

## **Raumklimatische Untersuchungen in Callcentern**

Prof. Dr.-Ing. H.-P.- Leimer; J. Schneider BEng

BBS INSTITUT- Forschungs- und Materialprüfinstitut für angewandte Bauphysik und Werkstoffe des Bauwesens - Wolfenbüttel

### **1 Zusammenfassung**

In den Callcentern der Unternehmen wird der Kontakt zum Geschäftsmarkt der Firmen telefonisch aufgenommen und bearbeitet. Hierfür werden die entsprechenden Mitarbeiter zumeist in Großraumbüros zusammengefasst. Die hieraus entstehende Situation am Arbeitsplatz, auch im Hinblick auf die häufig schwierigen Telefonate, belastet die Arbeitnehmer zusätzlich. Des Weiteren können Wünsche und Bedürfnisse des Einzelnen im Hinblick auf das Raumklima gar nicht oder nur bedingt erfüllt werden. Obgleich auf der Grundlage aktueller Normen und Verordnungen, dem Stand der Technik folgend, die Planungen in Hinblick auf Raumklima, Raumausstattung und Anlagentechnik durchgeführt werden, gibt es oftmals große Probleme mit der Akzeptanz des Raumklimas durch den/die Nutzer.

Aus diesen Gründen wurden im Rahmen eines drittmittel-finanzierten Forschungsprojektes durch das BBS INSTITUT eine grundsätzliche Analyse und Begutachtung der klimatischen Zustände in Callcentern durchgeführt, um so Abhängigkeiten der Akzeptanz und Unterschiede zu üblichen Büroarbeitsplätzen zu erkennen. So wurden in einem Callcenter in Anlehnung an die DIN EN ISO 7730 die Klimaparameter messtechnisch erfasst und die subjektive Behaglichkeit der Personen im Raum, basierend auf einem umfassenden Fragebogenkatalog, zu den objektiven Messdaten des Raumes/Systems in Korrelation gesetzt.

Hierbei zeigt sich, dass, obwohl die aktuell empfohlenen Grenzwerte für einen behaglichen Raumluftzustand nach DIN EN ISO 7730 und der für Gebäude gültigen DIN EN 13779 bzw. DIN EN 15251 eingehalten sind, sich teils erhebliche Abweichungen zu der subjektiven Empfindung/Bewertung der Raumluft ergeben.

In Folge einer umfangreichen Analyse der Datenmengen konnten die Zusammenhänge erklärt werden und neue Grenzwerte für den Sommer- sowie Winterfall empfohlen werden.

### **2 Abstract**

Companies contact the business market by telephone by call centre. Therefore, the relevant employees are usually grouped in open plan offices. As a result from this situation at work, also with regard to the often difficult phone calls, the employee is burdened in addition. Furthermore, the wishes and needs of the individual employee concerning the indoor climate are not or only partially fulfilled. Although following the best available technology on the basis of current stan-

dards and regulations, the planning in terms of indoor climate, interior equipment and systems engineering has got often major problems with acceptance of the indoor climate by the user/users.

For these reasons, as part of a third-party-funded research project by the BBS INSTITUTE, a fundamental analysis and survey of the climatic conditions were performed in call centres, in order to recognize dependencies on the acceptance and differences to usual office jobs. Thus, the climate parameters in a call centre were detected by measurement in accordance with DIN EN ISO 7730 and the subjective comfort of the people in the room was determined on a comprehensive questionnaire catalogue, to be set in correlation to the objective measurement data of the room / system.

This analysis reveals some significant differences to subjective feeling / evaluation of the room air, although the current recommended limits for a comfortable room atmosphere according to DIN EN ISO 7730 and valid for buildings DIN EN 13779 and DIN EN 15251 were complied.

As a result of a comprehensive analysis of the data sets, the correlations were explained and new limits for both summer and winter period were recommended.

### **3 Veranlassung**

In Callcentern oder Customer-Care-Centern werden innerhalb von Unternehmen Marktkontakte telefonisch bearbeitet. Dieses geschieht aktiv, in dem das Callcenter direkt die Kunden anspricht, oder passiv, in dem das Callcenter angerufen wird. In beiden Fällen werden hierbei Dienstleistungsangebote, Anfragen oder auch Reklamationen von den Mitarbeitern bearbeitet oder auch der Verkauf als Form des Direktmarketings operativ genutzt.

Im Allgemeinen werden hierbei die Mitarbeiter in Arbeitseinheiten von 40 – 60 Personen in Großraumbüros zusammengefasst. Es entstehen somit grundsätzlich andere Arbeitsbedingungen als in Einzel- oder Kleinraumbüros, die die Mitarbeiter zu den oftmals nicht einfachen Telefongesprächen zusätzlich belasten.

Um ein Höchstmaß an Sorgfalt für die Erstellung eines optimalen Arbeitsplatzes von Seiten der Arbeitgeber zur Verfügung zu stellen, werden für die Räume/Gebäude umfangreiche „Vorplanerische Grundlagen“ erarbeitet. Dem Stand der Technik folgend, beruhen diese Grundlagen im Wesentlichen auf den Arbeitsstättenrichtlinien sowie allgemeinen Behaglichkeitsanforderungen. Die Planungsleistungen, insbesondere die Raumklimaplanung, Raumausstattung und die Anlagentechnik, werden hiernach objektbezogen geplant und umgesetzt.

Obgleich diese Vorgaben zur Schaffung eines behaglichen Arbeitsumfeldes der Mitarbeiter beitragen sollen, gibt es oftmals in Callcentern Probleme mit der Akzeptanz des Raumklimas. Dieses zeigt sich an einer mangelhaften Zufriedenheit der Mitarbeiter mit Ihrem Arbeitsplatz sowie in erhöhten Krankenständen. Dabei erreicht der Anteil der arbeitsunfähigen Belegschaft häufig bis zu 20 % und ist damit deutlich oberhalb eines durchschnittlichen Krankenstandes angeordnet.

Dieser Sachverhalt ist für den Betreiber des Callcenters bzw. Arbeitgebers aus organisatorischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten höchst problematisch.

