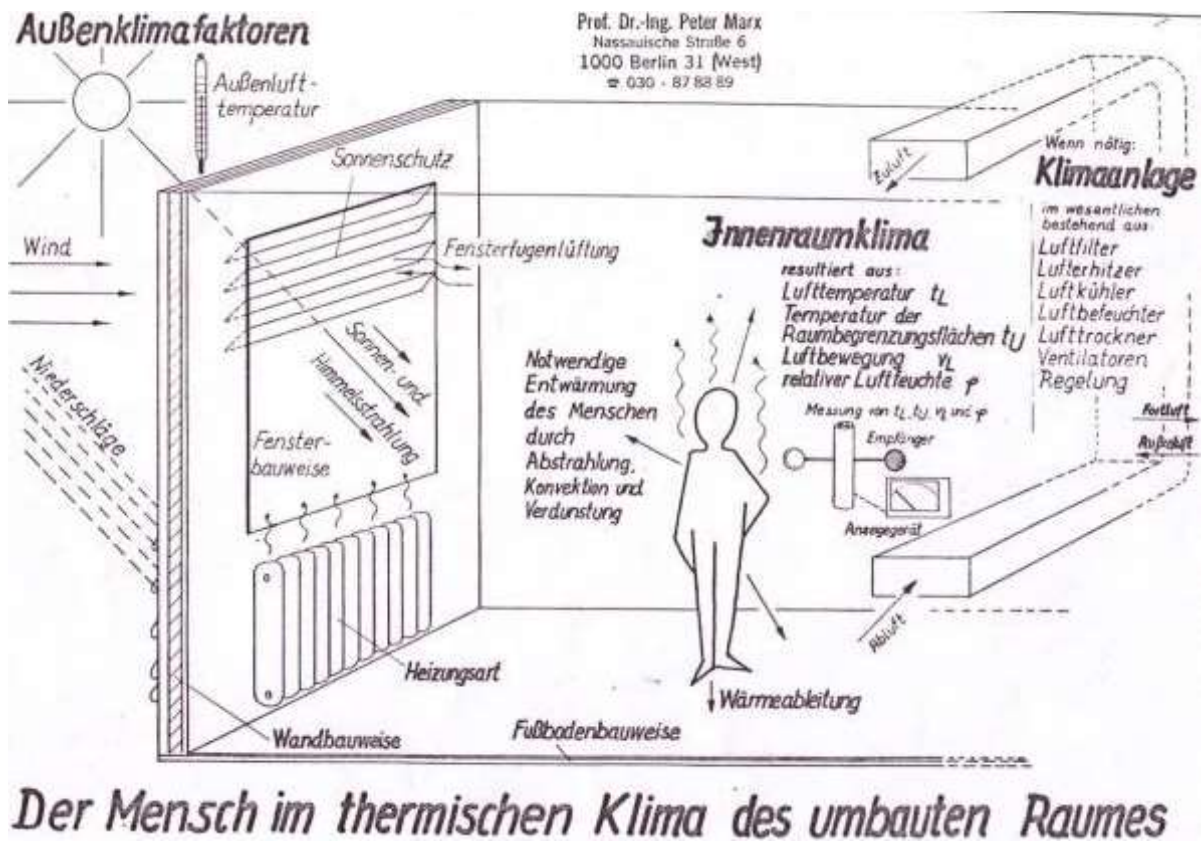


Abbildung 1: Prinzipskizze zum Menschen im Raumklima

Elektronischer Raumklima-Analysator MS 01 A



Meßaufgabe:

Messung des Raumklimas am Arbeitsplatz.

Mit dem Gerät werden in wenigen Minuten die zur Beurteilung des thermischen Raumklimas relevanten Raumklima-Komponenten:

- | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------|
| 1. Lufttemperatur | t_{Lu} : | + 14° C + 34° C |
| 2. relative Luftfeuchte | φ : | 10% 100% |
| 3. Infrarot-Strahlungstemperatur
$\hat{=}$ mittlere Temperatur der Raum-
umschließungsflächen | t_{Li} : | + 12° C + 32° C |
| 4. Luftbewegung | v_L : | 0 60 cm/s |
| 5. empfundene Temperatur | t_{eq} : | + 13° C + 33° C |

schnell und exakt gemessen und mittels eines speziellen Nomogramms übersichtlich dargestellt und dokumentiert. Der Raumklima-Analysator MS 01 A wurde in Zusammenarbeit mit dem Bundesgesundheitsamt in Berlin entwickelt.

Heizen und Klimatisieren nach Maß mittels moderner Klima-Meßtechnik verringert die Energiekosten und schafft ein für die Gesunderhaltung optimales Raumklima.

Meßprinzip:

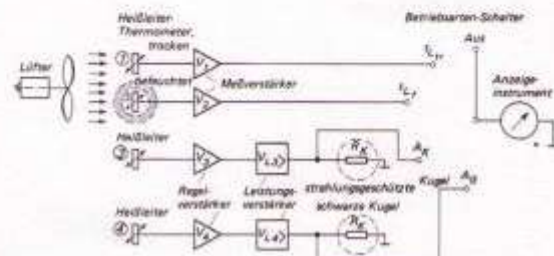
Zum Raumklima-Analysator MS 01 A gehören:

Meßkopf

Der Meßkopf besteht aus zwei Heißleiter-Sensoren zur Messung der Lufttemperaturen (trocken und feucht), sowie zwei Meßkugeln zur Erfassung der Abkühlung durch Konvektion und Wärmestrahlung. (DB-Patent angemeldet).

Elektronik

Die Meß- und Regelelektronik umfaßt die Meß- und Regelverstärker, ein Anzeigeelement 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.



Blockschaltbild des Raumklima-Analysators

Abbildung 2: Beschreibung des Raumklimaanalysators MS01A

Meßbereiche

1. t_{tr} : +14 ... +34 °C
2. t_{tr} : + 8 ... +30 °C
3. A_K : 0 ... 2000 mW
4. A_G : 0 ... 2000 mW
5. t_U : +12 ... +32 °C
6. t_e : +13 ... +33 °C
7. φ : 10 ... 100%
8. v_l : 0 ... 60 cm/s

Meßunsicherheit

- $\Delta t_{tr} : \pm 0,1^\circ \text{C}$
 $\Delta t_{tr} : \pm 0,1^\circ \text{C}$
 $\Delta A_K : \pm 15 \text{ mW}$
 $\Delta A_G : \pm 15 \text{ mW}$
 $\Delta t_U : \pm 0,5^\circ \text{C}$
 $\Delta t_e : \pm 0,6^\circ \text{C}$
 $\Delta \varphi : \pm 1\% \text{ rel. Feuchte}$
 $\Delta v_l : 0 \dots 10 \text{ cm/s} ; \pm 1 \text{ cm/s}$
 $10 \dots 30 \text{ cm/s} ; \pm 2 \text{ cm/s}$
 $30 \dots 60 \text{ cm/s} ; \pm 3 \text{ cm/s}$

Abbildung 3: Technische Daten des Raumklima-Analysators MS01A

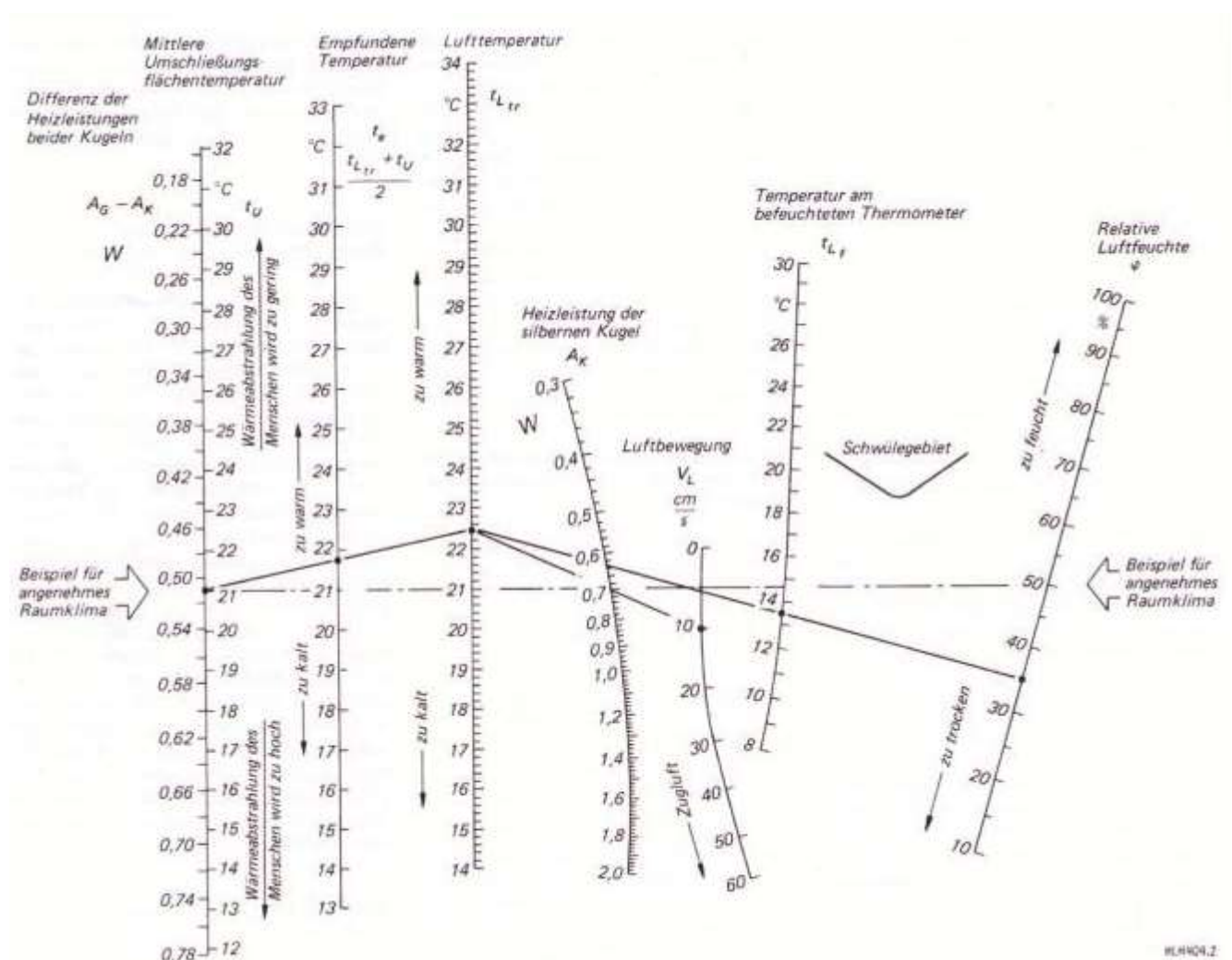


Abbildung 4: Nomogramm zur Beurteilung des thermischen Raumklimas

Raumbeschreibung:

Die beiden Testräume Raum 160 und Raum 162 liegen in der 1. Etage auf derselben Gebäudeseite (Nord-Westseite) und sind baugleich. Sie sind durch einen weiteren baugleichen Raum getrennt. Der Abstand zwischen Raum 160 und Raum 162 beträgt etwa 4,5 Meter. Beide Räume sind mit Teppichböden ausgestattet und besitzen identische Fenster. Es handelt sich um identische Räume mit rd. 72 m² Hüllfläche, wovon rd. 71 % (51,07 m²) auf die gestrichene Hüllfläche entfällt. Eine Besonderheit besteht darin, dass die Wände mit Vinyltapete belegt sind. Hierbei handelt es sich um traditionelle Kunststofftapeten mit Papierträger, von denen eine leichte Wirkung einer Innendämmung ausgeht. Raum 162 ist mit ThermoShield-Farbe gestrichen.



