

Prof. Dr.-Ing. Peter Marx - Am Kleinen Wannsee 12 J - D-14109 Berlín-Nemecko

Protokol o porovnávacích meraniach vnútornej klímy v dvoch testovacích miestnostiach s rôznym interiérovým náterom

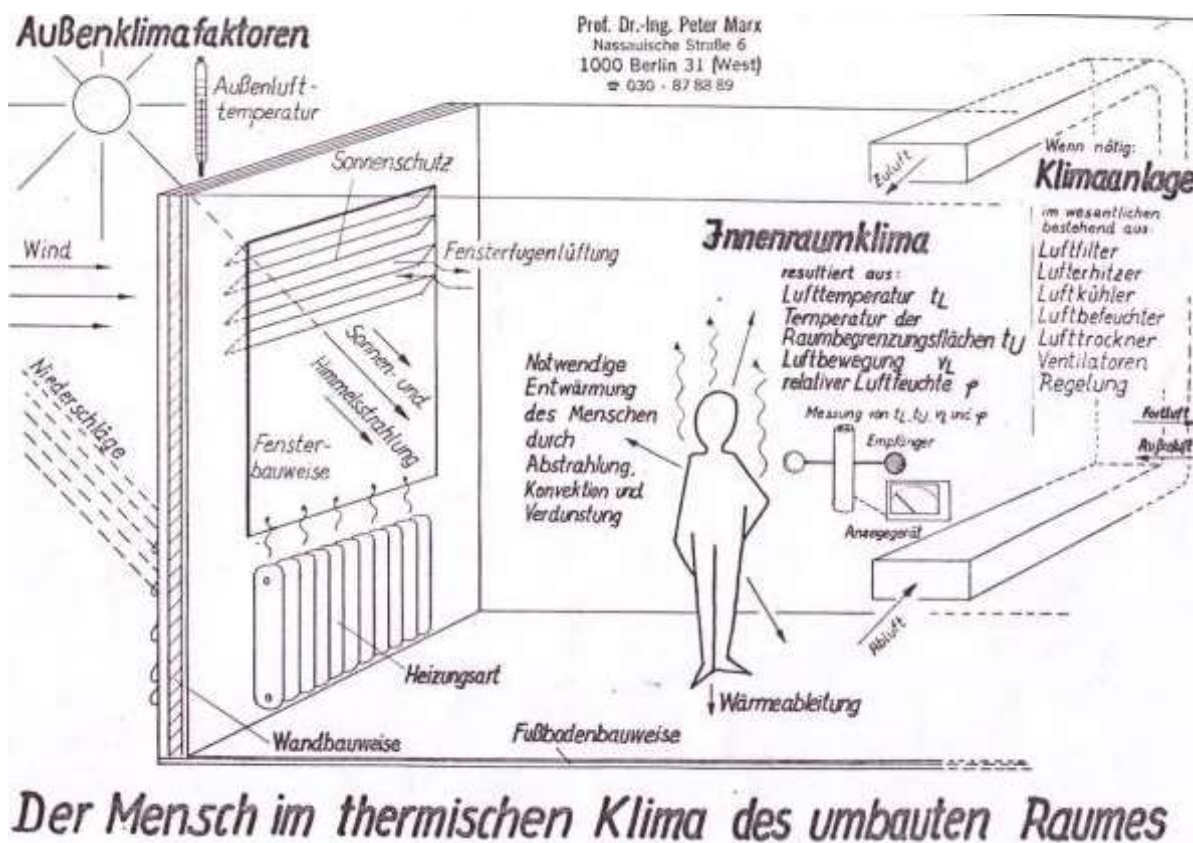
Merania sa robili v budove domova dôchodcov v Driebergene,

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

dňa 8. júla 2014 s analyzátorom vnútornej klímy MS01A.

Izby sú podobné, nezariadené a susediace. Vonkajšia klíma môže mať rovnaký vplyv na obe miestnosti, čo znamená, že stavebno-fyzikálne vlastnosti sú rovnaké (tepelná izolácia, geometria, vonkajšie hodnoty atď.).

Nasledujúci obrázok ukazuje komplexnú interakciu medzi vonkajšou klímou a vnútornou klímou na ľudoch.



Obrázok 1: Principiálny náčrt ľudí vo vnútornej klíme

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:

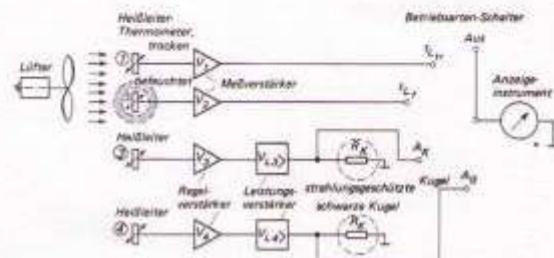
Zum Raumklima-Analysator MS 01 A gehören:

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 Anzeiginstrument 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

Obrázok 2: Popis analyzátoru izbovej klímy MS01A

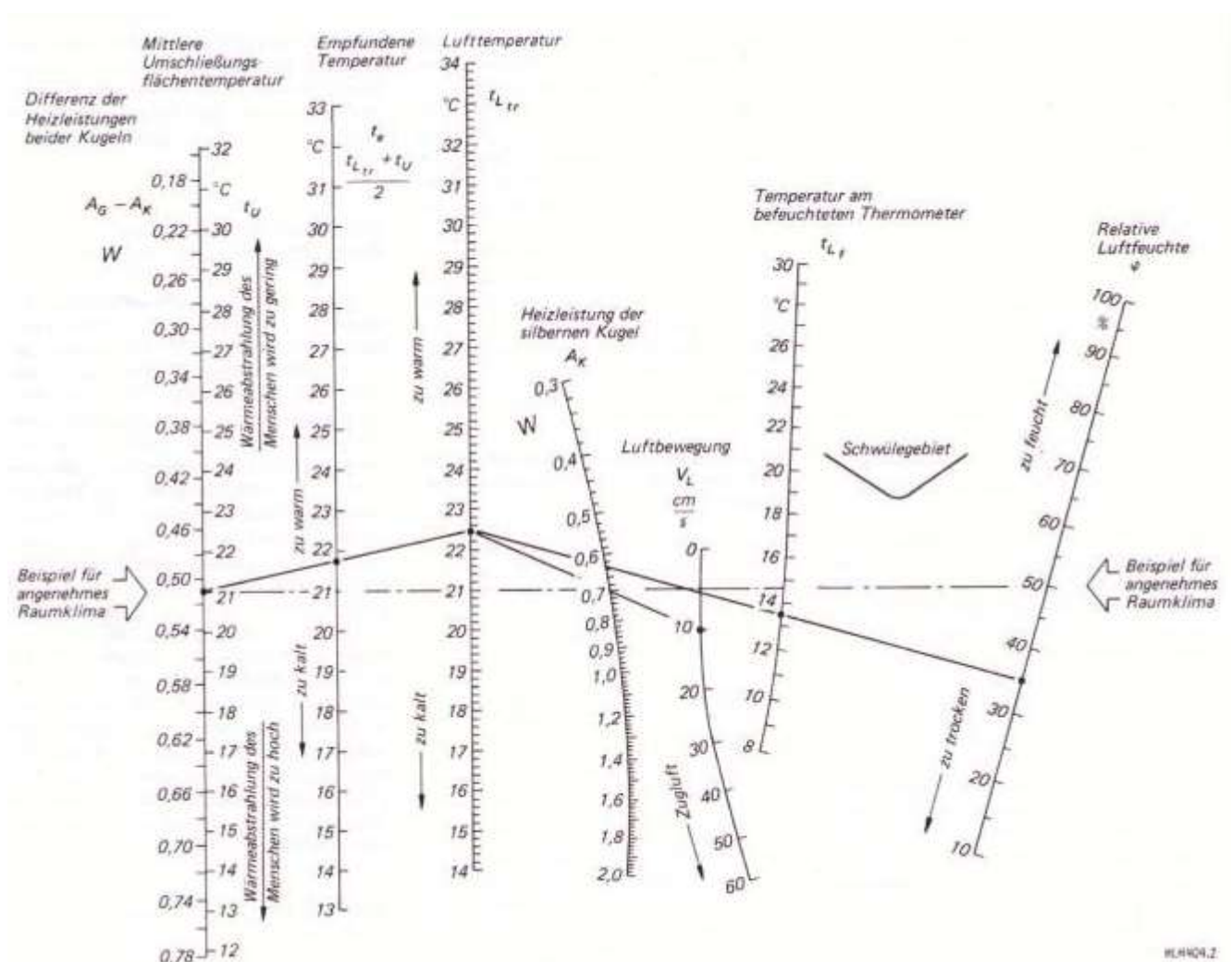
Meßbereiche

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

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

Obrázok 3: Technické údaje analyzátoru vnútornej klímy MS01A



Obrázok 4: Nomogram na posúdenie tepelnej vnútornej klímy

Popis izby:

Dve testovacie miestnosti, miestnosť 160 a miestnosť 162, sú na 1. poschodí na rovnakej strane budovy (severozápadná strana) a sú konštrukčne identické. Sú oddelené ďalšou rovnakou miestnosťou. Vzdialenosť medzi miestnosťou 160 a miestnosťou 162 je približne 4,5 metra. Obe izby majú koberce a rovnaké okná. Ide o identické miestnosti s rozlohou približne 72 m². Obálka, z toho asi 71 % (51,07 m²) sa nevzťahuje na lakovaný povrch obálky. Zvláštnosťou je, že steny sú pokryté vinylovými tapetami. Ide o tradičné plastové tapety s papierovým podkladom, ktoré majú mierny vnútorný izolačný efekt. Izba 162 je natretá farbou ThermoShield.



Obrázok 5: Pohľad na identické testovacie miestnosti

Snímač izbovej klímy bol počas meraní umiestnený v strede miestnosti a vo výške 1,5 m. V oboch miestnostiach sa uskutočnili tri analýzy izbovej klímy.