Aus diesen Gründen wurden im Rahmen eines drittmittel-finanzierten Forschungsprojektes durch das BBS INSTITUT eine grundsätzliche Analyse und Begutachtung der klimatischen Zustände in den Callcentern durchgeführt, um so Abhängigkeiten der Akzeptanz und Unterschiede zu üblichen Büroarbeitsplätzen zu erkennen.

Diese Studie umfasst

- Die Darstellung der Grundlagen zum Thema raumklimatische Anforderungen in Arbeitsräumen.
- Die Entwicklung eines Mitarbeiterfragebogens zur Abbildung der subjektiven Behaglichkeit im Raum.
- Auswertung von durchgeführten Messungen [6] in den Callcentern in Anlehnung an die DIN EN ISO 7730.
- Auswertung von Fragebögen der subjektiven Behaglichkeit der Mitarbeiter in Bezug auf die objektiven Klimamessdaten im Raum.

## **4 Grundlagen**

### **4.1 Allgemein**

Infolge der hohen Belegungsdichte innerhalb der Großraumbüros ist eine Fensterlüftung zur Gewährleistung des hygienisch erforderlichen Luftwechsels zumeist nicht ausreichend. In der Praxis werden daher Callcenter stets mit raumluftechnischen Anlagen ausgestattet.

Die DIN 1946 [7] fordert grundsätzlich: „Raumluftechnische Anlagen für Aufenthaltsbereiche von Personen sollen ein behagliches Raumklima schaffen“. Innerhalb der Gesundheitsvorsorge und -erhaltung sollen so die raumluftechnischen Anlagen das physische und psychische Wohlbefinden der Personen fördern.

Für die Planung und Ausführung von RLT-Anlagen sind die Behaglichkeitskriterien des Teil 2 der DIN 1946 von äußerster Bedeutung für die Wahl des richtigen Luftführungssystems, wie auch der geeigneten Luftdurchlässe. Mit Hilfe von RLT-Anlagen kann die Zuluft in Hinblick auf die Temperatur, Geschwindigkeit, Luftfeuchte und die Luftqualität des Raumes direkt beeinflusst werden.

Ein thermisch behagliches Raumklima ist gegeben, wenn der Mensch mit der Temperatur, Feuchte und Luftbewegung in seiner Umgebung zufrieden ist und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht.

Durch seine Tätigkeit und Art der Bekleidung übt der Mensch hierbei selbst einen wesentlichen Einfluss auf das Behaglichkeitsempfinden aus. Darüber hinaus sind Umfeldgrößen (wie z. B.

Raumtemperaturen, Lufttemperatur-Schichten, Raumlufgeschwindigkeiten und -feuchten) zu berücksichtigende Parameter.

#### 4.2 Behaglichkeitskriterien

In umfangreichen Untersuchungen, z.B. Hellwig [2], wurden die Grundlagen dargestellt, die an dieser Stelle nur noch einmal zusammenfassend in Hinblick auf den Kontext zu Callcentern erweitert dargestellt werden sollen.

Hierbei ist festzuhalten, dass Arbeitsräume für den Nutzer Umgebungsbedingungen schaffen müssen, die einerseits die Behaglichkeitskriterien erfüllen und andererseits weder Gesundheit noch Leistungsfähigkeit beeinträchtigen. Das Wohlbefinden, die Arbeitszufriedenheit sowie die Produktivität der Menschen wird durch eine Vielzahl von Größen beeinflusst. Dabei ist die Bewertung der Umgebungsbedingungen durch einen Nutzer stets als subjektive Einschätzung einzustufen. Daher ist nach objektiven und subjektiven Einflüssen/Beeinträchtigungen zu unterscheiden.

Die Einflussgrößen werden hierbei zum einen vom Raum bestimmt und sind andererseits vom den Menschen selbst abhängig. Des Weiteren dürfen die, teilweise erheblichen, Belastungen sowie Stressfaktoren infolge der Tätigkeit nicht außer Acht gelassen werden. Eine Übersicht möglicher objektiver Einflussfaktoren gibt Tabelle 1.

Tabelle 1 Objektive Einflussfaktoren auf die Behaglichkeit in Räumen

<b>Personen</b>	<b>Raum</b>	<b>RLT-Anlage</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Tätigkeit</li><li>- Bekleidung</li><li>- Aufenthaltsdauer</li><li>- Belegungsdichte</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Temperatur der Oberflächen</li><li>- Temperaturverteilung</li><li>- Wärmequellen und Stoffquellen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte</li><li>- Ausblastemperatur</li><li>- Luftaustausch</li><li>- Reinheit der Luft</li><li>- System und Luftführung im Raum</li></ul>
<b>weitere Einflüsse</b>	<b>Außenklimabedingungen</b>	<b>Gefahrenstoffe in der Raumluft</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Belastungen des Außenlärms</li> <li>- Geräuschpegel im Raum und dem direkten Sprachumfeld der Kollegen und Kolleginnen</li> <li>- Tageslicht</li> <li>- Künstliches Licht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jahreszeit</li> <li>- Sonnenschein</li> <li>- Bedeckungsgrad</li> <li>- Niederschlagsereignisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Feststoffe, z.B. Staubteilchen als Träger für Keime und Pilzsporen</li> <li>- gasförmige Schadstoffe, wie z. B.. Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickoxide (NO<sub>x</sub>), Ozon und aromatische Kohlenwasserstoffe, vorrangig hierbei Benzol</li> <li>- Geruchsstoffe</li> <li>- Rauch</li> <li>- feste und gasförmige Stoffe als Allergene und Allergenträger</li> </ul>
---	---	--

Neben diesen klassischen Einflussgrößen zeigen Untersuchungen, dass auch subjektive Empfindungen wie „Wärme“, „Kälte“, „Luftzug“, etc. sowie psychologische Größen wie

- Gesundheitszustand / Wohlbefinden
- Zufriedenheit am Arbeitsplatz
- Umfeld am Arbeitsplatz
- die Arbeitsbelastung

eine erhebliche Einfluss auf des Behaglichkeitsempfindens und somit auch der Gesundheit des Menschen ausüben.