Abbildung 5: Ansicht der baugleichen Test-Räume

Der Raumklima-Sensor befand sich während der Messungen in der Raum-Mitte und in 1,5 m Höhe. Es wurden in beiden Räumen jeweils 3 Raumklima-Analysen durchgeführt.

3 Messungen beziehen sich auf den Raum 160

- Messung 1: Istmessung (Fenster geschlossen) nach nächtlicher Lüftung mit geöffnetem Fenster
- Messung 2: Nach 25 min Aufheizung mit 3 kW Heizlüfter bei geschlossenem Fenster
- Messung 3: Nach 45 min Abkühlung bei geschlossenem Fenster wurden 0,5 Liter Wasser versprüht und danach gemessen

3 Messungen beziehen sich auf den Raum 162

- Messung 1: Istmessung (Fenster geschlossen) nach nächtlicher Lüftung mit geöffnetem Fenster
- Messung 2: Nach 25 min Aufheizung mit 3 kW Heizlüfter bei geschlossenem Fenster
- Messung 3: Nach 45 min Abkühlung bei geschlossenem Fenster wurden 0,5 Liter Wasser versprüht und danach gemessen

Messergebnisse zu den Messungen 1 in den Räumen 160 und 162
(Raumauskühlung)

Außenluft-Temperatur: 17 °C

rel. Außenluft-Feuchte: 77 %

RKA-Messung im Raum: 160

Mess-Nr.: 1

Datum: 0-7-2014

Zeit: 9.15

Mess-Parameter: Istmessung nach nächtlicher Lüftung
mit geöffneten Fenster

A_G

A_K

$A_G - A_K = 0,45$

1,18

0,70

1,10

0,69

1,10

0,65

1,12

0,66

1,125

0,675

$t_{Ltr} / ^\circ C = 21,8$

$t_{Lf} / ^\circ C = 17,8$

$\phi / \% = 67,5$

$v_L / cm/s = 6$

$t_u / ^\circ C = 22,9$

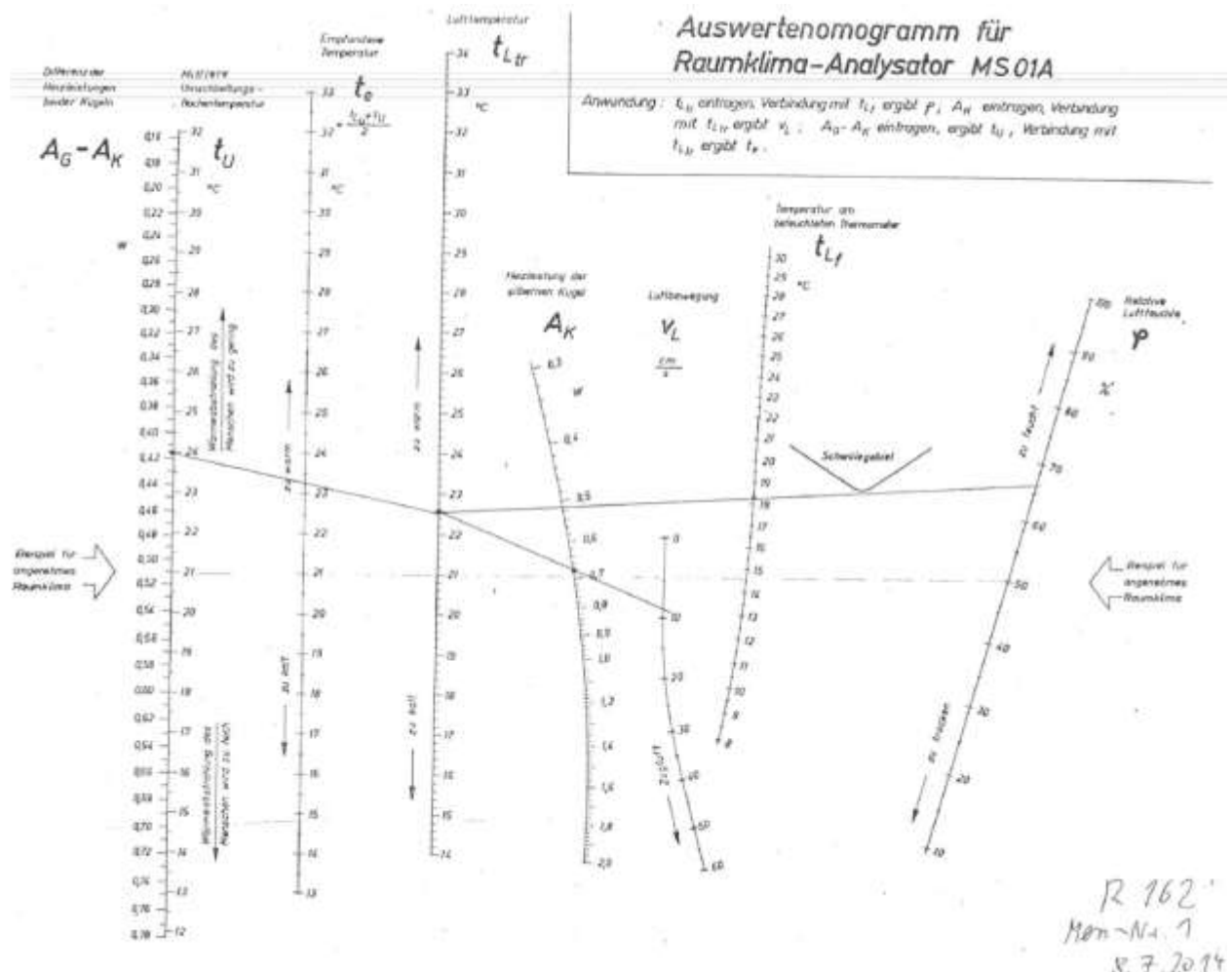
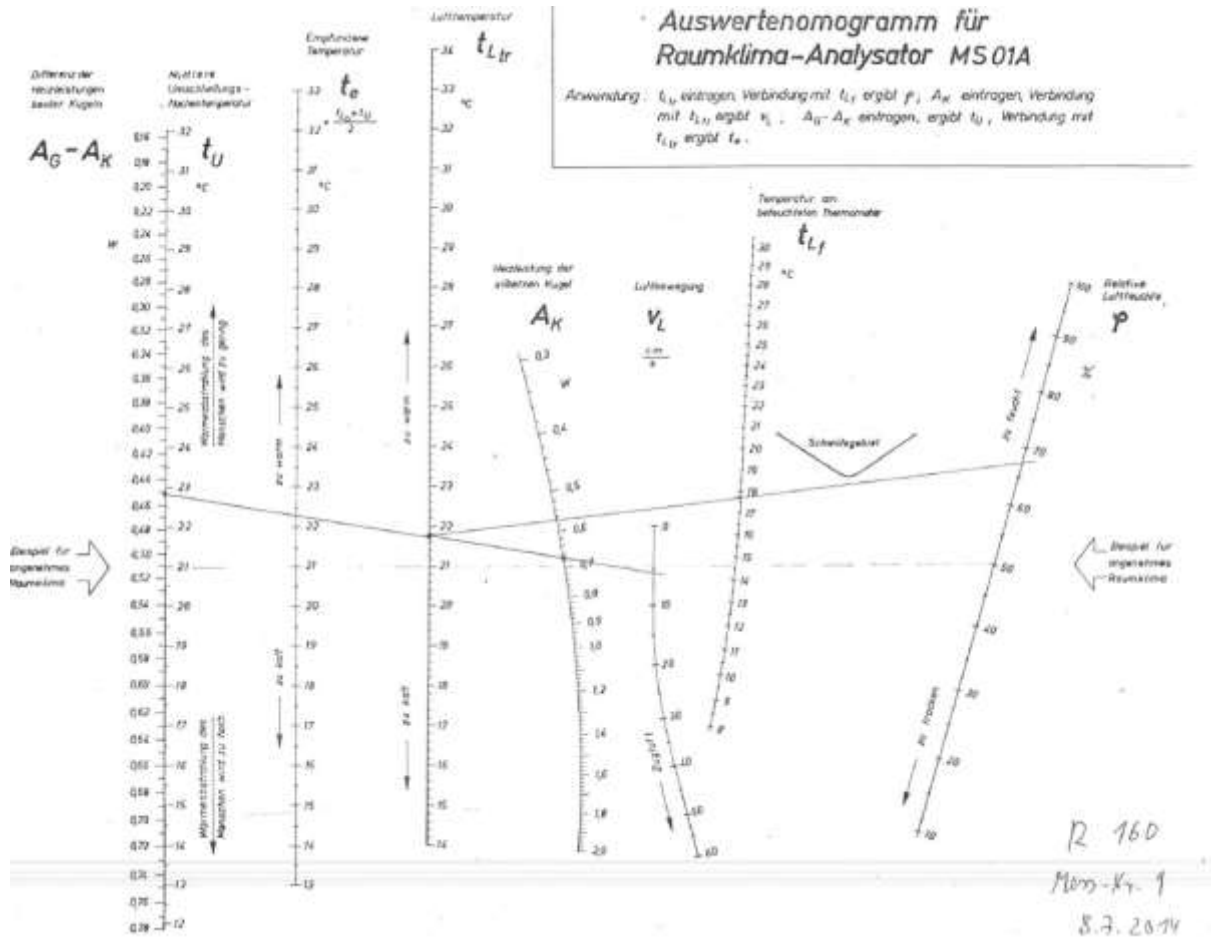
$t_e / ^\circ C = 22,3$

Abbildung 6: Messprotokoll zu Messung #1 in Raum #160

Folgeseite:

Abbildung 7: Auswertenomogramm zu Messung #1 in Raum #160

Abbildung 8: Auswertenomogramm zu Messung #1 in Raum #162



Außenluft-Temperatur: 17.4 °C

rel. Außenluft-Feuchte: 76 %

RKA-Messung im Raum: 162

Mess-Nr.: 1

Datum: 8.7.2014

Zeit: 9.30

Mess-Parameter: Istmessung nach nächtlicher Lüftung
mit geöffneten Fenster A_G A_K $A_G - A_K = 0,418$

1,06

0,70

1,14

0,66

1,11

0,68

1,06

0,67

1,11

0,68

1,096

0,678 $t_{Ltr} / ^\circ C = 22,6$ $t_{Lf} / ^\circ C = 18,2$ $\phi / \% = 66$ $v_L / cm/s = 9$ $t_u / ^\circ C = 24$ $t_e / ^\circ C = 23,25$