3 Merania sa vzťahujú na miestnosť 160

- Meranie 1: Aktuálne meranie (zatvorené okno) po nočnom vetraní pri otvorenom okne
- Meranie 2: Po 25 minútach vykurovania 3 kW ventilátorom so zatvoreným oknom
- Meranie 3: Po 45 minútach ochladzovania so zatvoreným oknom sa nastriekalo 0,5 litra vody a následne sa odmeralo

3 merania sa vzťahujú na miestnosť 162

- Meranie 1: Aktuálne meranie (zatvorené okno) po nočnom vetraní pri otvorenom okne
- Meranie 2: Po 25 minútach vykurovania 3 kW ventilátorom so zatvoreným oknom
- Meranie 3: Po 45 minútach ochladzovania so zatvoreným oknom sa nastriekalo 0,5 litra vody a následne sa odmeralo

Außenluft-Temperatur: 17 °C

rel. Außenluft-Feuchte: 77 %

RKA-Messung im Raum: 160

Mess-Nr.: 1

Datum: 8-7-2014

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

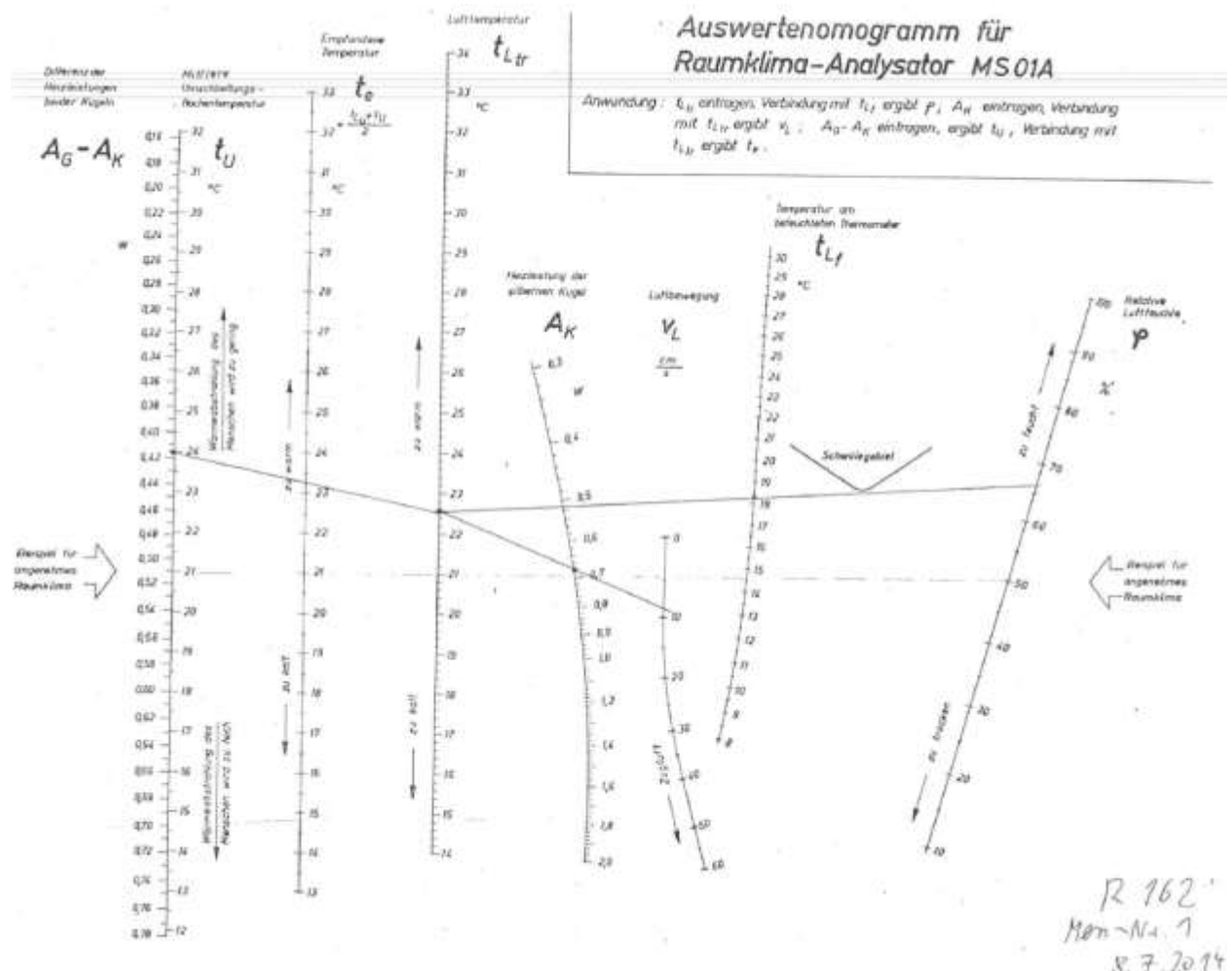
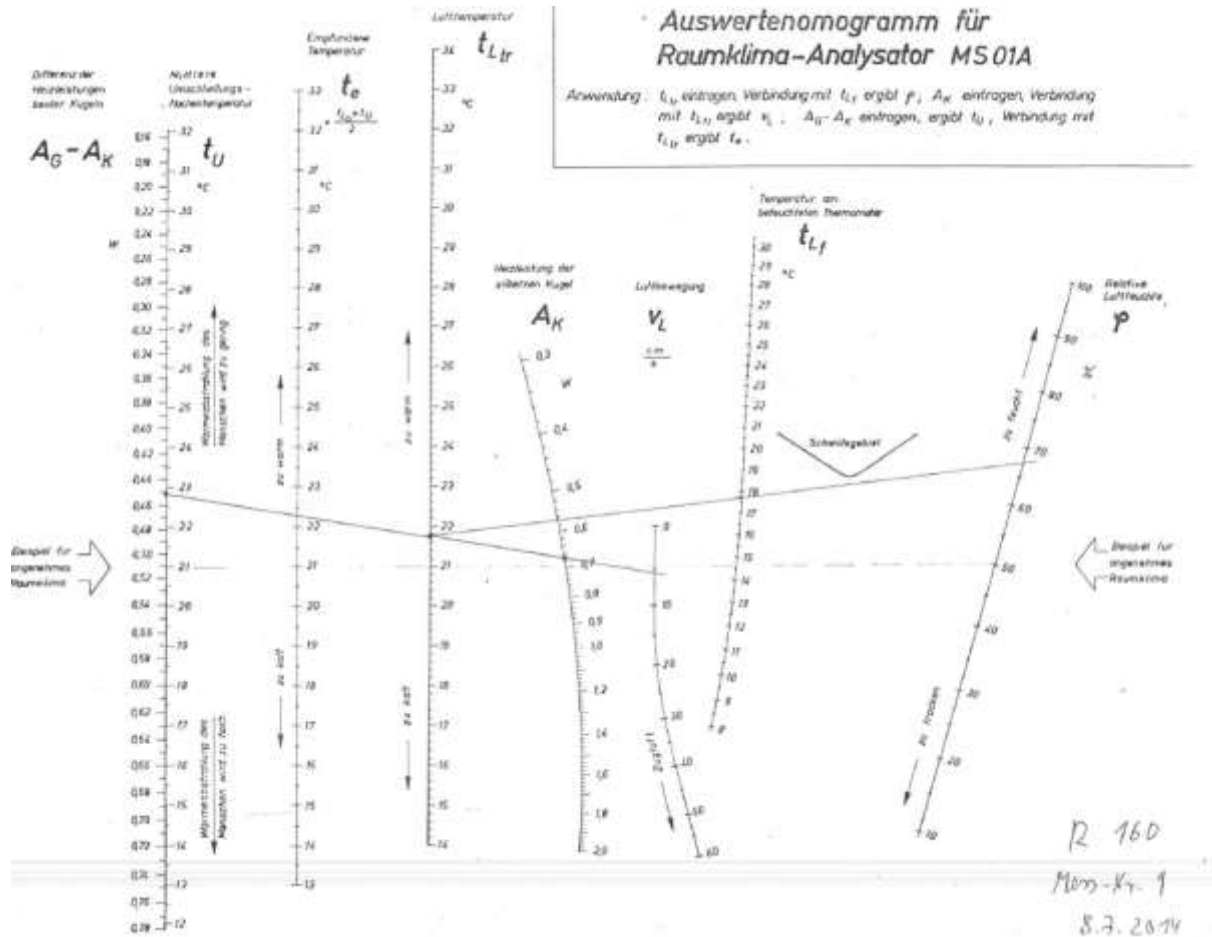
0,65

1,12

0,66

1,125

0,675 $t_{Ltr} / ^\circ C = 21,8$ $t_{Lf} / ^\circ C = 17,8$ $\phi / \% = 67,5$ $v_L / cm/s = 6$ $t_u / ^\circ C = 22,9$ $t_e / ^\circ C = 22,3$