### 4.3 Leistungswille

Trotz prinzipieller Leistungsfähigkeit ist der Leistungswille oft nicht gegeben, so wird der Leistungswille durch die Arbeitsbedingungen

- Technische Bedingungen; z.B.: Büromaschinen, Computer, etc
- Physikalische Bedingungen, als objektive Einflussgrößen; siehe Tab. 1
- Organisatorische Bedingungen; z.B.: Arbeitsabläufe, Information, Pausengestaltung, etc
- Soziale Bedingungen; z.B.: Arbeitsklima, Verhältnis zum Chef, ...

aber auch

- Humanisierung des Arbeitsplatzes; z.B. durch die Arbeitsbedingungen, Optimierung der Arbeitsorganisation
- Verbesserung des Betriebsklimas
- Befriedigung der persönlichen Bedürfnisse; z.B. persönliche Anerkennung der Leistungen/Arbeit

beeinflusst.

#### **4.4 Die Folgen mangelnder Behaglichkeit / Zufriedenheit der Nutzer**

##### **4.4.1 Krankheit - Building Related Illness (BRI) / Sick Building Syndrom (SBS)**

Von einem „Sick Building Syndrom“, das erstmals in Großraumbüros in den 70er Jahren auftrat, wird gesprochen, wenn gehäuft bei Beschäftigten eines Gebäudes unspezifische Beschwerden oder Symptome auftreten, die nach Verlassen des Gebäudes rasch wieder abklingen. Diese Erscheinungen traten gehäuft bei Gebäuden auf, die mit kontrollierten Lüftungsanlagen und weitgehend ohne Möglichkeiten der Einflussnahme der Nutzer auf das Raumklima, z.B. durch Öffnen der Fenster, ausgestattet waren.

Die Ursachen des „Sick Building Syndroms“ können bis heute nicht sicher zugeordnet werden und stehen so im direkten Gegensatz der „Building Related Illness“, die aus nachweislich allergenen, mikrobiellen oder chemischen Belastungen in den Räumen herrührt.

##### **4.4.2 Mangelnde Arbeitsleistung**

Die Anforderung, eine hohe Leistungsfähigkeit bei der Arbeit zu gewährleisten und zu erhalten, ist in den letzten Jahren stetig gewachsen. Büroräume sollen somit optimale Voraussetzungen für die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter bieten.

Die Einflüsse der Raumtemperatur und Arbeitsbedingungen wurden in Hellwig [2] umfassend für unterschiedlicher Untersuchungen zusammenfassend dargestellt. Diese zeigen, wie auch die Untersuchungen von Fanger/Wargocki in [4] und Seppänen und Fisk in [5], dass die Leistungsfähigkeit als auch die Konzentrationsfähigkeit der Nutzer unter ungünstigen Bedingungen deutlich abnehmen, z.B. siehe Abbildung 1.

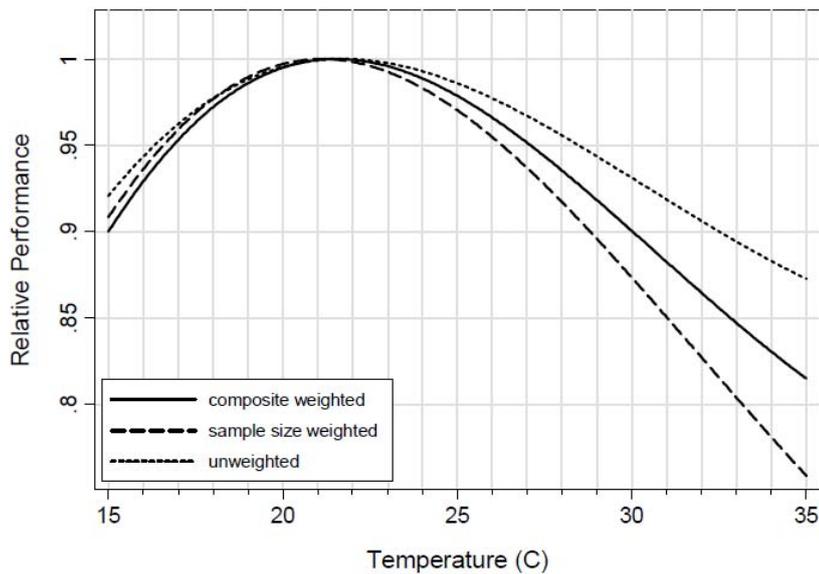


Abbildung 2 Arbeitsleistung in Abhängigkeit der Temperatur nach [5]

## 5 Behaglichkeitsbewertung

### 5.1 Heutige Behaglichkeitsbewertung

Die in Deutschland angewendeten bzw. zur Verfügung stehenden Bewertungsmethoden sind vor dem Hintergrund der Auslegung von raumlufotechnischen Anlagen geschaffen worden. Der Gültigkeitsbereich dieser in Normen festgeschriebenen Methoden wird angegeben mit:

- DIN 1946-2: Raumlufotechnische Anlagen in Arbeits- und Versammlungsräumen [DIN 1946-2: 1994], (seit Mai 2005 ersetzt durch [DIN EN 13779: 2005])
- DIN EN ISO 7730: anwendbar bei der Schaffung neuer Umgebungsklimata und der Bewertung vorhandener Umfelder; gilt für konstante Umgebungsbedingungen aber auch bei geringen Schwankungen einer oder mehrerer Parameter des Raumklimas [DIN EN ISO 7730: 2005/2007; ISO7730: 2006]
- CEN-Bericht CR 1752: Anforderungen für die Innenraumqualität und die Verfahren zur Darstellung der Innenraumqualität hinsichtlich Auslegung, Inbetriebnahme, Betrieb und Regelung der raumlufotechnischen Anlagen [CEN 1998].