Abbildung 9: Messprotokoll zu Messung #1 in Raum #162

Bewertung der Messergebnisse #1 Auskühlverhalten

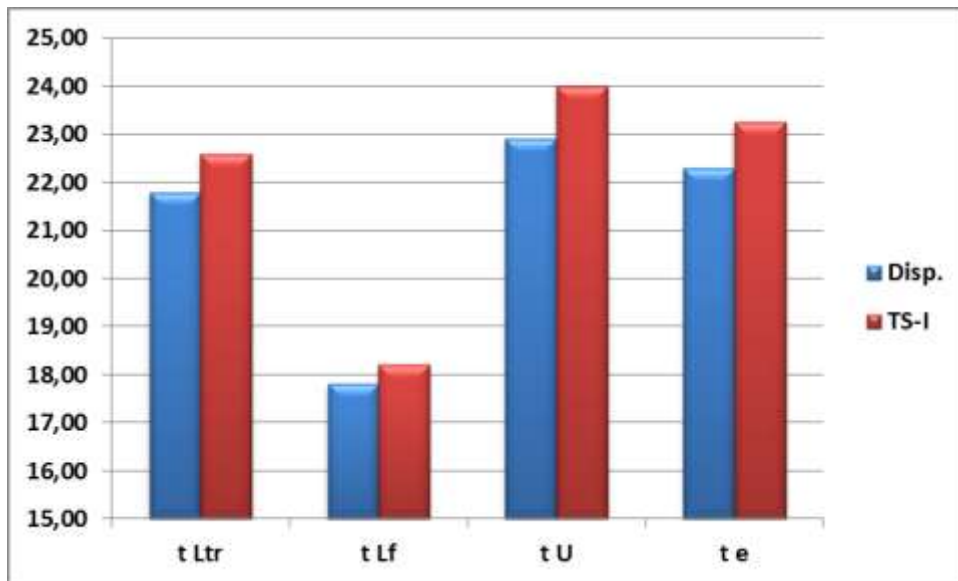


Abbildung 10: Balkendiagramm mit den gemessenen Temperaturwerten

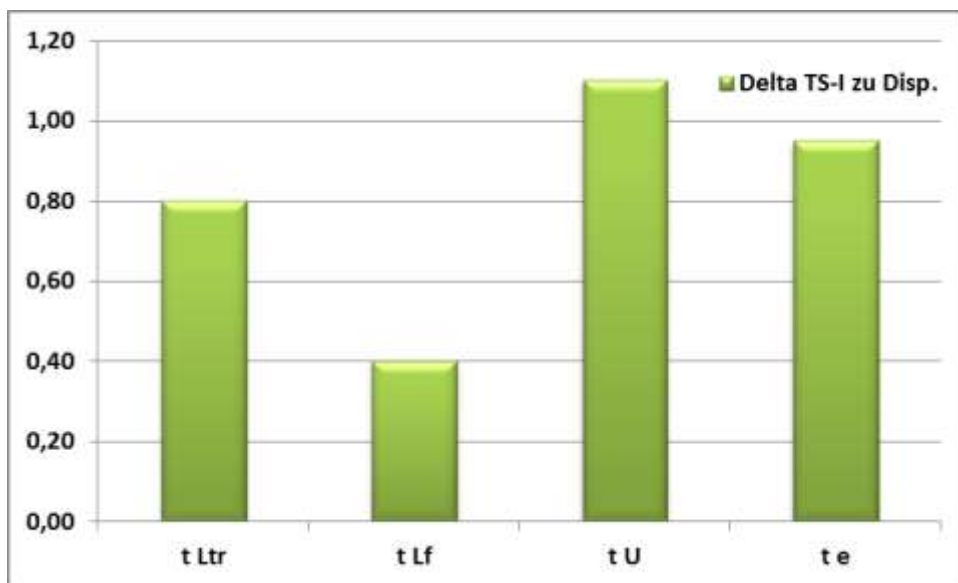


Abbildung 11: Unterschiedswerte der Temperatur Raum #162 (TS-I) zu #160 (Disp.)

Die Räume waren am Vorabend gleichermaßen konditioniert, d.h. sie wurden mit denselben Ausgangswerten für Lufttemperatur und Luftfeuchte in die Auskühlphase über Nacht gebracht.

Der ThermoShield Raum kühlt weniger aus, was das Wärmerückhaltevermögen der Innenbeschichtung belegt. Zweite Grafik in grün: die Differenzwerte der vier Kenngrößen verdeutlichen dies.

Messergebnisse zu den Messungen 2 in den Räumen 160 und 162
(Raumaufheizung)

Außenluft-Temperatur: 18.6°C rel. Außenluft-Feuchte: 73%

RKA-Messung im Raum: 160

Mess-Nr.: 2 Datum: 8-7-2014 Zeit: 10.45

Mess-Parameter: Der Raum wurde 25 Minuten mit 3 kW Heizlüfter erwärmt

A_G	A_K	$A_G - A_K = 0,4$
0,80	0,40	
0,86	0,40	
0,80	0,44	
0,86	0,48	
0,94	0,50	
0,84	0,48	
<hr/>	<hr/>	
0,85	0,45	

$$t_{Ltr} / ^{\circ}\text{C} = 29,2$$

$$t_{Lf} / ^{\circ}\text{C} = 21,4$$

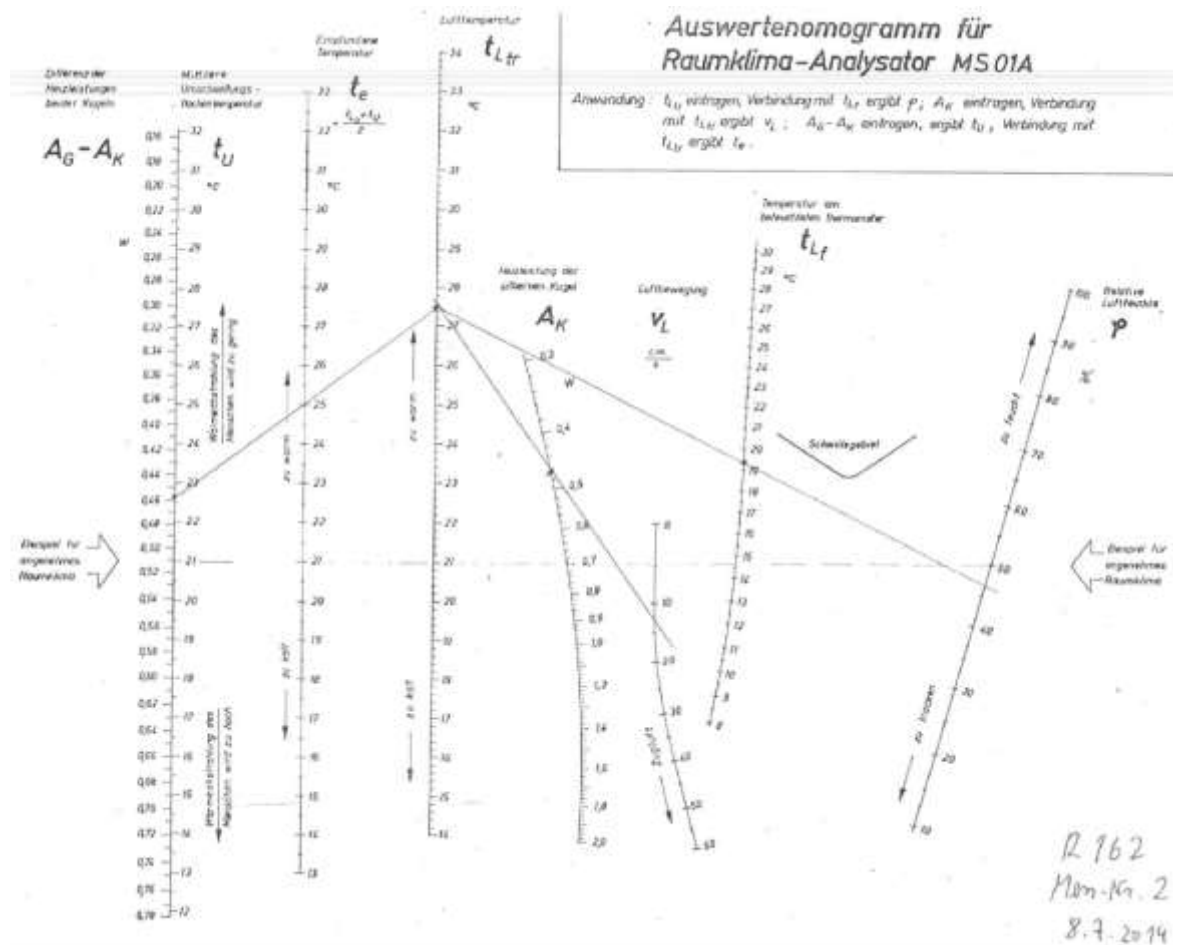
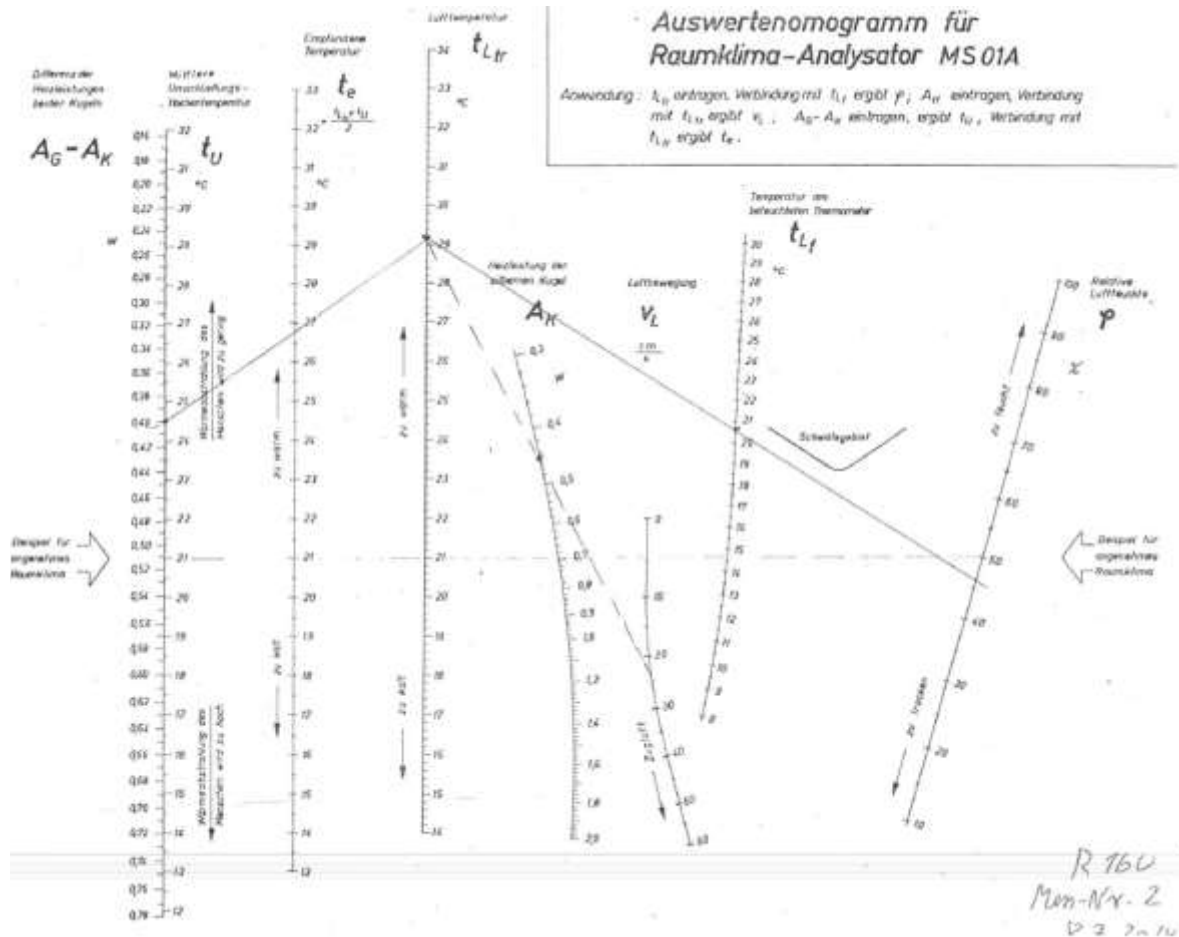
$$\Phi / \% = 46$$

$$V_L / \text{cm/s} = 23$$

$$t_u / ^{\circ}\text{C} = 24,5$$

$$t_e / ^{\circ}\text{C} = 26,8$$

Abbildung 12: Messprotokoll zu Messung #2 in Raum #160



Vorgängerseite:

Abbildung 13: Auswertenomogramm zu Messung #2 in Raum #160

Abbildung 14: Auswertenomogramm zu Messung #2 in Raum #162

Außenluft-Temperatur: $18,6^{\circ}\text{C}$

rel. Außenluft-Feuchte: 73%

RKA-Messung im Raum: 162

Mess-Nr.: 2

Datum: $8.7.2014$

Zeit: 10.25

Mess-Parameter: *Der Raum würde 25 min. mit 3 kW Heißluft erwärmt*

A_G

A_K

$A_G - A_K = 0,458$

$0,92$

$0,46$

$0,94$

$0,48$

$0,91$

$0,44$

$0,92$

$0,47$

$0,91$

$0,46$

$0,92$

$0,462$

$t_{Ltr} / ^{\circ}\text{C} = 27,5$

$t_{Lf} / ^{\circ}\text{C} = 20,6$

$\phi / \% = 46,5$

$v_L / \text{cm/s} = 12,5$

$t_u / ^{\circ}\text{C} = 22,6$

$t_e / ^{\circ}\text{C} = 25$

Abbildung 15: Messprotokoll zu Messung #2 in Raum #162

Bewertung der Messergebnisse #2 Aufheizverhalten

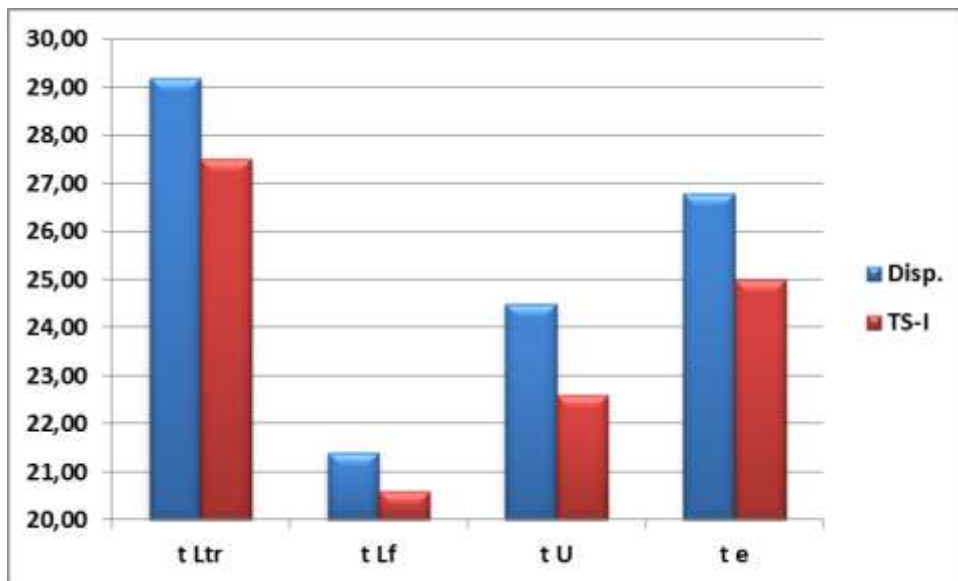


Abbildung 16: Messwerte der Temperaturen in Raum #160 (Disp.) und #162 (TS-I)

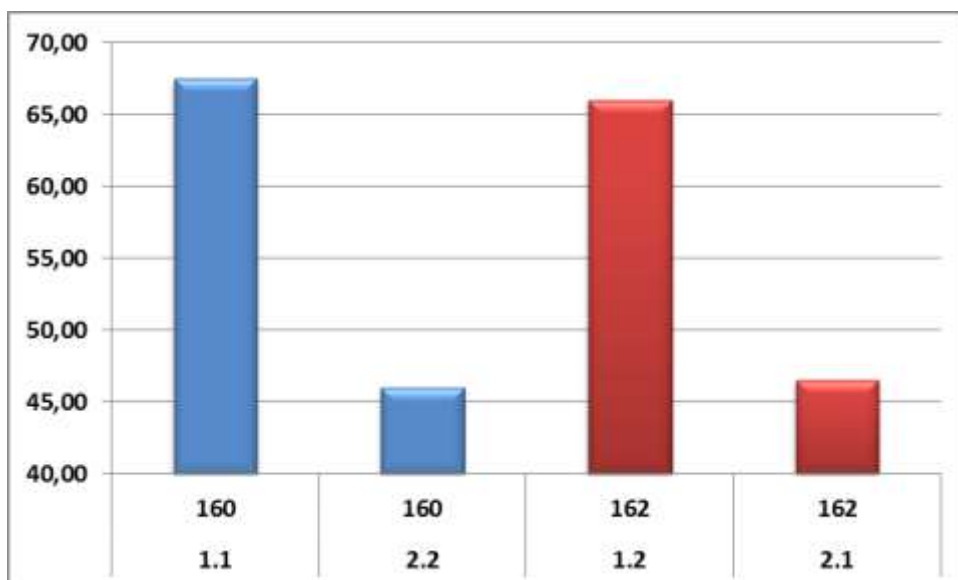


Abbildung 17: Absinken der rel LF infolge Temperaturanstiegs

Durch 25 min Aufheizung mit 3 kW Heizlüfter bei geschlossenem Fenster wurden 1,25 kWh Wärmeenergie eingebracht. Der Unterschied der rel. LF nach dem Aufheizen ist marginal, in beiden Räumen ist die relative Luftfeuchte von ca. 67% auf ca. 45% gefallen.

In Raum #160 ist ein deutlicher Effekt des Aufheizens festzustellen. Die Temperaturwerte gehen so weit hoch, dass sie in den unbehaglich warmen Bereich kommen. Der Raum #160 wird überhitzt. Im Raum #162 fällt dies geringer aus: t_e steigt weniger an, t_u nimmt sogar etwas ab.

Im Folgenden wurde der Vergleich zu den Ausgangswerten angestellt, d.h. eine Gegenüberstellung der Werte der Abkühlmessung zu denen der Aufheizmessung. Auffällig ist: in Raum #162 sinkt die Hüllflächentemperatur und die Empfindungstemperatur steigt geringer an als in Raum #160.

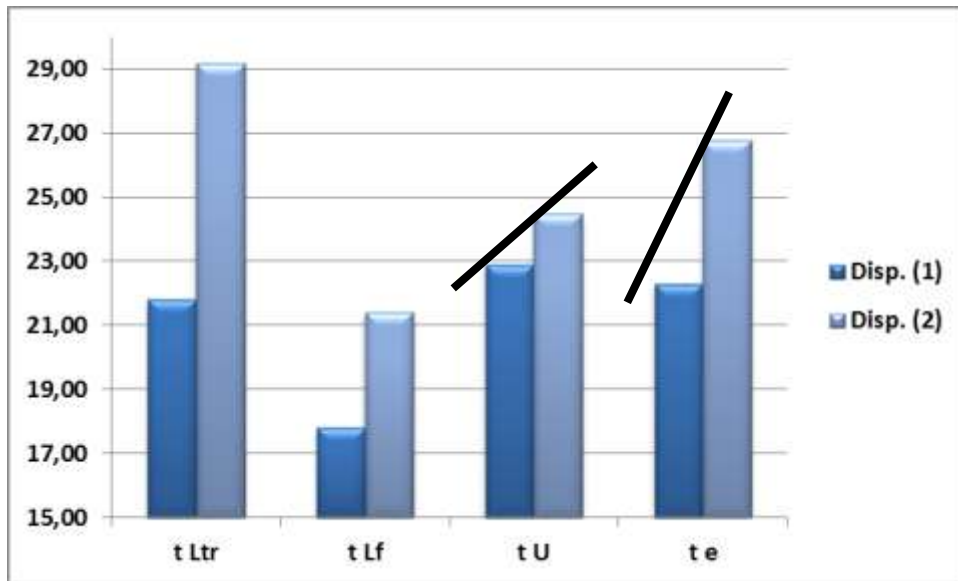


Abbildung 18: Veränderung der Temperaturwerte in Raum #160 (Disp.)

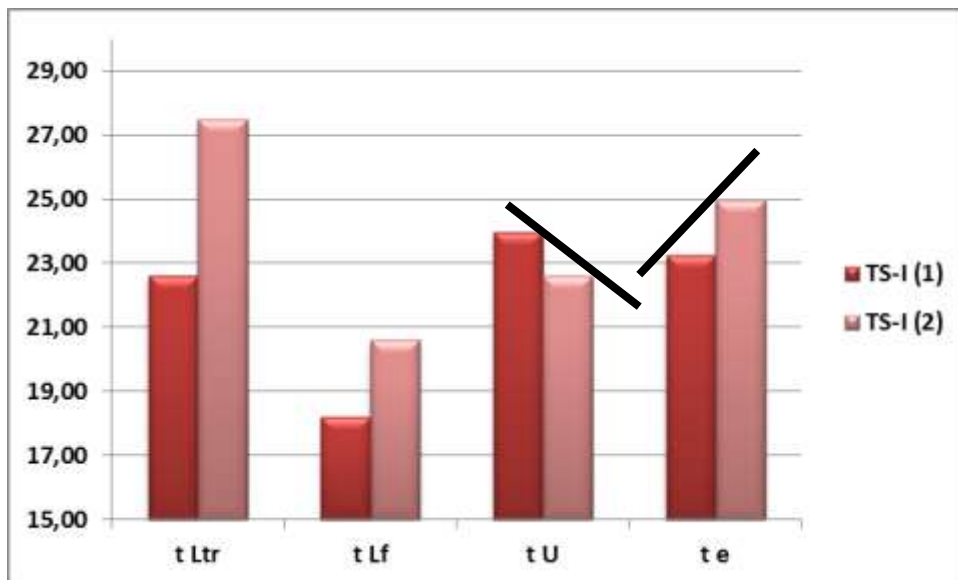


Abbildung 19: Veränderung der Temperaturwerte in Raum #162 (TS-I)