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

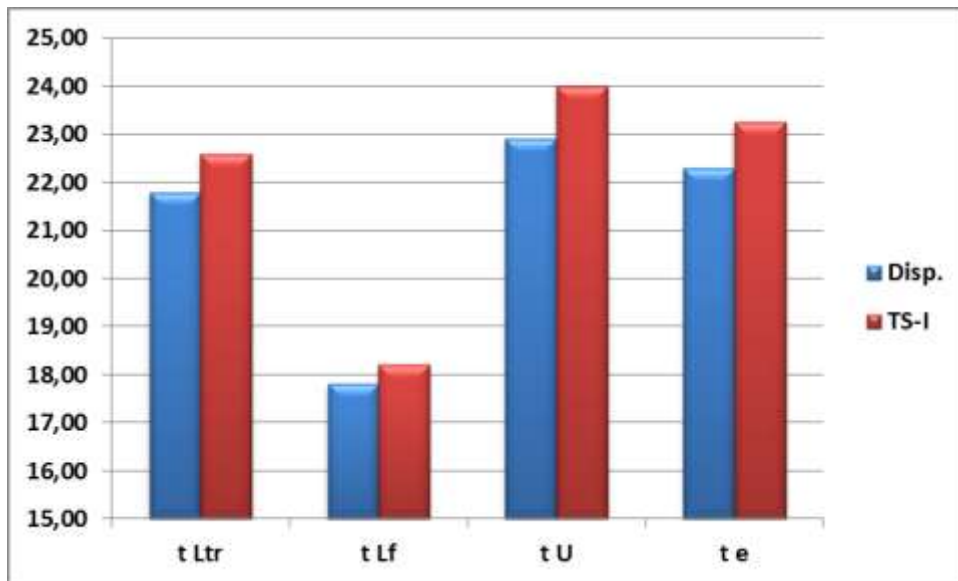
1,11

0,68

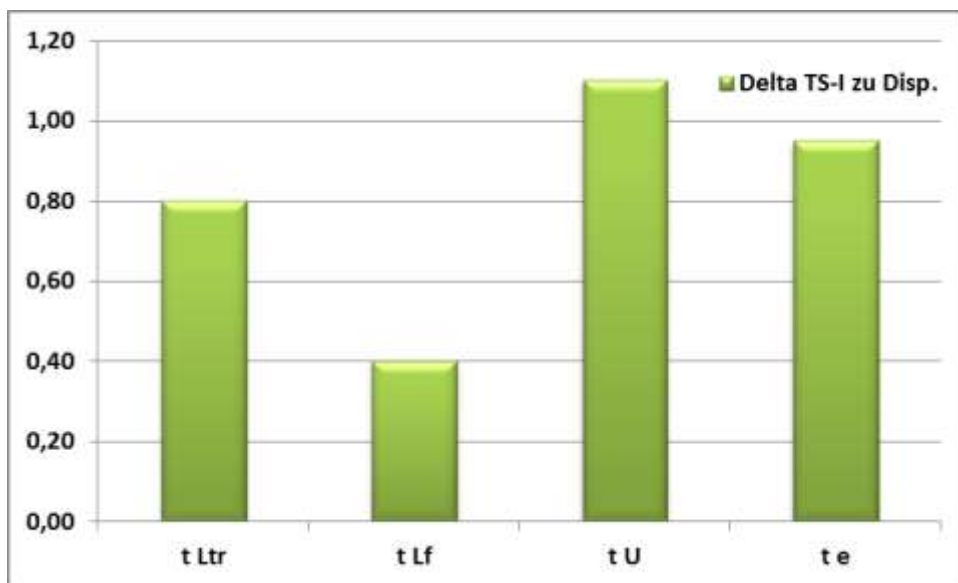
1,096

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

Vyhodnotenie výsledkov merania
#1 Chovanie pri chladení



Obrázok 10: Stĺpcový graf s nameranými hodnotami teploty



Obrázok 11: Rozdiely v teplote miestnosti #162 (TS-I) a #160 (Disp.)

Miestnosti boli rovnako kondicionované večer predtým, čo znamená, že boli cez noc uvedené do fázy chladenia s rovnakými počiatočnými hodnotami teploty a vlhkosti vzduchu.

Miestnosť ThermoShield sa ochladzuje menej, čo dokazuje tepelnú schopnosť vnútorného náteru. Druhá grafika v zelenej farbe: rozdielne hodnoty štyroch parametrov to objasňujú.

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	

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

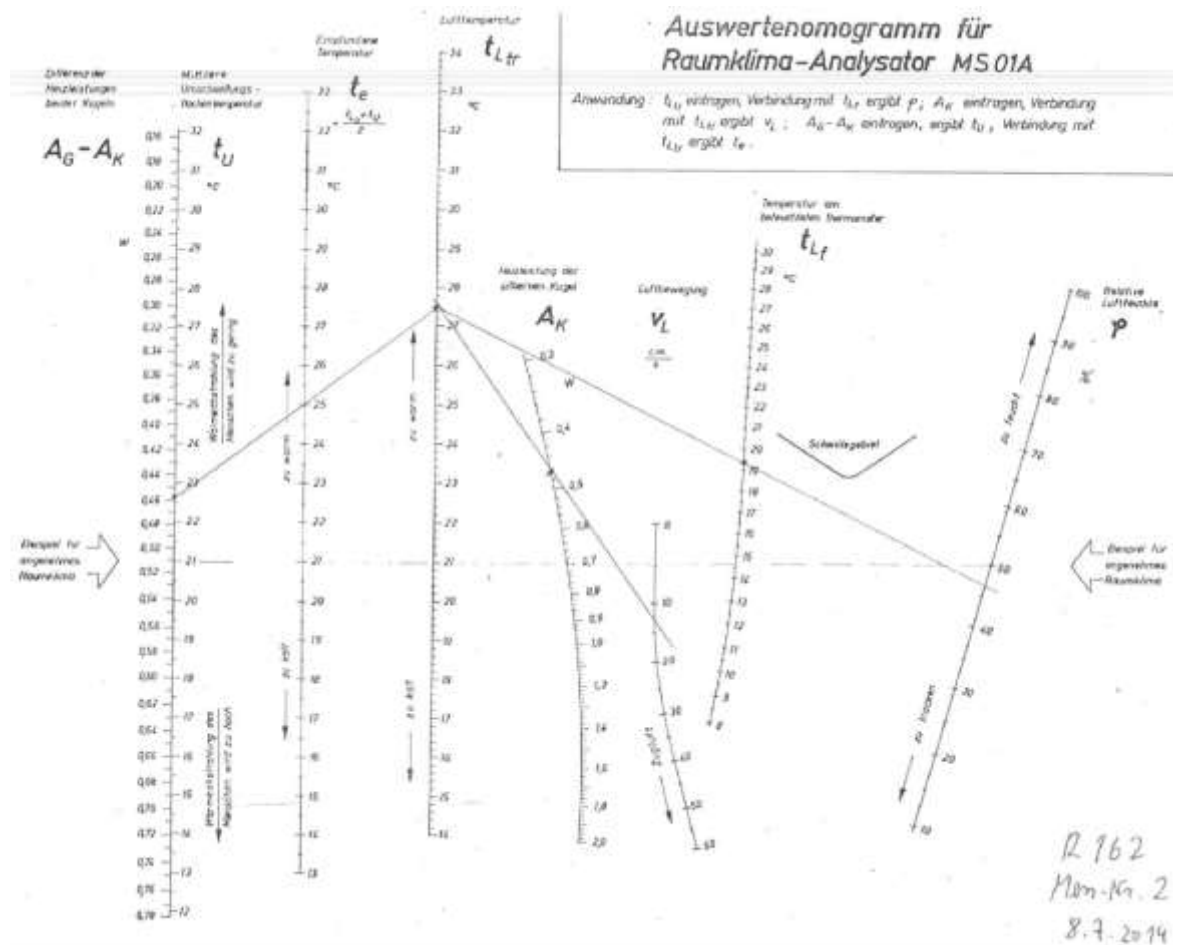
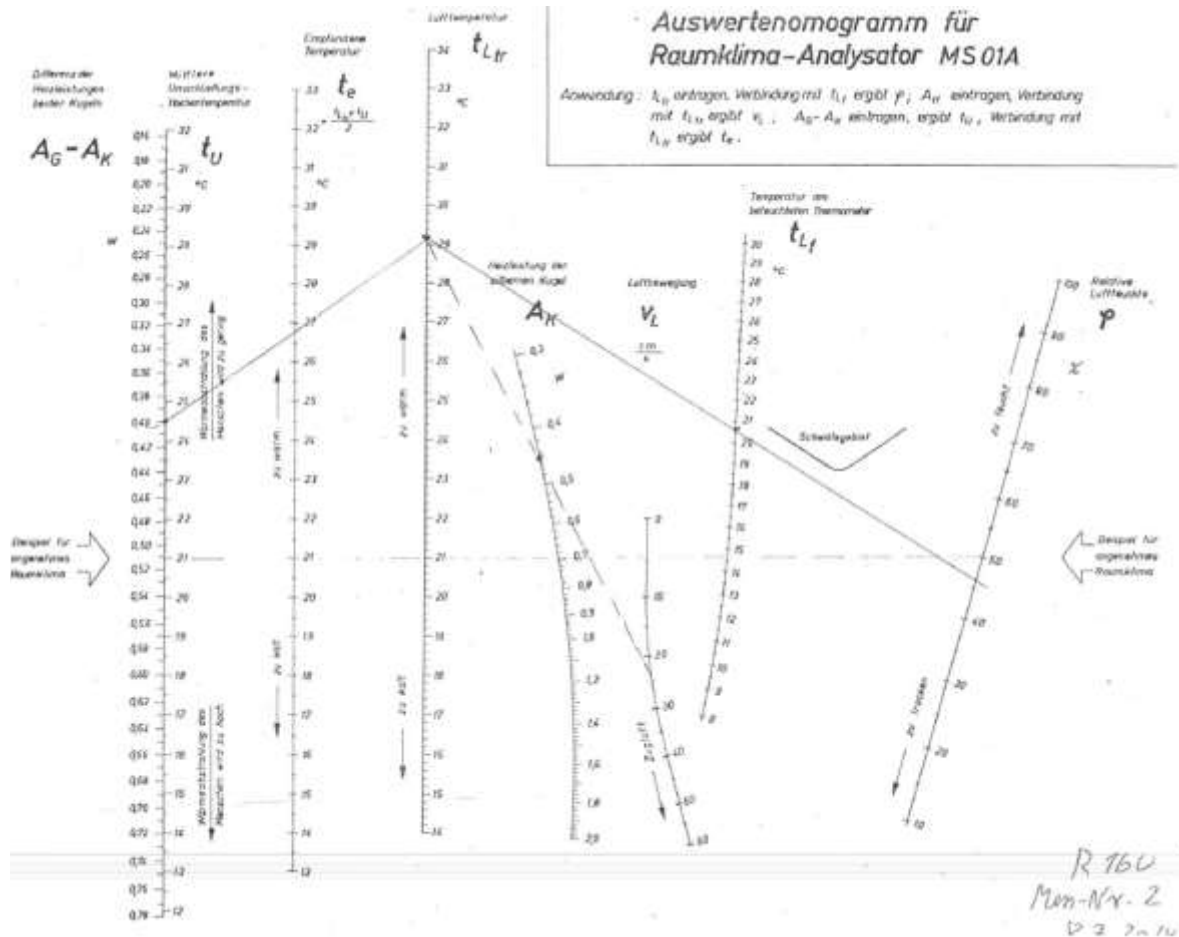
$$t_{Lf} / ^{\circ}\text{C} = 21,4$$