## 5.2 Messungen und Bewertungen auf der Grundlage der DIN EN ISO 7730

Im Wesentlichen ist das menschliche Wärmeempfinden vom thermischen Gleichgewicht des Körpers abhängig. Dabei wird die Wärmebilanz durch die metabolische Rate (Energieumsatz) sowie durch Bekleidung und Klimaparameter der Umgebung beeinflusst.

Die thermische Behaglichkeit beschreibt das Maß der Zufriedenheit der Nutzer eines Raumes mit seiner thermischen Umgebung. Die größte Zufriedenheit wird erreicht, wenn innerhalb der Wärmebilanz des menschlichen Körpers ein Gleichgewicht zwischen aktivitätsbedingter Wärmeproduktion und der Wärmeabgabe an die Umgebung vorliegt.

Infolge Messungen oder Simulationsberechnungen können die Raumklimaparameter bestimmt werden und in die Grundgleichungen des Berechnungsansatzes implementiert werden.

Hierbei liefert der PMV-Wert (predicted mean vote) eine Aussage über das Wärmeempfinden für den Körper als Ganzes und der PPD-Wert (predicted percentage of dissatisfied) eine Aussage über das Maß der Unzufriedenheit der Nutzer bzw. das Maß der Anzahl unzufriedener Nutzer.

Der PMV Index kann mittels analytischer Gleichungen nach Fanger berechnet werden. In die Berechnung des mittleren Votums fließen folgende Größen mit ein:

- Energieumsatz
- Bekleidung
- Lufttemperatur
- Strahlungstemperatur
- Luftfeuchte
- Luftgeschwindigkeit
- Wasserdampfpartialdruck
- Konvektiver Wärmeübergangskoeffizient
- Oberflächentemperatur der Bekleidung

Die von Fanger eingeführte Bewertungsskala der thermischen Behaglichkeit ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 Bewertungsskala der thermischen Behaglichkeit nach DIN EN ISO 7730

Subjektives Empfinden	heiß	warm	etwas warm	neutral	etwas kühl	kühl	kalt
PMV-Wert	+3	+2	+1	±0	-1	-2	-3
PPD-Wert	100%	75%	25%	5%	25%	75%	100%

Darüber hinaus kann die sogenannte lokale Unbehaglichkeit infolge von Strahlungsasymmetrien, Temperaturschichtungen und Zugscheinungen im Raum bewertet werden.

Ein hoher vertikaler Lufttemperaturunterschied im Bereich zwischen Kopf und Fußgelenk kann zu Unbehaglichkeit führen. Der Prozentsatz an Unzufriedenen (PD) als eine Funktion des vertikalen Lufttemperaturunterschiedes zwischen Kopf und Fußgelenk bezieht sich auf eine ansteigende Temperatur.

Die Beeinträchtigung durch Zugluft (Draught Rating, DR) kann als der vorausgesagte Prozentsatz an Menschen angegeben werden, die sich durch Zugluft beeinträchtigt fühlen.

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen können die Räume bewertet werden. Hierbei ist zu beachten, dass bei diesem Ansatz keine Differenzierung nach der Zeitdauer und dem Ort im Raum geführt wird, es handelt sich so um eine Mittelwertbetrachtung über

- die Zeit
- den Raum.

In der DIN EN ISO 7730 werden hierzu die Kategorien A-C definiert (siehe Tabelle 4) die das Umgebungsklima eines Raumes darstellen. Gemäß DIN EN 15251 findet die Kategorie A (90% Zufriedene) Anwendung für Räume in denen sich besonders sensible Personen, wie kranke und/oder körperlich beeinträchtigte Personen, aufhalten. Entsprechend der Einschätzung der DIN EN 15251 stellt die Kategorie B (80% Zufriedene) ein normales Maß der Erwartungen an das Raumklima dar und ist für neu errichtete Gebäude sowie renovierte Gebäude empfohlen, siehe Tabelle 3.

Tabelle 4 Klassifizierung der thermischen Behaglichkeit nach DIN EN ISO 7730

Kategorie	Thermischer Zustand des Körpers insgesamt		Lokale Unbehaglichkeit			
	PPD [%]	PMV	DR [%]	PD [%]		
				vertikaler Lufttemperaturunterschied	warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

### 5.3 Vergleich der Methoden zur Behaglichkeitsbewertung

In Hellwig [2] wurden auch die unterschiedlichen Methoden und Grenzen der Behaglichkeitsbewertung gegenübergestellt. Abbildung 3 zeigt, dass in keiner der dargestellten Methodiken die objektiven Messdaten mit den subjektiven Bewertungen der Nutzer korrelieren.

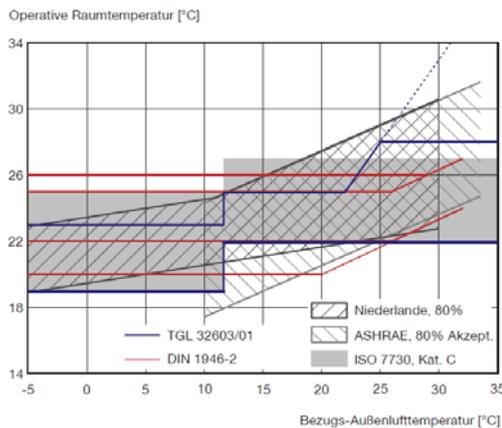


Abbildung 4 Vergleich verschiedener Grenzwerte der operativen Temperatur in Abhängigkeit von der jeweiligen Bezugs-Außentemperatur. Auswertung nach [2]

## 6 Messungen der raumklimatischen Zustände und korrelierende Mitarbeiterbefragung in Callcentern

### 6.1 Örtlichkeit der Messstellen

Um eine objektbezogene bzw. ortsbezogene Auswertung zu erreichen, wurden in einem Callcenter im Zeitraum 28. Januar bis 14. Februar 2013 in der Zeit von 06:30 Uhr bis 23:00 Uhr in Anlehnung an die DIN EN ISO 7730 die Klimaparameter messtechnisch erfasst.

Hierbei können die Callcenter-Arbeitsplätze als fortlaufende, wiederkehrende Segmente betrachtet werden. Die Raumsegmente sind jeweils NORD bzw. SÜD orientiert ausgerichtet.