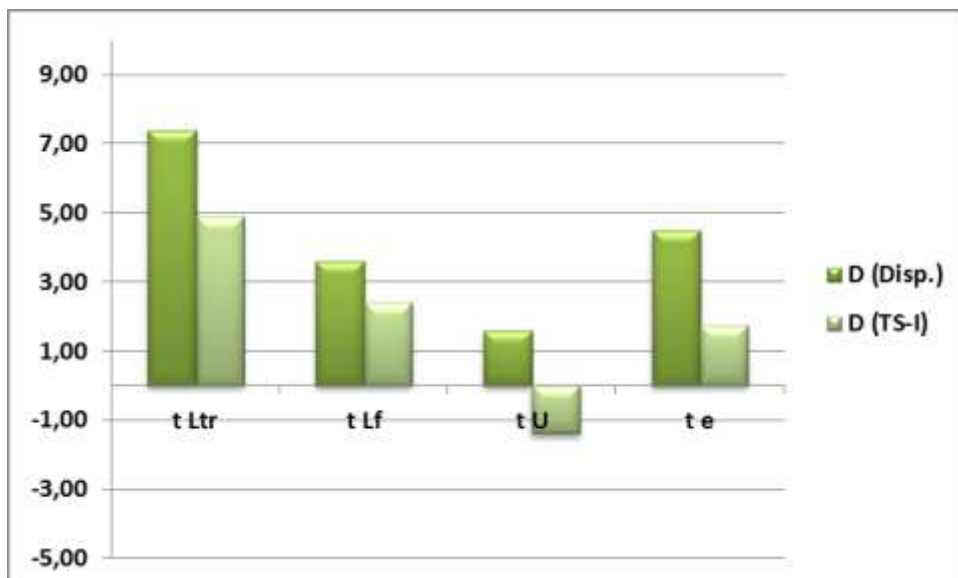


Abbildung 20: Unterschiede der Temperaturveränderungen Raum #160 zu #162

Messergebnisse zu den Messungen 3 in den Räumen 160 und 162
 #3 Feuchteeintrag

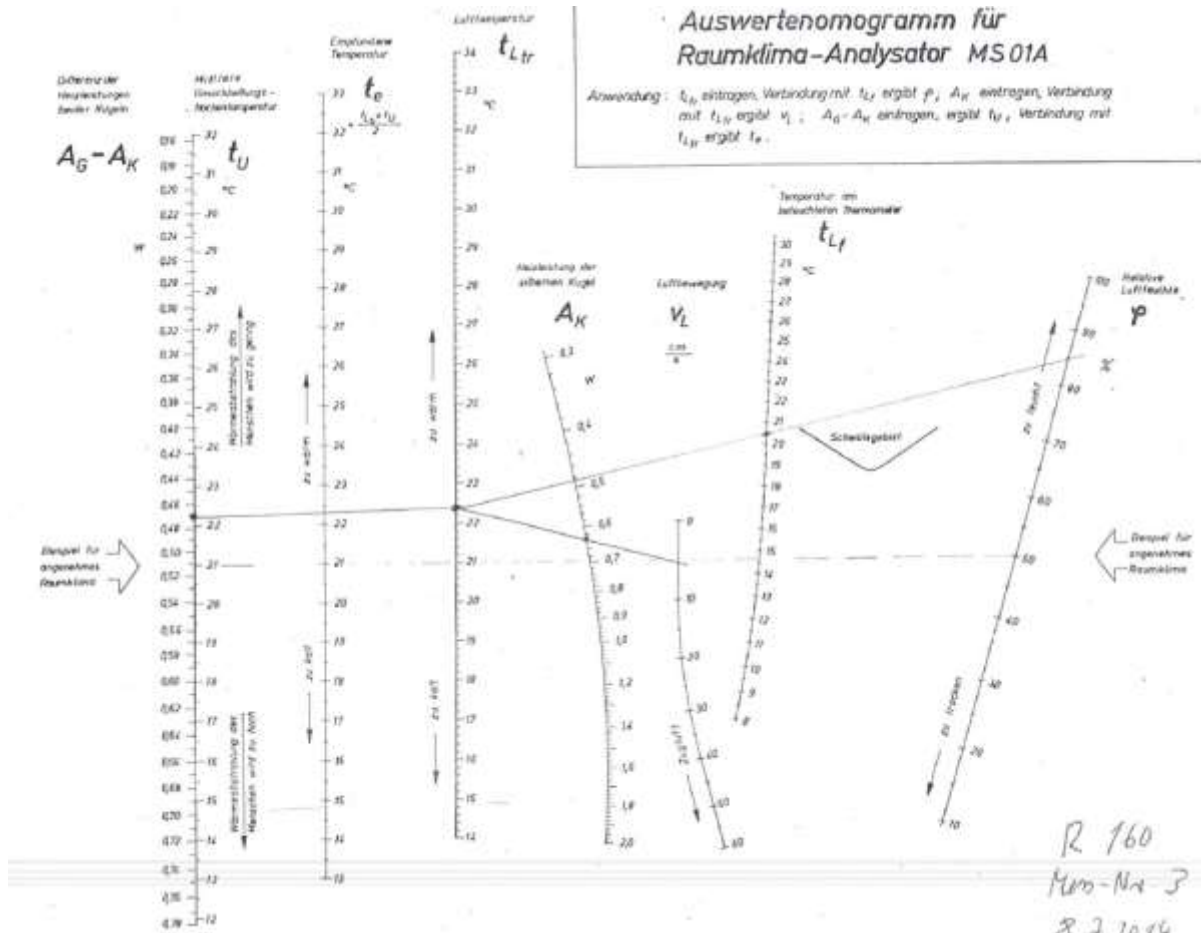
Außenluft-Temperatur: $20,7^{\circ}\text{C}$ rel. Außenluft-Feuchte: 67%
 RKA-Messung im Raum: 160
 Mess-Nr.: 3 Datum: $8-7-2014$ Zeit: 11.30
 Mess-Parameter: $0,5 \text{ Ltr } \text{H}_2\text{O}$ wurden verdampft

A_G	A_K	$A_G - A_K = 0,466$
$1,10$	$0,62$	
$1,10$	$0,64$	
$1,09$	$0,63$	
$1,08$	$0,64$	
$1,10$	$0,62$	
<u>$1,10$</u>	<u>$0,62$</u>	
$1,095$	$0,6283$	
$t_{\text{Ltr}} / ^{\circ}\text{C} = 22,4$		
$t_{\text{Lf}} / ^{\circ}\text{C} = 20,4$		
$\phi / \% = 85$		
$v_L / \text{cm/s} = 5,5$		
$t_u / ^{\circ}\text{C} = 22,25$		
$t_e / ^{\circ}\text{C} = 22,3$		

Abbildung 21: Messprotokoll zu Messung #3 in Raum #160

Auswertenomogramm für
Raumklima-Analysator MS 01A

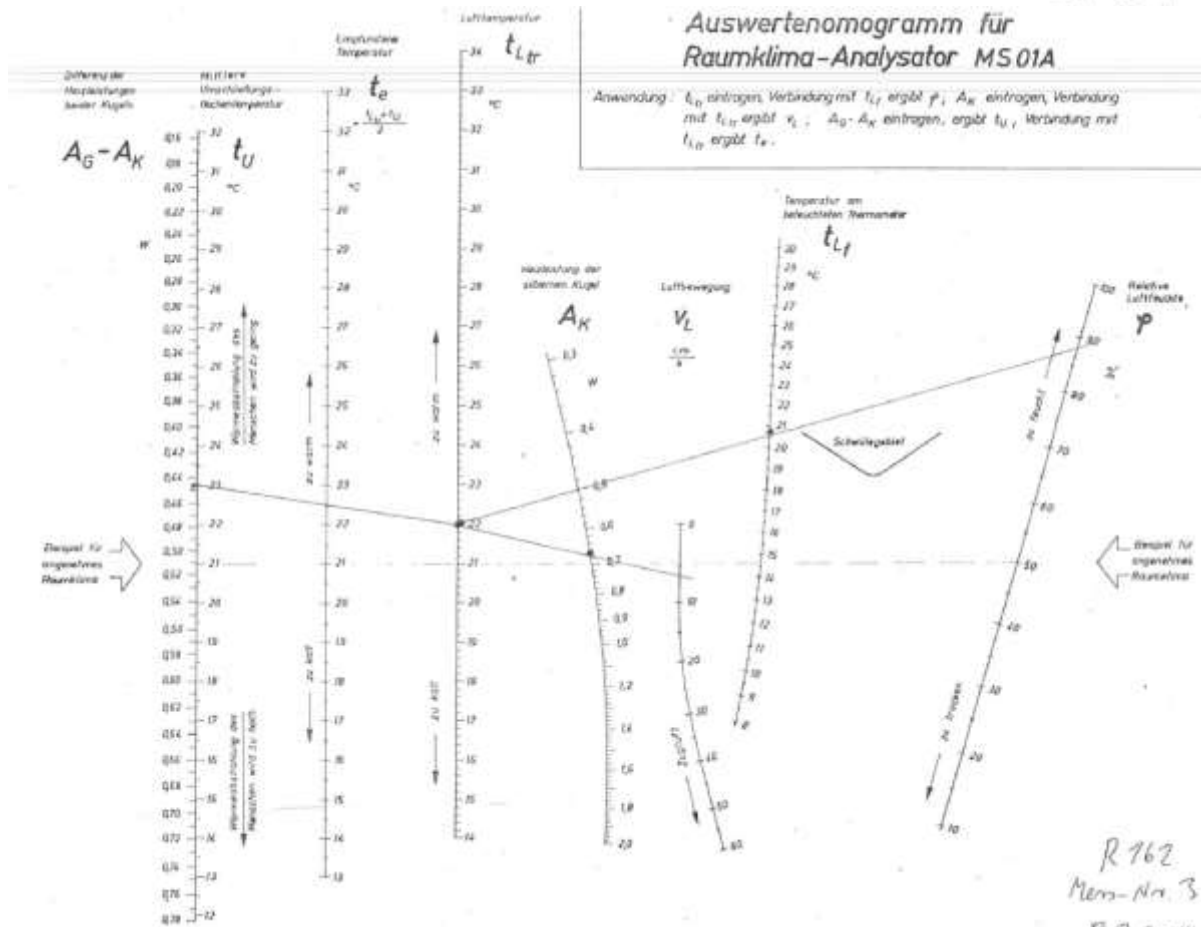
Anwendung: t_{A_1} eintragen, Verbindung mit t_{L_1} ergibt p_1 , A_1 eintragen, Verbindung mit t_{L_1} ergibt v_1 . $A_0 - A_1$ eintragen, ergibt t_{A_2} , Verbindung mit t_{L_1} ergibt t_{A_2} .



R 160
Mar-Apr 3
8.7.1014

Auswertendiagramm für
Raumklima-Analysator MS 01A

Anwendung: t_{10} eintragen, Verbindung mit t_{11} ergibt p , A_8 eintragen, Verbindung mit t_{11} ergibt v_2 , $A_9 \cdot A_X$ eintragen, ergibt t_{11} , Verbindung mit t_{10} ergibt t_8 .