$$\Phi / \% = 46$$

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

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

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



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

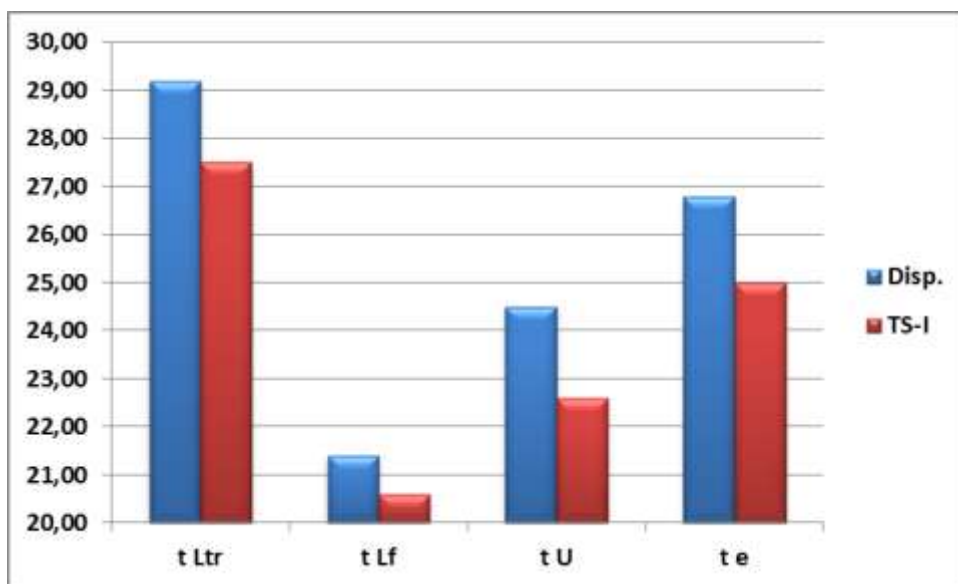
0,46

0,92

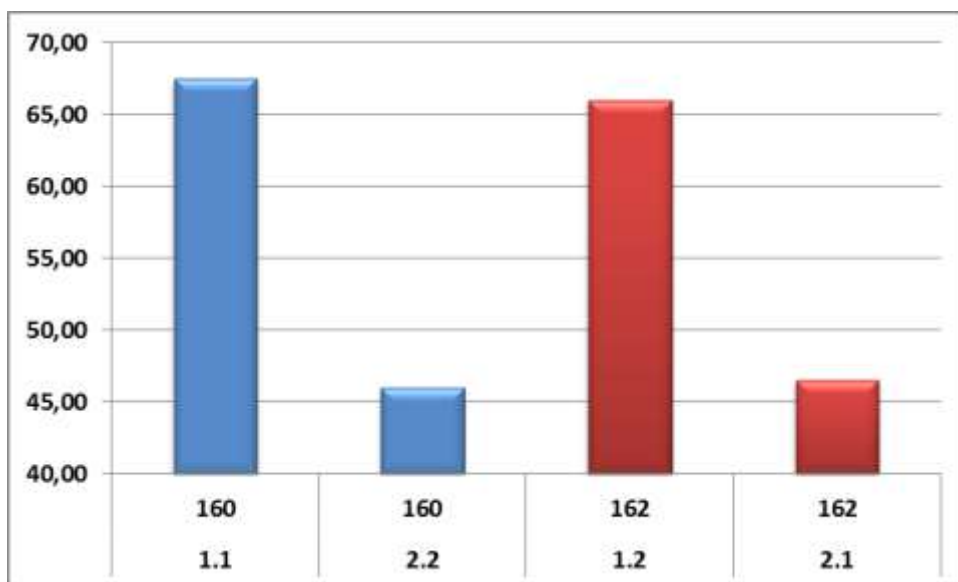
0,462 $t_{Ltr} / ^{\circ}\text{C} = 27,5$ $t_{Lf} / ^{\circ}\text{C} = 20,6$ $\phi / \% = 46,5$ $v_L / \text{cm/s} = 12,5$ $t_u / ^{\circ}\text{C} = 22,6$ $t_e / ^{\circ}\text{C} = 25$

Vyhodnotenie výsledkov merania

#2 Správanie sa pri zahrievaní



Obrázok 16: Merania teploty v miestnosti #160 (Disp.) a #162 (TS-I)

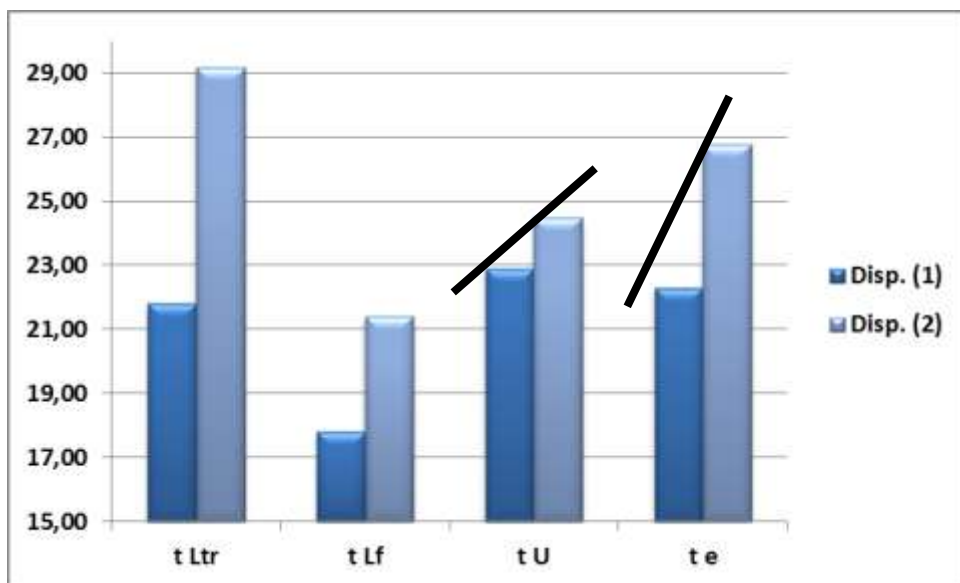


Obrázok 17: Pokles rel LF v dôsledku zvýšenia teploty

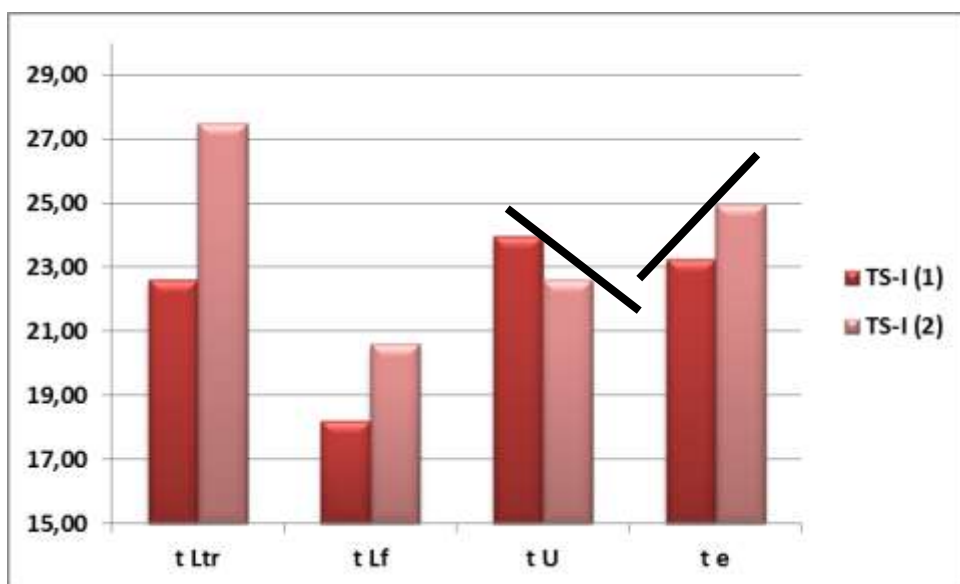
1,25 kWh tepelnej energie sa vyrobilo 25-minútovým ohrevom s 3 kW ventilátorovým ohrievačom so zatvoreným oknom. Rozdiel v relatívnom LF po vykurovaní je hraničná v oboch miestnostiach relatívna vlhkosť klesla z cca 67% na cca 45%.

Jasný efekt vykurovania je možné vidieť v miestnosti #160. Teploty stúpajú tak vysoko, že dosahujú až nepríjemne teplé oblasti. Izba č. 160 sa prehrieva. V miestnosti #162 je toto nižšie: te sa zvyšuje menej, tudokonca trochu klesá.

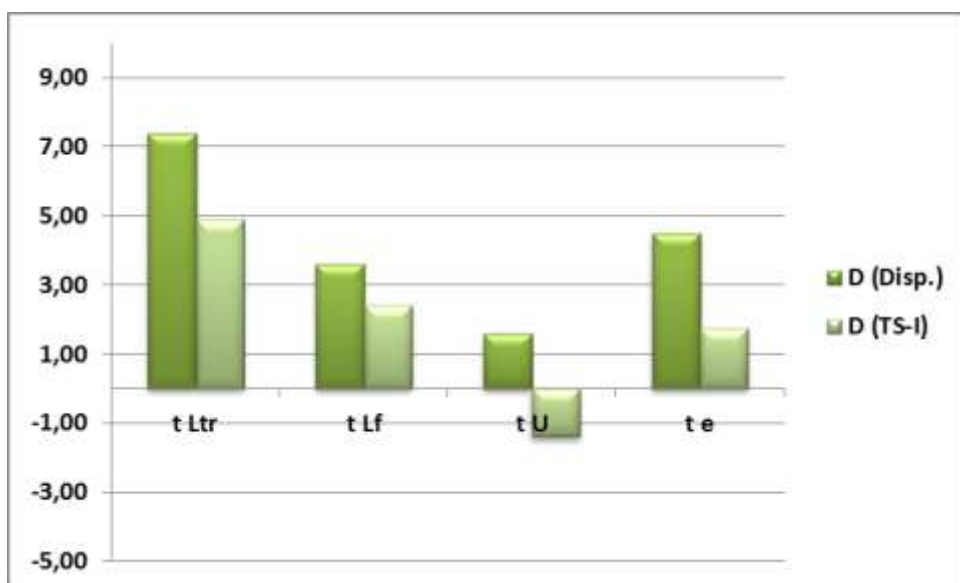
Ďalej bolo vykonané porovnanie s počiatočnými hodnotami, teda porovnanie hodnôt merania chladenia s hodnotami merania ohrevu. Zarážajúce je, že v miestnosti č. 162 teplota obalu klesá a vnímaná teplota stúpa menej ako v miestnosti č. 160.



Obrázok 18: Zmena hodnôt teploty v miestnosti #160 (Disp.)