Es wurden innerhalb von 10 Messsegmenten (5 nordorientiert, 5 südorientiert) die raumklimatischen Bedingungen erfasst. Siehe Abbildung 5

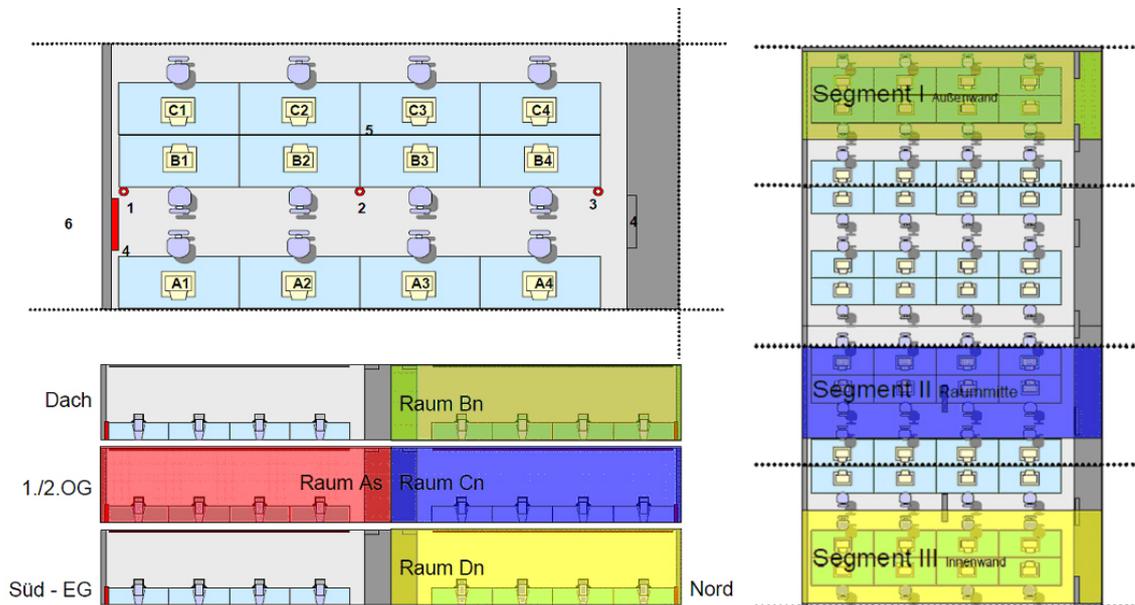


Abbildung 6 Grundriss eines Messsegmentes (links oben); Gebäudeschnitt (vertikal) mit der Lage der Messräume (links unten); Grundriss eines Messraumes mit Lage der Segmente (rechts)

## 6.2 Messpunkte

Die raumklimatischen Zustände wurden messtechnisch aufgezeichnet [6]. Eine Übersicht der innerhalb eines Segmentes erfassten Messpunkte gibt Tabelle 5. Für eine umfassende Bewertung der thermischen Behaglichkeit sind hiervon abweichend jedoch auch Daten zu Außenklimabedingungen, Haustechnik und Raum (bspw. Oberflächentemperaturen) erforderlich. Derartige Messwerte wurde in [6] jedoch nicht erfasst (siehe Tabelle 6).

Tabelle 5 Übersicht der aufgezeichneten Messpunkte [6]

9 Messpunkte	Raumklima	Raumhöhen	Raumklima
1.1-3 2.1-3 3.1-3		0,1 m Fußbereich	Lufttemperatur Strahlungstemperatur
		1.0 m Kopf-/ Schulterbereich sitzend	Luftgeschwindigkeit rel. Luftfeuchte
		1.6 m Kopf-/ Schulterbereich stehend	

Tabelle 6 Fehlende Messwerte für eine ganzheitliche Bewertung

4 Messpunkt	Haustechnik		
	Zuluft im System	Lufttemperatur	
		Volumenstrom	
	Kühldecke im System	rel. Luftfeuchte	
		CO2-Gehalt	
	Kühldecke im System	Vorlauftemperatur	
	Heizkörper im System	Vorlauftemperatur	
5 Messpunkt	Regelsensoren im Raum		
	Raumlufttemperatur	Raummitte	
		Sensor Wand	
	Stahlungstemperatur	Sensor Wand	
	CO2 Gehalt	Abluft	
5 Messpunkt	Sensoren im Raum		
	Lüftung im Auslass	Lufttemperatur	
		Luftgeschwindigkeit	
	Kühldecke	Oberflächentemperatur	
	Heizkörper	Oberflächentemperatur	
	Raumwandoberflächen	Oberflächentemperatur	
6 Messpunkt	Außenklima		
	Wetterdaten	Außentemperatur	
		rel. Luftfeuchte	
		diffuse Strahlung	

## 7 Entwicklung eines Fragebogen zur Bewertung der subjektiven Behaglichkeit im Raum

Zur Abbildung der subjektiven Behaglichkeit im Raum in Bezug auf die objektiven Messdaten des Raumes/Systems wurde durch das BBS INSTITUT ein Bewertungssystem entwickelt. Hierbei erfolgte eine subjektive Bewertung der Raumklimadaten durch die Probanden im Rahmen eines Fragebogens (Abbildung 7), die dann mittels eigener Auswertungsprogramme mit den gewonnenen Messdaten (siehe Abschnitt.9) überlagert wurden.

Besondere Auffälligkeiten, Bemerkungen und Besonderheiten wurden hierbei von den Probanden in den Zeiträumen

- Arbeitsantritt - Beschreibung der Situation im Augenblick des Arbeitsantritts
- 1. Pause - Beschreibung der Situation im gesamten Zeitraum von Arbeitsbeginn bis zu Beginn der ersten Arbeitspause
- 2. Pause - Beschreibung der Situation im gesamten Zeitraum von Ende der ersten Arbeitspause bis zu Beginn der zweiten Arbeitspause
- Arbeitsende - Beschreibung der Situation im gesamten Zeitraum von Ende der zweiten Arbeitspause bis zum Arbeitsende

aufgezeichnet.