R 162
Mem-Nr. 3
8.7.2014

Abbildung 22: Auswertenomogramm zu Messung #3 in Raum #160

Abbildung 23: Auswertenomogramm zu Messung #3 in Raum #162

Außenluft-Temperatur: 19.6°C rel. Außenluft-Feuchte: 69%
RKA-Messung im Raum: 162
 Mess-Nr.: 3 Datum: $8-7-2014$ Zeit: 11.05
 Mess-Parameter: $0,5 \text{ Ltr } \text{H}_2\text{O} \text{ würden verdampft}$

A_G	A_K	$A_G - A_K = 0,446$
$1,12$	$0,68$	
$1,06$	$0,70$	
$1,12$	$0,62$	
$1,10$	$0,64$	
$1,12$	$0,66$	
$1,10$	$0,64$	
<hr/>	<hr/>	
1.103	$0,657$	

$$t_{\text{Ltr}} / ^{\circ}\text{C} = 22$$

$$t_{\text{Lf}} / ^{\circ}\text{C} = 20,8$$

$$\phi / \% = 88$$

$$v_L / \text{cm/s} = 7$$

$$t_u / ^{\circ}\text{C} = 23$$

$$t_e / ^{\circ}\text{C} = 22,5$$

Abbildung 24: Messprotokoll zu Messung #3 in Raum #162

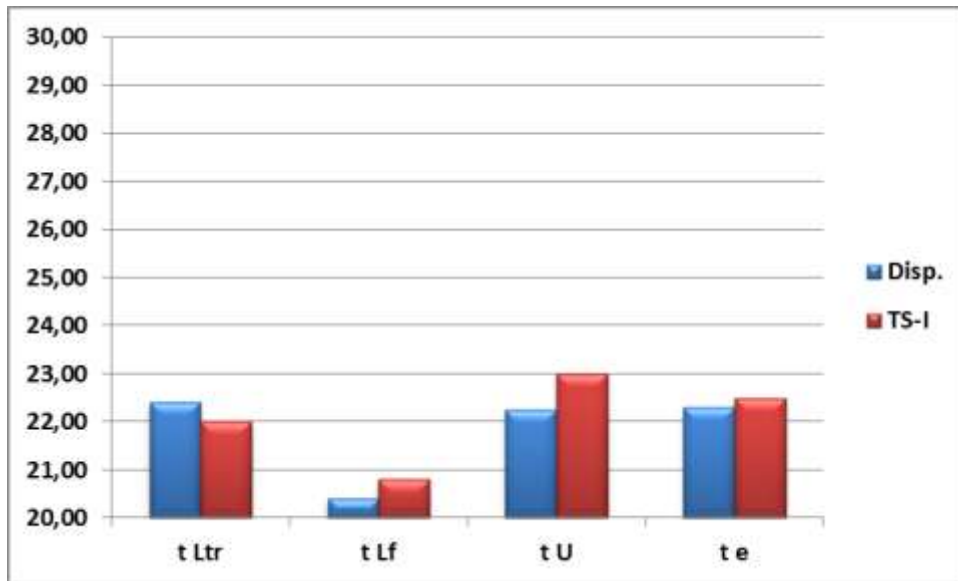


Abbildung 25: Temperaturwerte in Raum #160 und #162

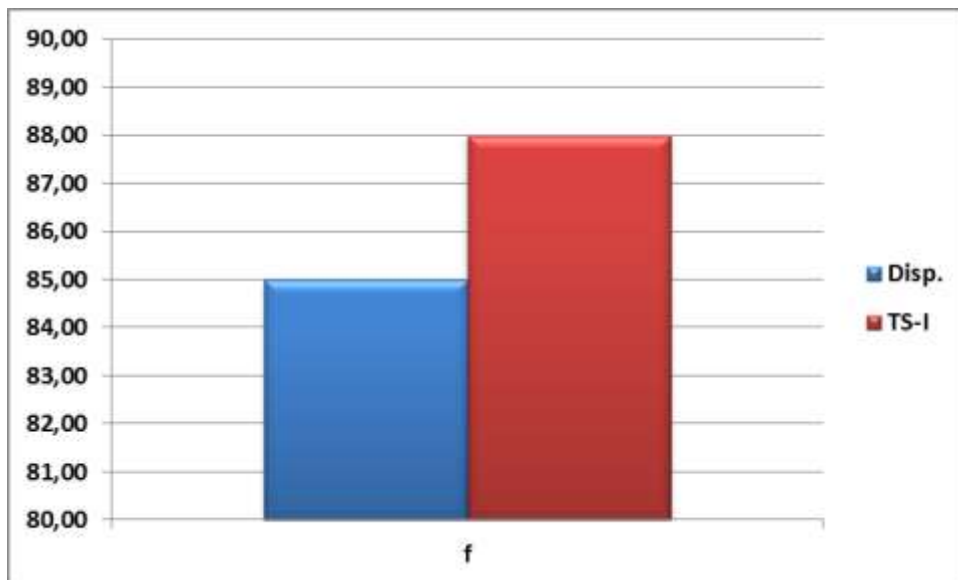


Abbildung 26: hohe Luftfeuchtwerte in Raum #160 und #162

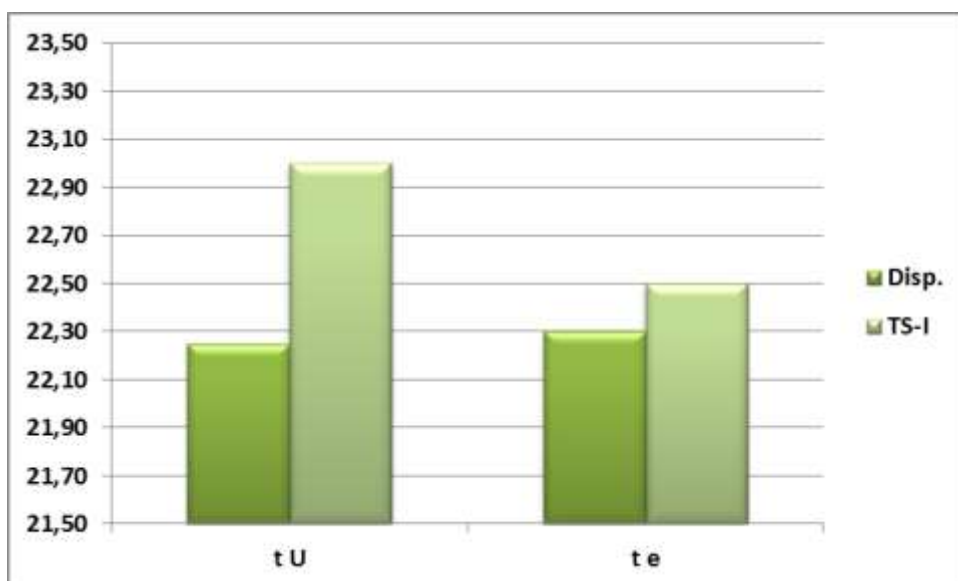


Abbildung 27: Hüllflächen- u. Empfindungstemperatur in Raum #160 und #162

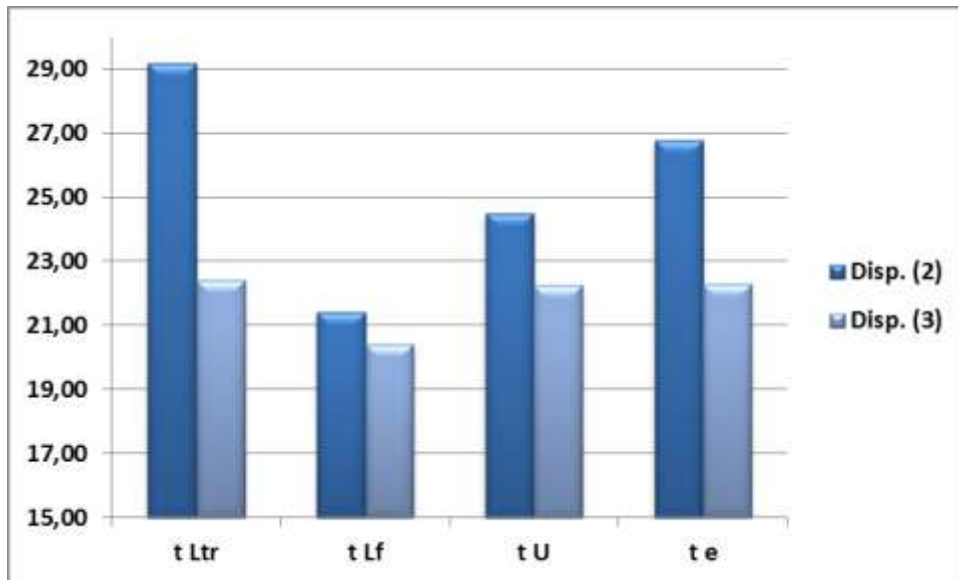


Abbildung 28: Veränderung der Temperaturwerte in Raum #160 nach Feuchteeintrag

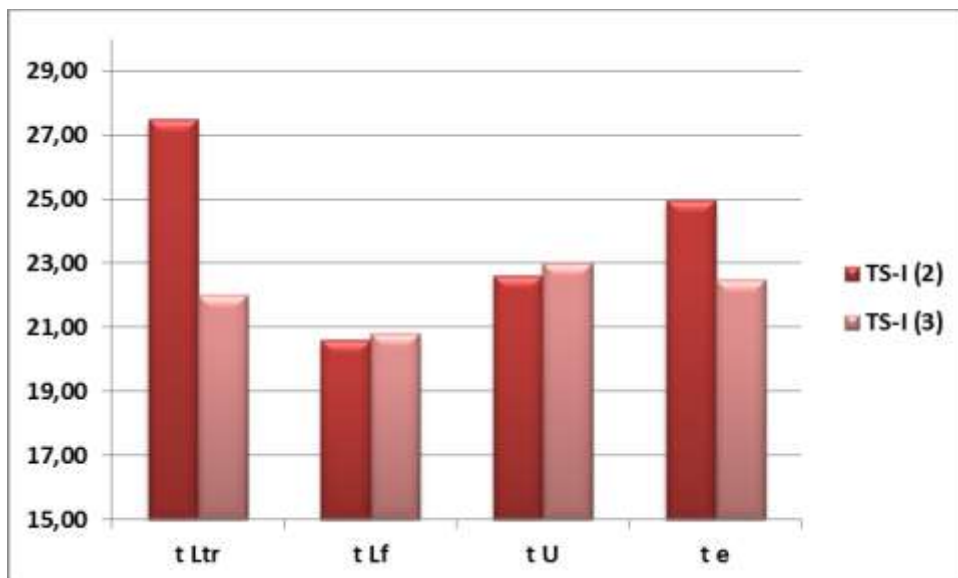


Abbildung 29: Veränderung der Temperaturwerte in Raum #162 nach Feuchteeintrag

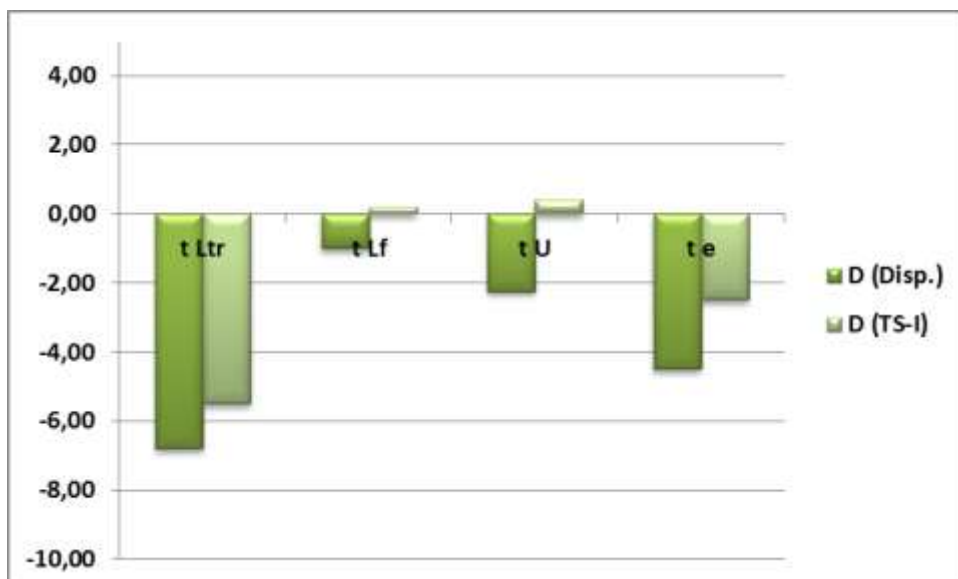


Abbildung 30: Differenzwerte der Temperaturen in Raum #160 und #162

Bewertung der Messergebnisse

#3 Feuchteeinwirkung

Durch das Einbringen von vernebeltem Wasser (Temperatur ca. 12°C, mittels Düse feinverteilt, Tröpfchen in der Luft statt Wasserdampf) verändern sich die Temperaturwerte bei erhöhter rel. Luftfeuchte. Im Raum #162 liegt die rel. Luftfeuchte 3%-Punkte über der in Raum #160. Unterstellt man gleichmäßigen Niederschlag der Nebeltröpfchen auf die Fußböden (Teppich), folgt daraus ein leicht unterschiedliches Ad- bzw. Absorptionsverhalten. Die Besonderheit bei diesem Test besteht darin, dass keine Korrespondenz der Beschichtung zum Untergrund besteht wegen der Vinyltapete als Trennschicht. Im Raum #162 werden t_{Lf} und t_U kaum verändert, t_e sinkt weniger ab.

Zusammenfassende Beurteilung:

Vom verminderten Auskühlverhalten in Raum #162 kann man mit Sicherheit eine Energie sparende Wirkung ableiten. Eine Quantifizierung ist aufgrund der Randbedingungen nicht bzw. nur sehr grob abschätzend möglich: Der Vergleich zu vorangehenden Raumklimaanalysen in Deutschland und Schweden zeigt, dass in kühlerer Jahreszeit deutlichere Unterschiede hervortreten. Siehe hierzu Anlage 2.