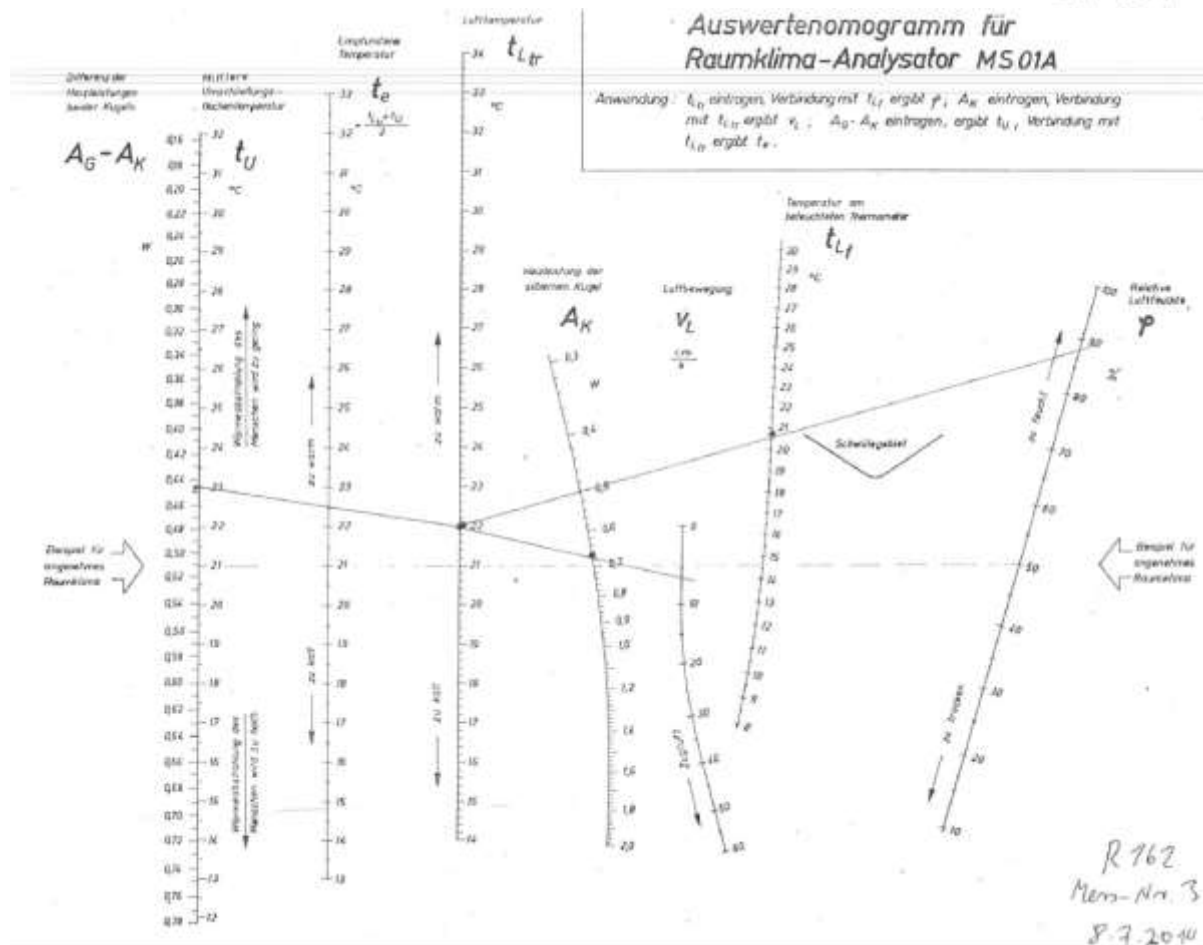
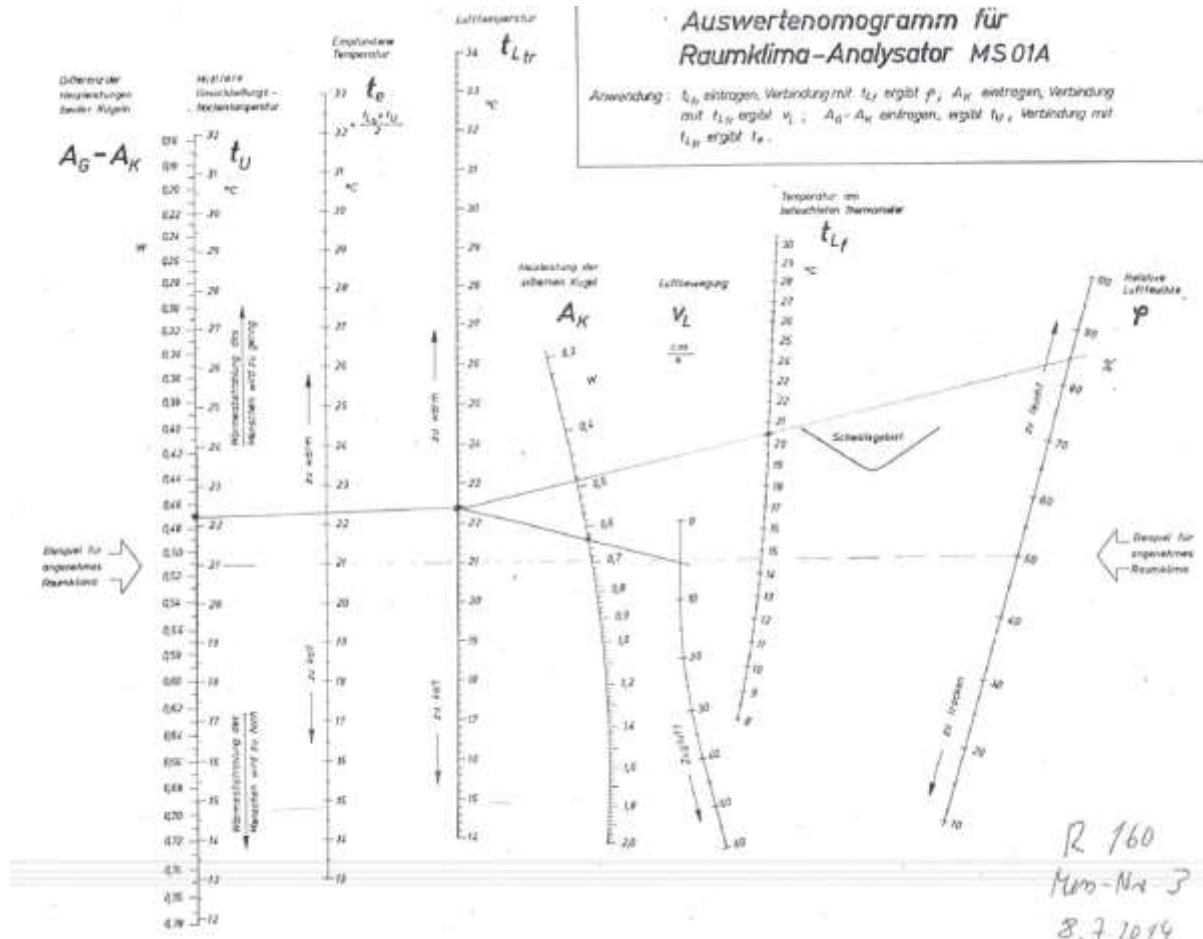


Obrázok 19: Zmena hodnôt teploty v miestnosti #162 (TS-I)



Obrázok 20: Rozdiely v teplotných zmenách miestnosti #160 až #162

Außenluft-Temperatur: 20.7°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 $A_G - A_K = 0,466$ $1,10$ $0,62$ $1,10$ $0,64$ $1,09$ $0,63$ $1,08$ $0,64$ $1,10$ $0,62$ $1,10$ $0,62$ $1,095$ $0,6283$ $t_{\text{Ltr}} / ^{\circ}\text{C} = 22,4$ $t_{\text{Lf}} / ^{\circ}\text{C} = 20,4$ $\phi / \% = 85$ $v_L / \text{cm/s} = 5,5$ $t_u / ^{\circ}\text{C} = 22,25$ $t_e / ^{\circ}\text{C} = 22,3$



Obrázok 22: Vyhodnocovací omogram pre meranie #3 v miestnosti #160

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 Ltr H_2O würden verdampft A_G A_K $A_G - A_K = 0,446$