**Fragenkatalog zum Raumklima**

Standort			
Raum Nr.			
Datum	____/____/____		
Proband	Geschlecht: <input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich		
	Alter: <input type="checkbox"/> < 20 <input type="checkbox"/> 20-30 <input type="checkbox"/> 30-40 <input type="checkbox"/> 40-50 <input type="checkbox"/> 50-60 <input type="checkbox"/> >60		
Arbeitsplatz	am	<input type="checkbox"/> Fenster <input type="checkbox"/> Mitte Fenster <input type="checkbox"/> Mitte Gang <input type="checkbox"/> Gang	
	zur	<input type="checkbox"/> Außenwand (Ost/West) <input type="checkbox"/> zentral <input type="checkbox"/> Innenwand (Ost/west)	

	Arbeitsantritt	1. Pause	2. Pause	Arbeitsende
	Uhrzeit: ____:____	Uhrzeit: ____:____	Uhrzeit: ____:____	Uhrzeit: ____:____
	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7
Außenklima	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1: Regen/Schnee ... 4: wechselhaft ... 7: heiß/schwül			
Raumbelegung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1: wenig ... 4: mittel ... 7: viel			
Raumlufttemperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1: kalt ... 4: neutral ... 7: heiß			
Luftfeuchte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1: trocken ... 4: neutral ... 7: feucht			
Luftqualität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1: schlecht ... 4: neutral ... 7: sehr gut			
Geruch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1: stark ... 4: neutral ... 7: kein Geruch			
Zugluft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1: stark ... 4: gering ... 7: keine Zugluft			
Lichtverhältnisse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1: zu dunkel ... 4: neutral ... 7: zu hell			
Deckenlicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1: ausgeschaltet ... 3: ca. 50% eingeschaltet ... 5: vollständig eingeschaltet			
Arbeitsplatzlicht	<input type="checkbox"/> an <input type="checkbox"/> aus			
Ich werde geblendet	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein			
Blend-/Sonnenschutz	<input type="checkbox"/> aktiv <input type="checkbox"/> nein			
Lärmpegel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1: zu laut ... 4: akzeptabel ... 7: leise			
Lärmbelastung von außen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Personen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arbeitsplatznachbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tätigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1: sitzend ... 4: stehend ... 7: bewegend			
Bekleidung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1: zusätzliche Bekleidung angezogen ... 4: normale Kleidung ... 7: Kleidungsstücke abgelegt			
Gesundheit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1: krank ... 4: neutral ... 7: top fit			
Gefühlswelt	1: niedergeschlagen/überlastet/ungenügend ... 4: neutral ... 7: sehr gut/super			
Lebensgefühl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arbeitssituation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zufriedenheit (Arbeit)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spaß an der Arbeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Auffälligkeiten, Bemerkungen und Besonderheiten können / sollten auf der Rückseite notiert werden!

© BBS INSTITUT 2013 - Verwendung nur mit Genehmigung

Abbildung 8 Fragenkatalog BBS INSTITUT

## **8 Auswertungen der Fragebögen**

### **8.1 Allgemein**

Im Rahmen der Auswertung der Befragung wurden

#### **562 Befragungen von 141 Probanden**

analysiert.

Die Bewertungen/Auswertungen wurden in Korrelation zu den gewonnenen Messdaten wie nachfolgend dargestellt gegliedert:

- Auswertung der Räume nach Lage im Gebäude/Stockwerk
- Auswertung der Arbeitsplätze nach Azimut
- Auswertung der Arbeitsplätze im Segment
- Auswertung nach Geschlecht der Probanden
- Auswertung nach Altersgruppen der Probanden

Im Rahmen dieser Veröffentlichung werden nachfolgend nur exemplarische, jedoch signifikante Auswertungen vorgestellt. Eine umfangreichen Auswertungen jedes einzelnen Arbeitsplatzes ist im Zuge der Untersuchung geführt worden.

In den nachstehenden Diagrammen sind die Bewertungen der Probanden in Bezug auf die einzelnen Fragen des Fragebogens dargestellt.