Die Messungen zum Aufheizverhalten und zur Wirkung des Einbringens von Feuchte in die Raumluft belegen eine im Vergleich zu herkömmlicher Farbe deutliche Wirkung der ThermoShield Innenbeschichtung. Eine positive Beeinflussung des Raumklimas im Sinne der Behaglichkeitskriterien wirkt sich letztendlich auch auf die Energiebilanz aus, weil hier Energieverbräuche für Klimatisierung kompensiert werden.

Ein Innenraumklima ist thermisch behaglich, wenn die Raum-Lufttemperatur und die Temperatur der Raum-Umschließungsflächen möglichst eng beieinander liegen, d.h. der Raum ist dann thermisch eingeschwungen. Die rel. LF sollte bei 50 % und die Luftbewegung bei 5 cm/s liegen. Bei dynamischen Änderungen des Außen- und Innenklimas sollten die Innenraumoberflächen eine ausgleichende, dämpfende Wirkung ausüben. Die durchgeführten Messungen lassen diese positive Wirkung der Thermoshield-Farbe auf das Raumklima erkennen.

Prof. Dr.-Ing. P. Marx
Sachverständiger für Messtechnik

Berlin, den 30. Juli 2014

University of Applied Sciences
Beuth Hochschule für Technik Berlin
 Prof. Dr.-Ing. Peter Marx, i.R.
 Fachbereich VII - Elektrotechnik und Feinwerktechnik
 Labor für Elektronische Messtechnik
 Luxemburger Str. 10
 D-13353 Berlin – Germany

Koautor der Auswertung:

(Rundstempel Baukammer)

Dipl.-Ing. Matthias G. Bumann
 DIMaGB Berlin
 Bausachverständiger
 Energieberater
 Baukammer Berlin

Anhang 1

Messungen mit Infrarotkamera

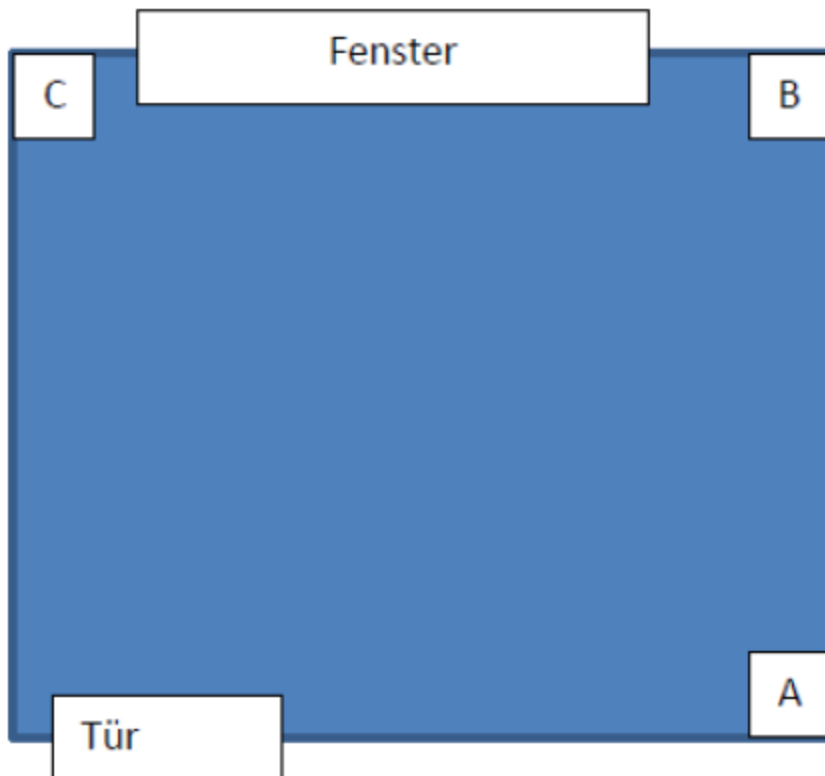


Abbildung 31: Skizze zu den identischen Messpunkten in den beiden Räumen

Zu Beginn der Messungen zum Raumklima (ca. 10:00 Uhr) erfolgte eine IR Thermografie in beiden Räumen an je drei identischen Messpunkten, wie in der Skizze beschrieben.

Aus den Thermografiebildern geht hervor, dass die Verteilung der Oberflächentemperaturen im Bereich der Decke-Wand-Ecken beim ThermoShield Anstrich gleichmäßiger ist.

Im Raum #160 beträgt die Streuung:
 $24,3 - 22,7 - 21,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Im Raum #162 liegen die Werte dichter beieinander:
 $24,3 - 23,3 - 23,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Diese höhere Symmetrie wirkt sich auf die thermische Behaglichkeit positiv aus, da die Empfindungstemperatur (operative Temperatur) wesentlich von der Hüllflächentemperatur beeinflusst wird.

In Verbindung mit der nachgewiesenen geringeren Auskühlung des Raumes #162 ist dies wiederholt ein Beleg für die Behaglichkeit verbessernde und Energiesparende Wirkung des Innenanstrichs ThermoShield.