1,12 0,68

1,06 0,70

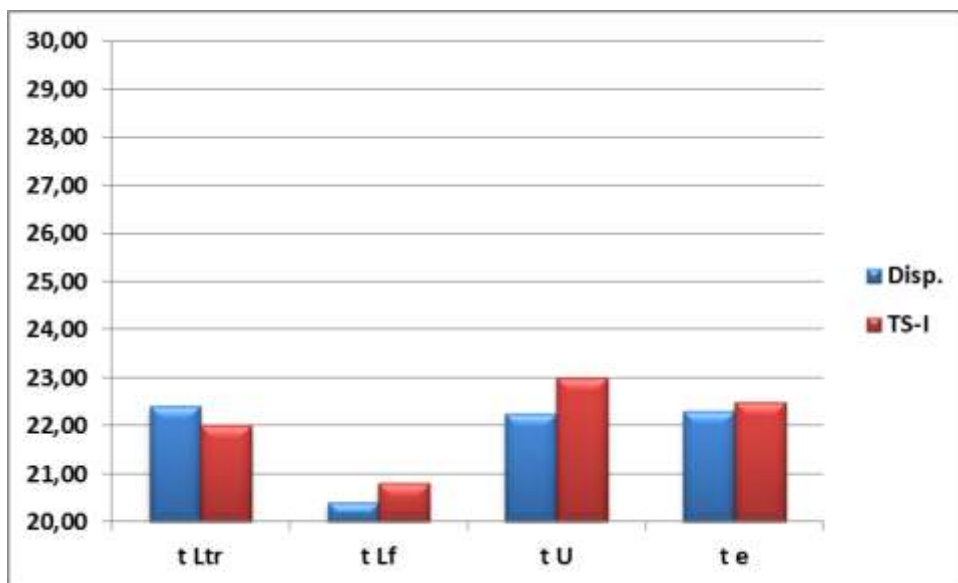
1,12 0,62

1,10 0,64

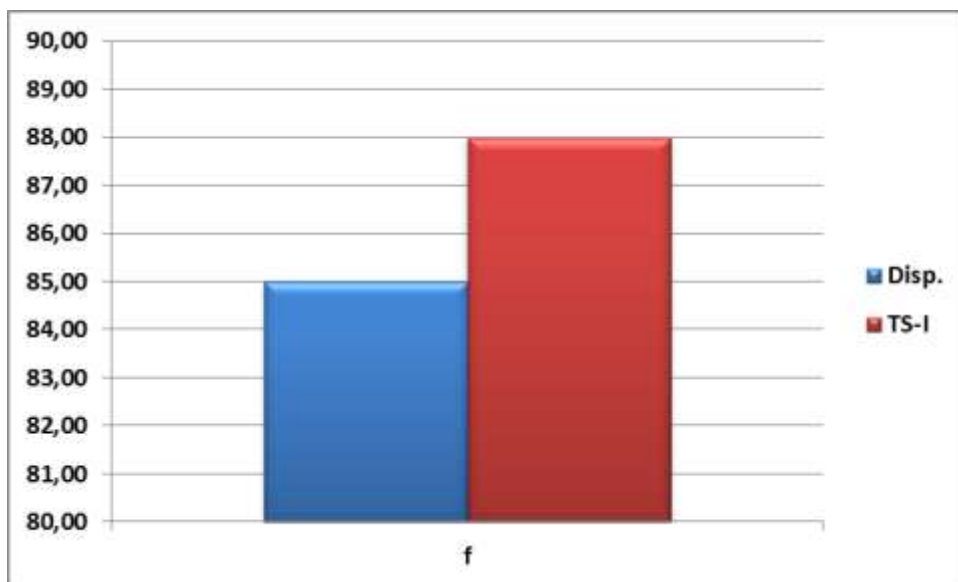
1,12 0,66

1,10 0,64

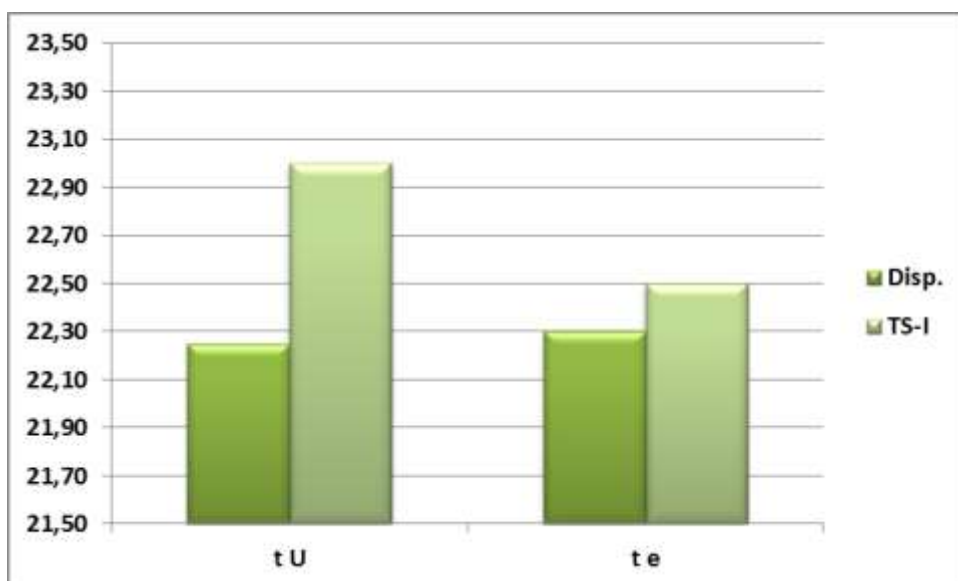
1,103 0,657 $t_{\text{Ltr}} / ^{\circ}\text{C} = 22$ $t_{\text{Lf}} / ^{\circ}\text{C} = 20,8$ $\phi / \% = 88$ $v_L / \text{cm/s} = 7$ $t_u / ^{\circ}\text{C} = 23$ $t_e / ^{\circ}\text{C} = 22,5$



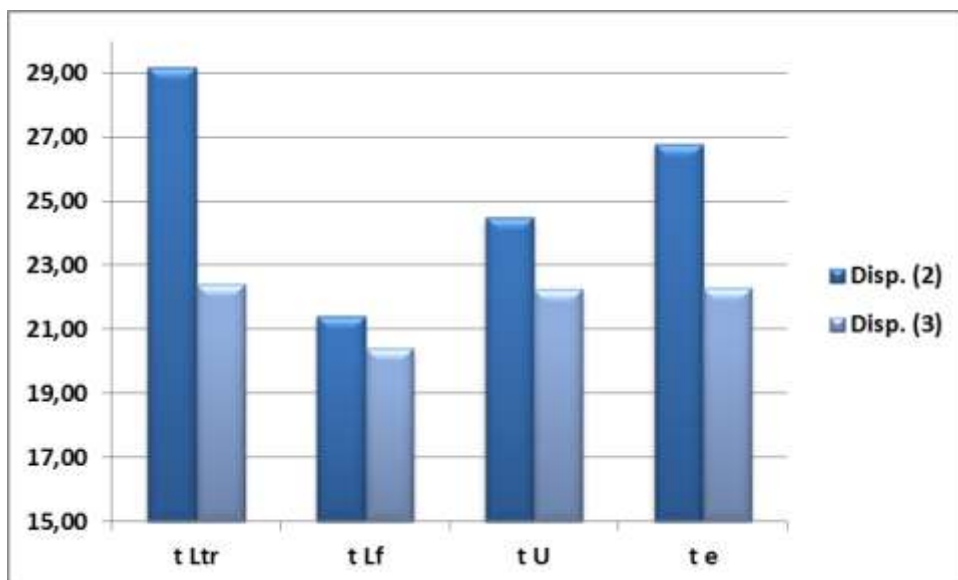
Obrázok 25: Hodnoty teploty v miestnostiach #160 a #162



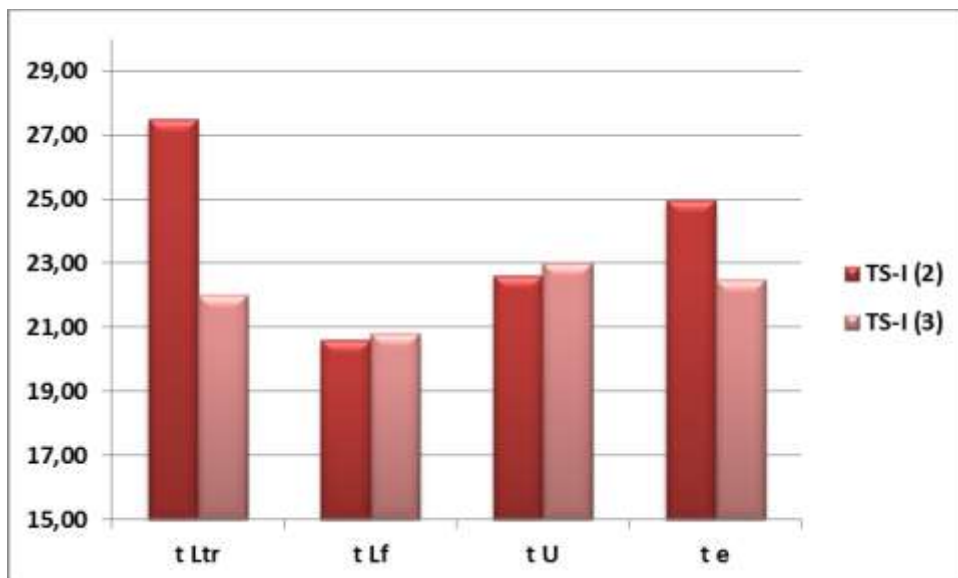
Obrázok 26: vysoké hodnoty vlhkosti v miestnostiach #160 a #162



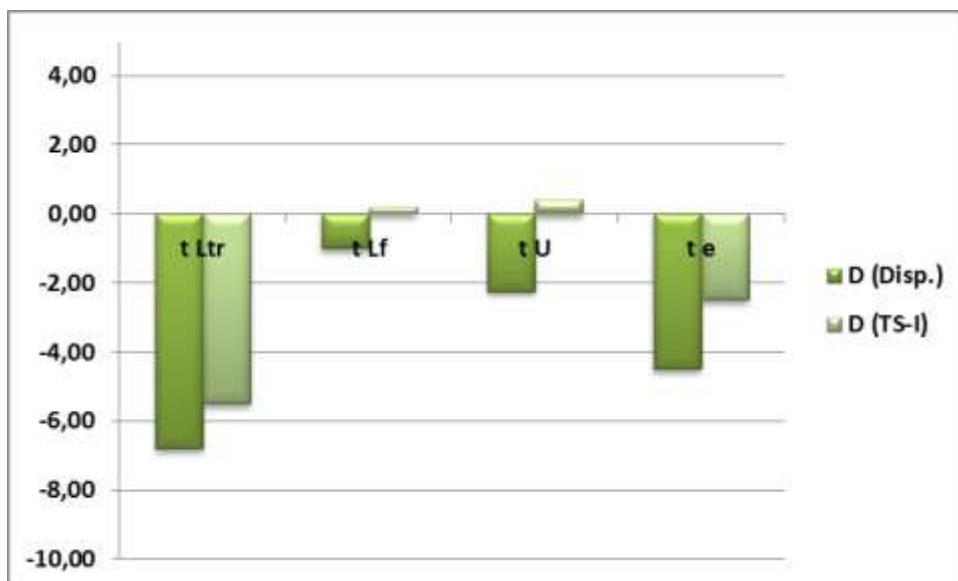
Obrázok 27: Povrch obálky a pocitová teplota v miestnostiach #160 a #162



Obrázok 28: Zmena hodnôt teploty v miestnosti #160 po vstupe vlhkosti



Obrázok 29: Zmena hodnôt teploty v miestnosti #162 po vstupe vlhkosti



Obrázok 30: Hodnoty rozdielu teplôt v miestnostiach #160 a #162

Vyhodnotenie výsledkov merania

3 Vystavenie vlhkosti

Zavedením nebulizovanej vody (teplota cca 12°C, jemne rozptýlená pomocou trysky, kvapôčky vo vzduchu namiesto vodnej pary) sa hodnoty teploty menia so zvýšenou relatívnou vlhkosťou. Vlhkosť. V izbe č. 162 je príbuzný. Vlhkosť o 3 % body vyššia ako v miestnosti č. 160. Ak predpokladáme, že kvapôčky hmly padajú rovnomerne na podlahu (koberec), má to za následok mierne odlišné adhézne a absorpčné správanie. Zvláštnosťou tohto testu je, že neexistuje žiadna zhoda medzi náterom a podkladom kvôli vinylovej tapete ako separačnej vrstve. V miestnosti #162 tla takmer nezmenil, telesá menej.