## 8.2 Auswertungen der Fragebögen – gesamt

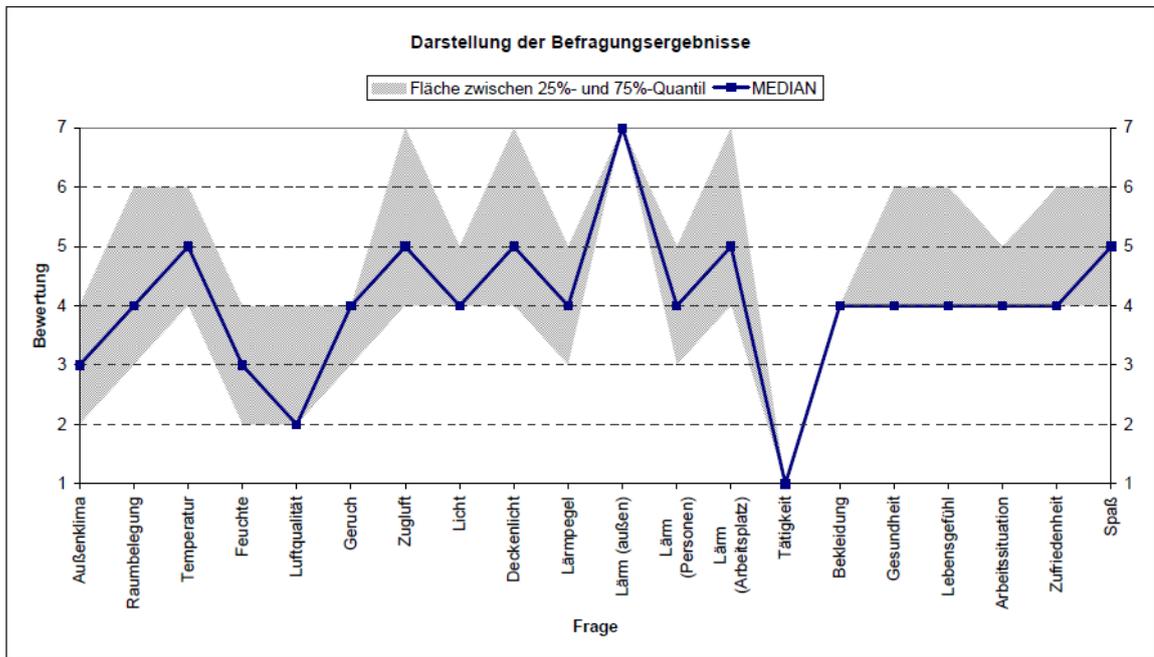


Abbildung 9 Darstellung der Befragungsergebnisse - gesamt

## 8.3 Auswertungen der Fragebögen – Nach Geschlecht

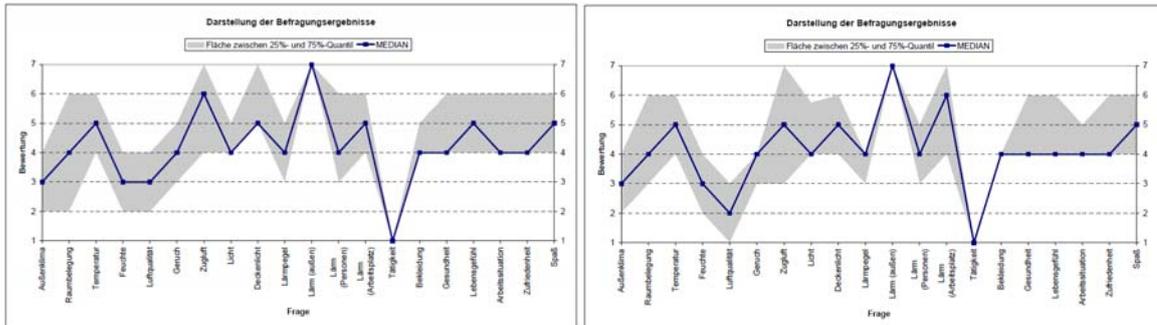


Abbildung 10 Darstellung der Befragungsergebnisse – männlich (links); weiblich (rechts)

### 8.4 Auswertungen der Fragebögen – Nach Altersgruppen

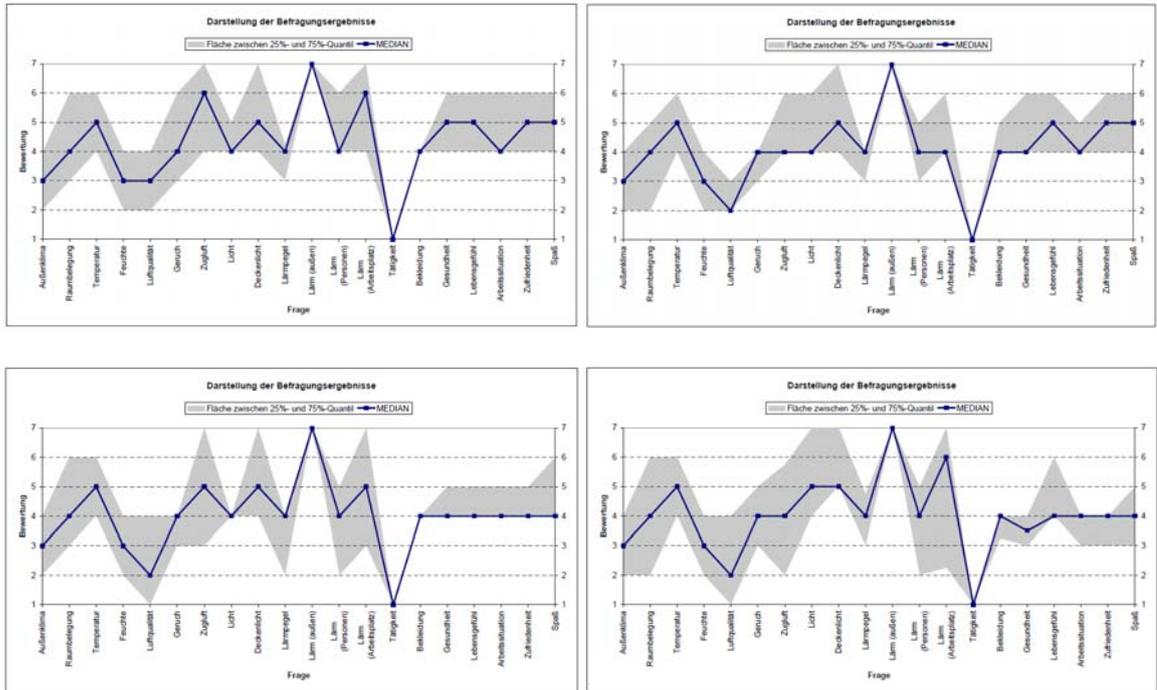
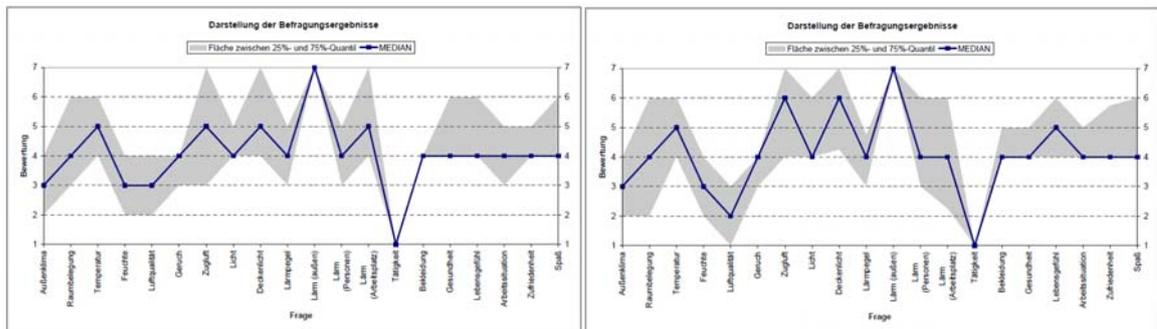


Abbildung 11 Darstellung der Befragungsergebnisse – Alter 20-30 (l.o.), Alter 30-40 (r.o.), Alter 40-50 (l.u.), Alter 50-60 (r.u.)