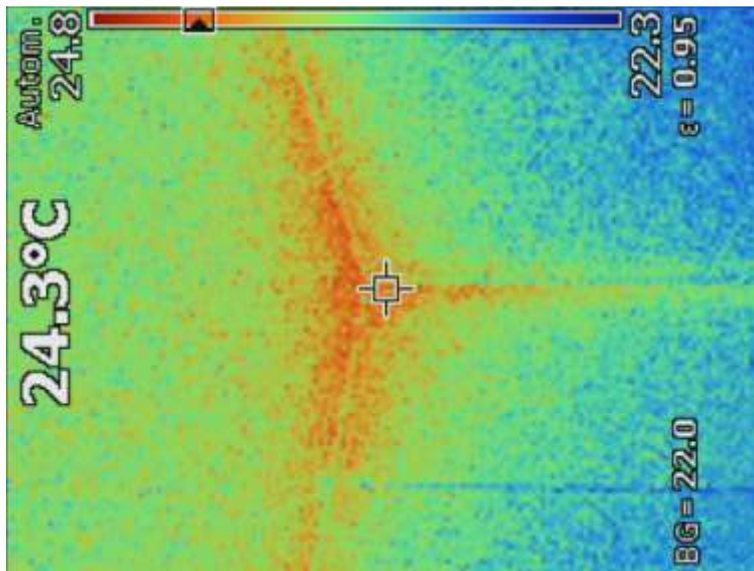


Abbildung 32: IR Termografiebild zu Messpunkt A in Raum #160

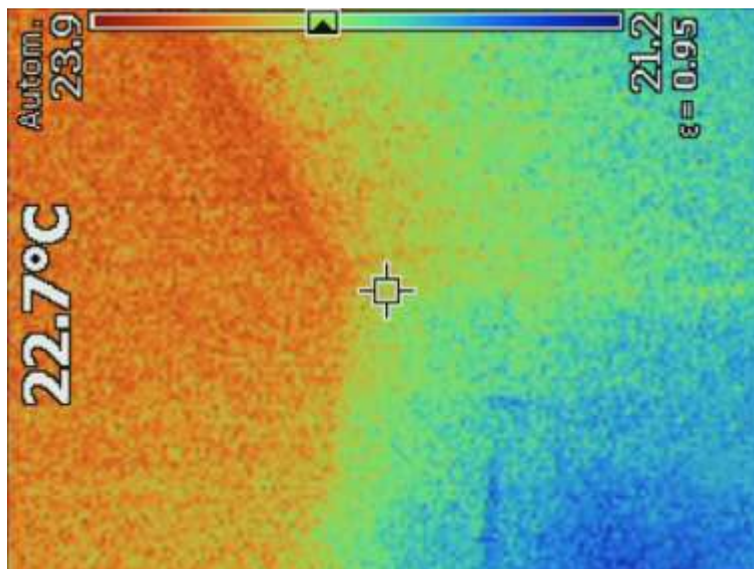


Abbildung 33: IR Termografiebild zu Messpunkt B in Raum #160

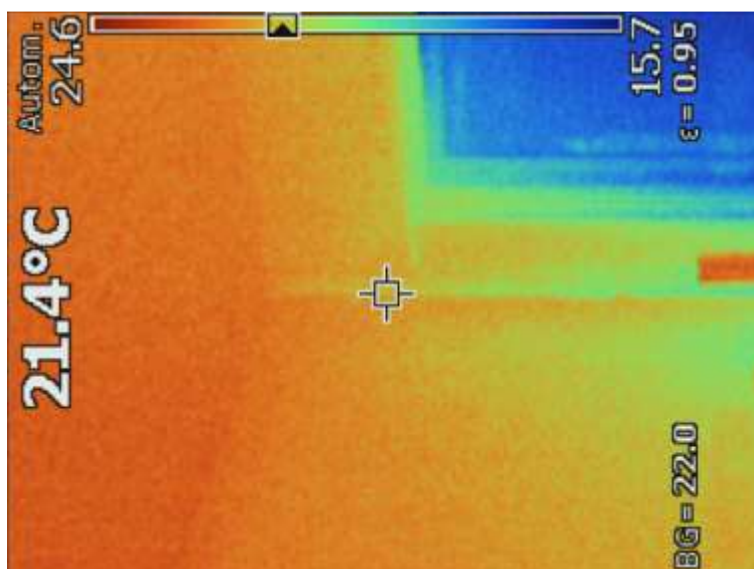


Abbildung 34: IR Termografiebild zu Messpunkt C in Raum #160

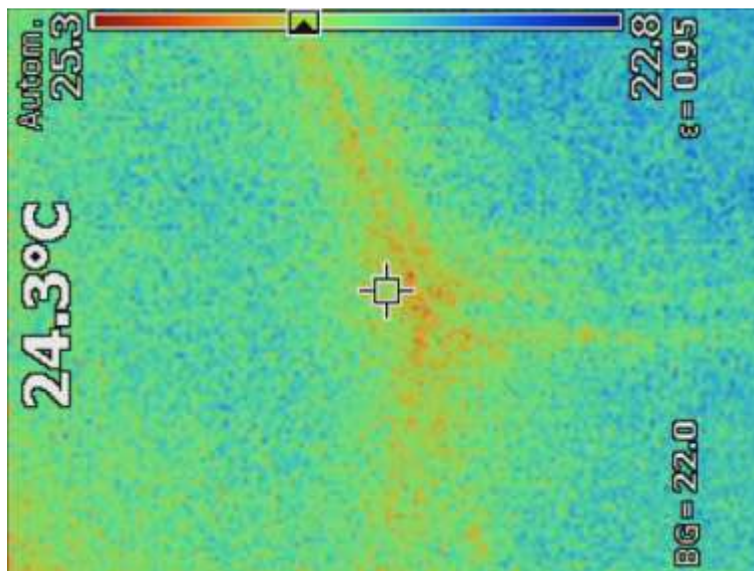


Abbildung 35: IR Termografiebild zu Messpunkt A in Raum #162

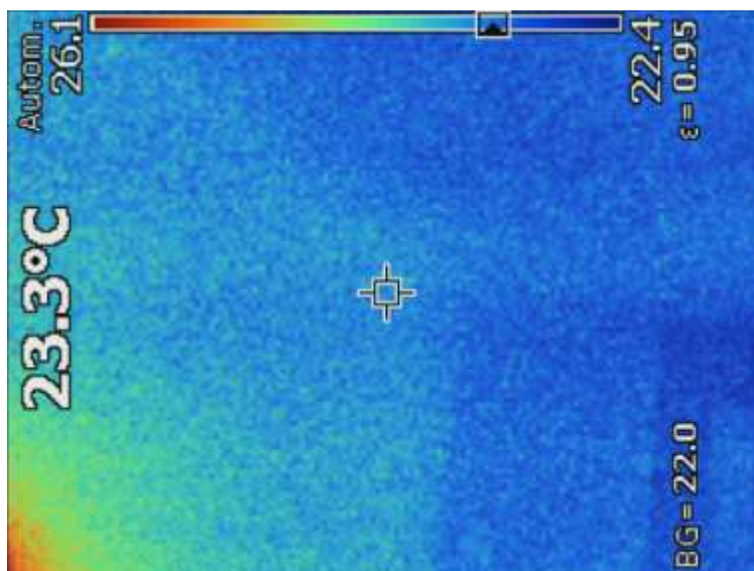


Abbildung 36: IR Termografiebild zu Messpunkt B in Raum #162

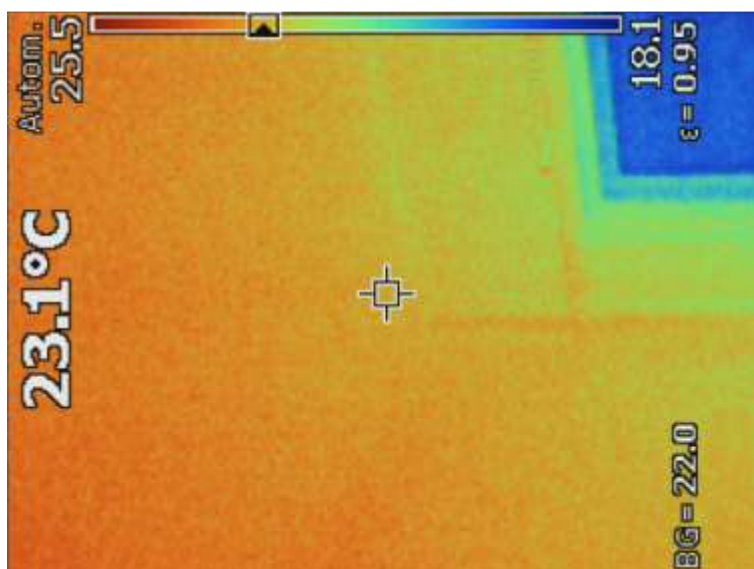


Abbildung 37: IR Termografiebild zu Messpunkt C in Raum #162

Anlage 2

Beurteilung der klimatischen Verhältnisse

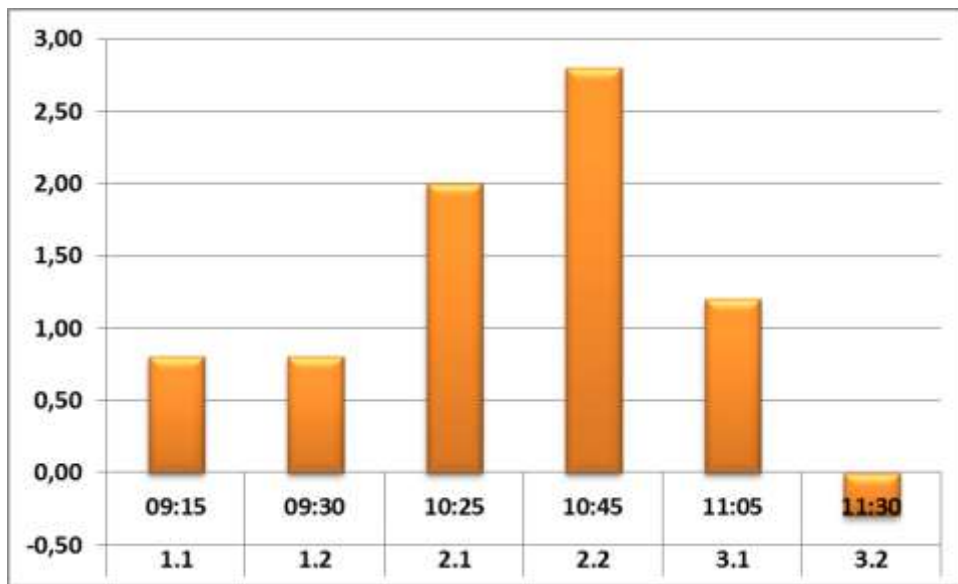


Abbildung 38: Differenzenvergleich der Innen- und Außentemperaturen

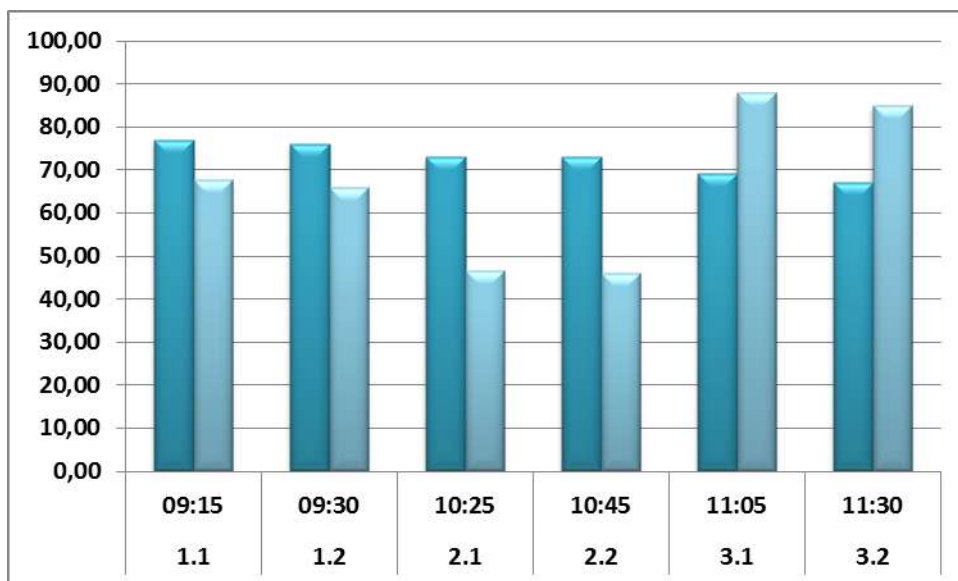


Abbildung 39: Darstellung der Luftfeuchtwerte innen und außen

Eine Besonderheit der Randbedingungen zur Messung waren die

- relativ geringen Temperaturunterschiede (Lufttemp. Innen/außen)
- hohen Werte der Luftfeuchte (rel LF außen/innen)

Die Höhe der rel. Luftfeuchte ist im Zusammenhang mit der Lufttemperatur zu betrachten: warme Luft kann mehr Wasser aufnehmen, kalte Luft weniger und ist daher trockener. Im Winter bedeuten selbst 95% rel. LF außen nur eine relativ geringe absolute Wassermenge in der Luft, z.B. im Vergleich zu innen mit 40% rel. LKF bei 23°C.

Aufgrund der großen Unterschiede bei den Dampfdruck- und Temperaturdifferenzen zwischen Sommer und Winter liegt es auf der Hand, dass saisonal unterschiedliche Wirkungen festzustellen sein werden.

Anlage 3

Zusammenstellung der Messwerte zur Raumklimaanalyse

Messung	1.1	2.2	3.2		1.2	2.1	3.1
Seite	6	10	14		8	12	16
Raum	160	160	160		162	162	162
Datum	09.07.2014	09.07.2014	09.07.2014		09.07.2014	09.07.2014	09.07.2014
Zeit	09:15	10:45	11:30		09:30	10:25	11:05
t La	17,00	18,60	20,70		17,40	18,60	19,60
rellF a	77,00	73,00	67,00		76,00	73,00	69,00
A G - A K	0,450	0,400	0,466		0,418	0,458	0,446
t Ltr	21,80	29,20	22,40		22,60	27,50	22,00
t Lf	17,80	21,40	20,40		18,20	20,60	20,80
ϕ	67,50	46,00	85,00		66,00	46,50	88,00
v L	6,00	23,00	5,50		9,00	12,50	7,00
t U	22,90	24,50	22,25		24,00	22,60	23,00
t e	22,30	26,80	22,30		23,25	25,00	22,50

Anlage 4

Angaben zur Raumgeometrie

Umfang	3,70	4,20	15,80 m
Wandfläche		2,60	41,08 m ²
Boden	3,70	4,20	15,54 m ²
Decke			15,54 m ²
Fenster	2,50	1,50	3,75 m ²
Tür	2,00	0,90	1,80 m ²
Hüllfläche			72,16 m ²
reine Wandfl.			35,53 m ²
Ratio Wd/Hf			49,24 %
beschichtete Fl.			51,07 m ²
Ratio bHf/Hf			70,77 %
Volumen	15,54	2,60	40,40 m ³