Súhrnné hodnotenie:

Zo zníženého chladenia v miestnosti č. 162 je možné určite odvodiť efekt úspory energie. Vzhľadom na okrajové podmienky nie je kvantifikácia možná alebo je možná len veľmi hrubým odhadom:

Porovnanie s predchádzajúcimi analýzami vnútornej klímy v Nemecku a Švédsku ukazuje, že jasnejšie rozdiely sa objavujú v chladnejších obdobiach. Pozri prílohu 2.

Merania vykurovacieho správania a vplyvu vniknutia vlhkosti do vzduchu v miestnosti ukazujú, že vnútorný náter ThermoShield má v porovnaní s bežnou farbou zreteľný účinok.

Pozitívny vplyv na vnútornú klímu a kritériá komfortu v konečnom dôsledku na ovplyvňuje aj energetickú bilanciu, pretože sa tu kompenzuje spotreba energie na klimatizáciu.

Vnútorná klíma je tepelne komfortná, keď je teplota vzduchu v miestnosti a teplota okolitých povrchov čo najbližšie k sebe, tj miestnosť je potom tepelne stabilná. Relatívna LF by mala byť 50% a pohyb vzduchu 5 cm/s. Pri dynamických zmenách vonkajšej a vnútornej klímy by vnútorné povrchy mali pôsobiť vyrovnávajúc, tlmiačo. Vykonané merania odhaľujú tento pozitívny vplyv farby Thermoshield na vnútornú klímu.

Dr.-Ing. P. Marx odborník na meráciu techniku

Berlín, 30. júla 2014

Univerzita aplikovaných vied

Technická univerzita Beuth v Berlíne

Dr.-Ing. Peter Marx, dôchodca

Oddelenie VII - Laboratórium elektrotechniky a presného strojárstva pre elektronickú meráciu techniku

Luxemburská ulica 10

D-13353 Berlín – Nemecko

Spoluautor hodnotenia:

(konštrukčná komora okrúhleho razidla)

Dipl.-Ing. Matthias G. Bumann

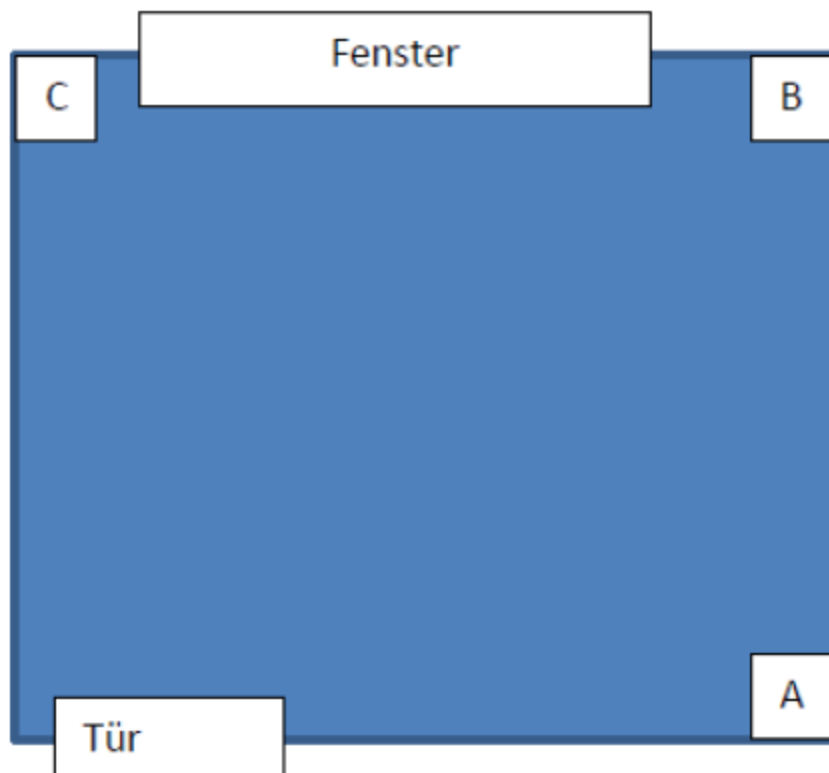
DIMaGB Berlín

Stavebný odborník

Energetický poradca

Berlínska stavebná komora

Dodatok 1
Merania infračervenou kamerou



Obrázok 31: Náčrt identických meracích bodov v dvoch miestnostiach

Na začiatku meraní izbovej klímy (cca 10:00 hod.) bola v oboch miestnostiach vykonaná IR termografia v troch rovnakých meracích bodoch, ako je popísané v náčrte.

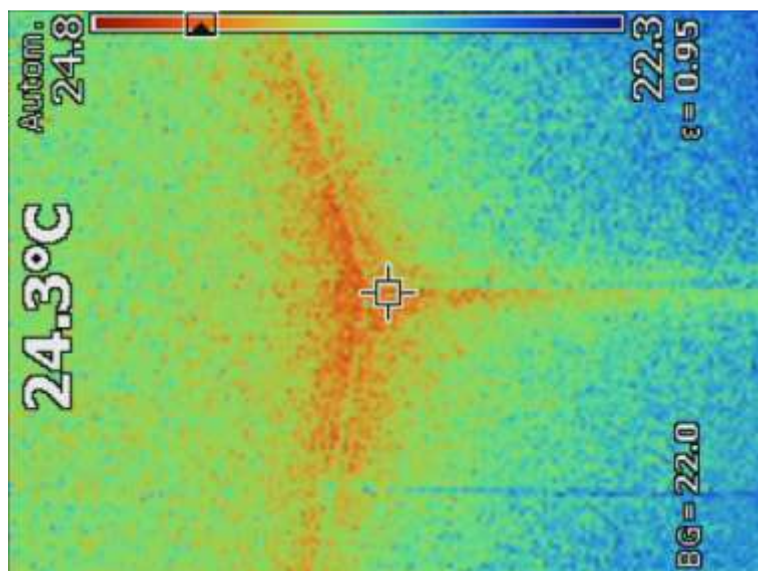
Termografické snímky ukazujú, že rozloženie povrchových teplôt v oblasti rohu strop-stena je pri nátere ThermoShield rovnomernejšie.

V miestnosti č. 160 je odchýlka: 24,3 – 22,7 – 21,4 °C.

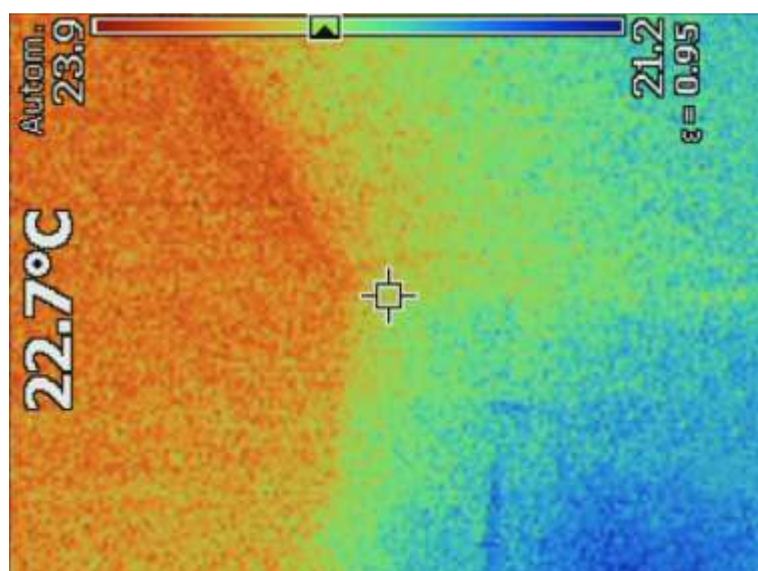
V miestnosti #162 sú hodnoty bližšie k sebe: 24,3 – 23,3 – 23,1 °C.

Táto väčšia symetria má pozitívny vplyv na tepelnú pohodu, keďže vnímaná teplota (prevádzková teplota) je výrazne ovplyvnená teplotou povrchu obálky.

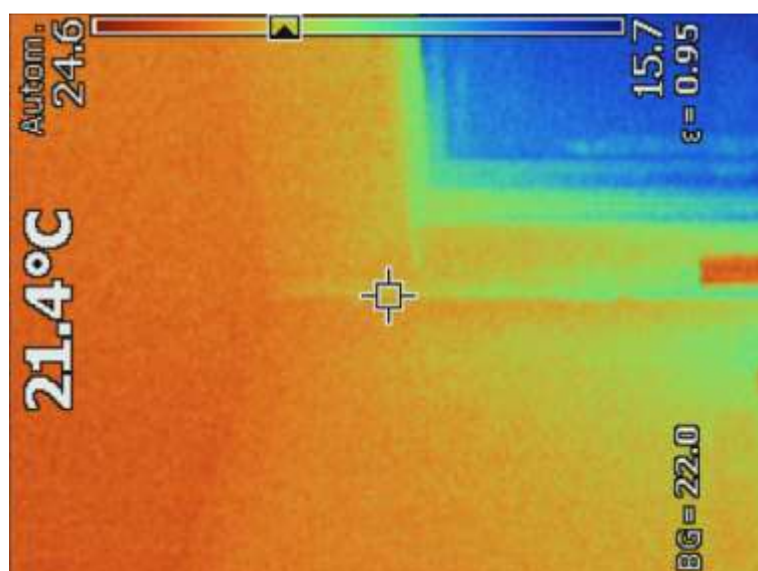
V súvislosti s osvedčeným nižším chladením miestnosti # 162, to je opakovaný dôkaz efektu interiérového náteru ThermoShield zlepšujúceho komfort a šetrenie energie.



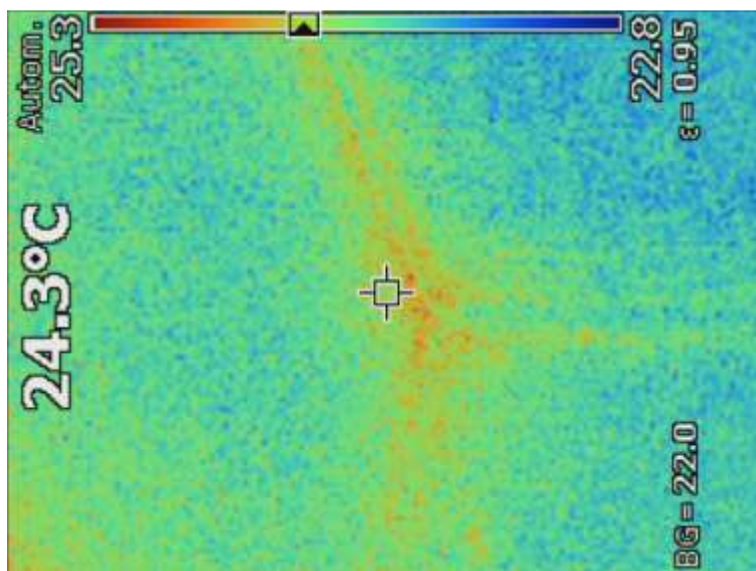
Obrázok 32: IR termografická snímka pre merací bod A v miestnosti #160



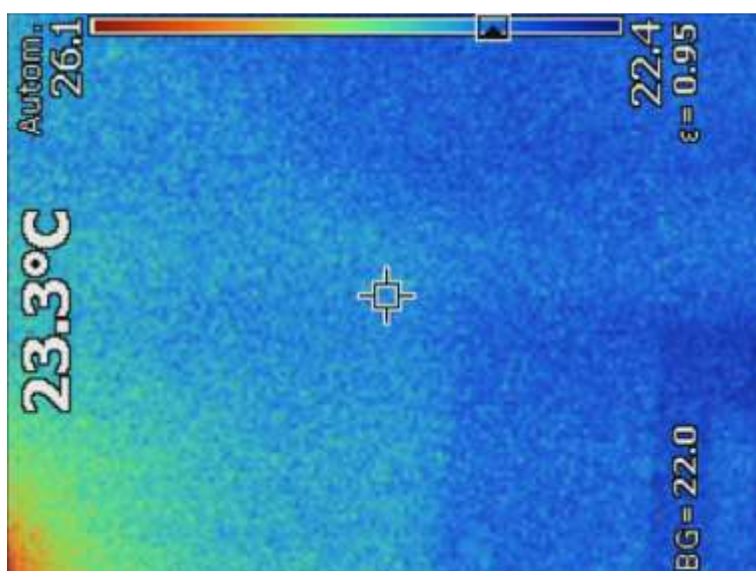
Obrázok 33: IR termografická snímka meracieho bodu B v miestnosti č. 160



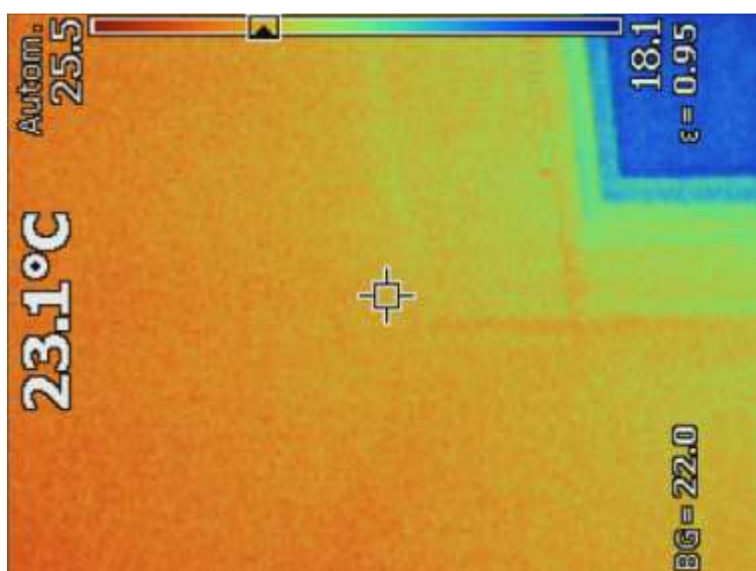
Obrázok 34: IR termografická snímka meracieho bodu C v miestnosti č. 160



Obrázok 35: IR termografická snímka meracieho bodu A v miestnosti č. 162



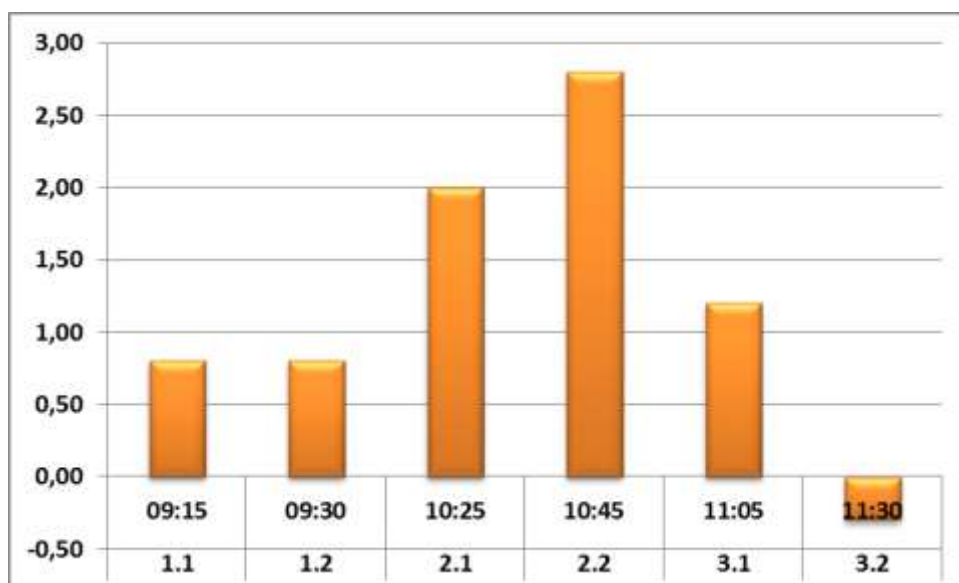
Obrázok 36: IR termografická snímka meracieho bodu B v miestnosti č. 162



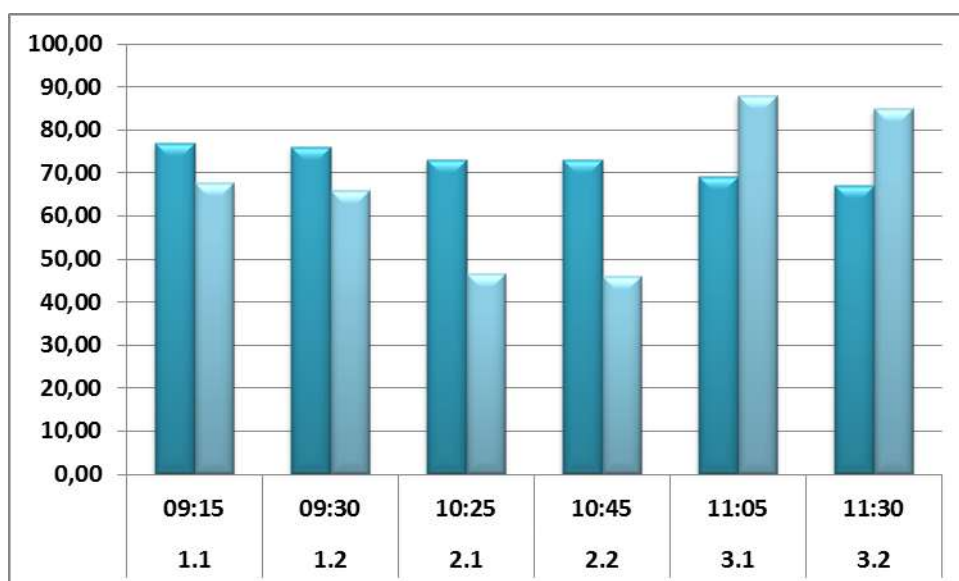
Obrázok 37: IR termografická snímka meracieho bodu C v miestnosti č. 162

Dodatok 2

Hodnotenie klimatických podmienok



Obrázok 38: Rozdielové porovnanie vnútornej a vonkajšej teploty



Obrázok 39: Znáznornenie hodnôt vlhkosti vzduchu vo vnútri a vonku

Zvláštnosťou okrajových podmienok pre meranie boli:

- relatívne malé teplotné rozdiely (teplota vzduchu vnútri/vonku)
- vysoké hodnoty vlhkosti vzduchu (rel LF vonku/vnútri)

Výška príbuzného Vlhkosť treba brať do úvahy v súvislosti s teplotou vzduchu: teplý vzduch dokáže absorbovať viac vody, studený menej a preto je suchší. V zime dokonca 95% rel. LF vonku len relatívne malé absolútne množstvo vody vo vzduchu, napr. vo vnútri so 40% rel. LKF pri 23 °C.

Kvôli na veľký Rozdiely pri na tlak pár a Teplotné rozdiely medzi letom a zimou, je zrejme, že budú pozorované sezónne odlišné vplyvy.

Dodatok 3**Kompilácia nameraných hodnôt pre analýzu vnútornej klímy**

meranie	1.1	2.2	3.2	1.2	2.1	3.1
Stránka	6	10	14	8	12	16
Priestor	160	160	160	162	162	162
Dátum	9. júla 2014	9. júla 2014	9. júla 2014	9. júla 2014	9. júla 2014	9. júla 2014
Čas	09:15	10:45	11:30	09:30	10:25	11:05
tLa	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
AG - AK	0,450	0,400	0,466	0,418	0,458	0,446
t litrov	21,80	29,20 hod	22:40	22,60	27,50	22:00
t Lf	17,80	21:40	20:40	18,20 hod	20,60	20,80
f	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
te	22:30	26,80	22:30	23,25 hod	25:00	22,50

Dodatok 4**Informácie o geometrii miestnosti**

Rozsah	3,70	4.20	15,80 m
povrch steny		2,60	41,08 m2
Poschodie	3,70	4.20	15,54 m2
Strop			15,54 m2
okno	2,50	1,50	3,75 m2
dvere	2.00	0,90	1,80 m2
Povrch obálky			72,16 m2
čistý priestor na stene			35,53 m2
Pomer Wd/Hf			49,24 %
potiahnutý povrch			51,07 m2
Pomer bHf/Hf			70,77 %
objem	15,54	2,60	40,40 m3