### 8.5 Auswertungen der Fragebögen – Nach Position des Arbeitsplatzes



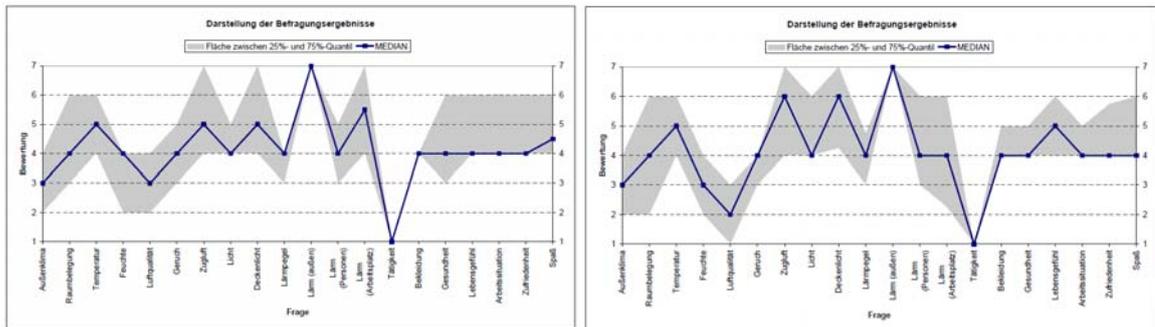


Abbildung 12 Darstellung der Befragungsergebnisse – Platz am Fenster (l.o.), Platz Mitte-Fenster (r.o.), Platz Mitte-Gang (l.u.), Platz am Gang (r.u.)

## 8.6 Rückschlüsse

Die durchgeführten Befragungen inklusive der anschließenden Auswertung lassen die nachfolgenden Schlussfolgerungen zu:

1. Die Raumlufthtemperaturen werden im allgemeinen als zu warm empfunden.
2. Die Raumlufth wird im allgemeinen als zu trocken empfunden.
3. Die Raumlufthqualität wird im allgemeinen als zu schlecht empfunden.
4. Die Lärmbelastung am Arbeitsplatz wird im allgemeinen als zu hoch empfunden.
5. Weibliche Probanden bewerten die Raumlufthqualität auch in Bezug auf Gerüche tendenziell schlechter als männliche Probanden.
6. Weiblichen Probanden nehmen deutlich häufiger störende Zuglufterscheinungen war.
7. Weibliche Probanden bewerten den Lärmpegel im Raum wie auch die Lärmbelastung am Arbeitsplatz tendenziell schlechter.
8. Probanden im Alter von 20-30 Jahren nehmen häufiger störende Zuglufterscheinungen war als andere Altersgruppen. Mit zunehmendem Alter weisen die Altersgruppen scheinbar eine größere Toleranz gegenüber Zuglufterscheinungen auf.
9. Probanden empfinden die Lärmbelastung mit zunehmendem Alter als störender.
10. Im Bereich der Fenster wird die Luftqualität tendenziell besser bewertet, wohingegen die Geruchsbelastung keine Unterschiede in der Empfindung der Probanden an unterschiedlichen Positionen aufweist.

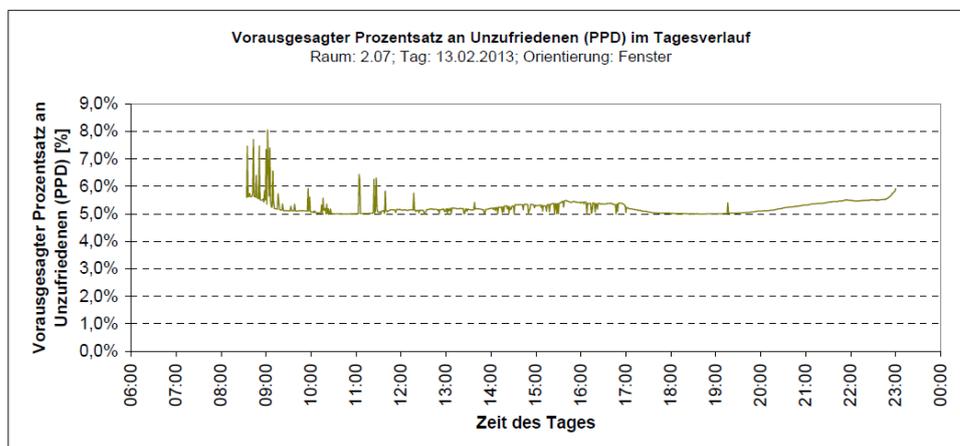
11. Im Bereich der Fenster wird häufiger über Zuglufterscheinungen geklagt als in anderen Bereichen der Messsegmente. Dabei wird die Zugluft zentral im Raum häufiger als störend empfunden als im Bereich der Außen- oder Innenwände in Nord- und Südrichtung.
12. Die Lärmbelastung wird im Bereich der Innenwände als störender eingestuft als in anderen Bereichen.

## 9 Auswertungen der Messwerte nach DIN EN ISO 7730

### 9.1 Allgemein

Nachfolgend wird exemplarisch die Auswertung für den Raum 2.07 dargestellt. Hierbei wird nach Position des Arbeitsplatzes von Fenster, Mitte und Gang unterschieden. Zur Auswertung der Messwerte wurden hier der vorhergesagte Prozentsatz an Unzufriedenen (PPD) sowie der vorhergesagte Prozentsatz an Unzufriedenen infolge von Zugluft (DR) gemäß DIN EN ISO 7730 herangezogen. Die Auswertung erfolgte für jeden Messzeitpunkt eines Tages, sodass die Ergebnisse im Tagesverlauf dargestellt werden können. Anschließend erfolgt eine Bewertung der Messergebnisse mit entsprechender Klassifizierung der Behaglichkeit.

### 9.2 Vorhersage Unzufriedener (PPD)



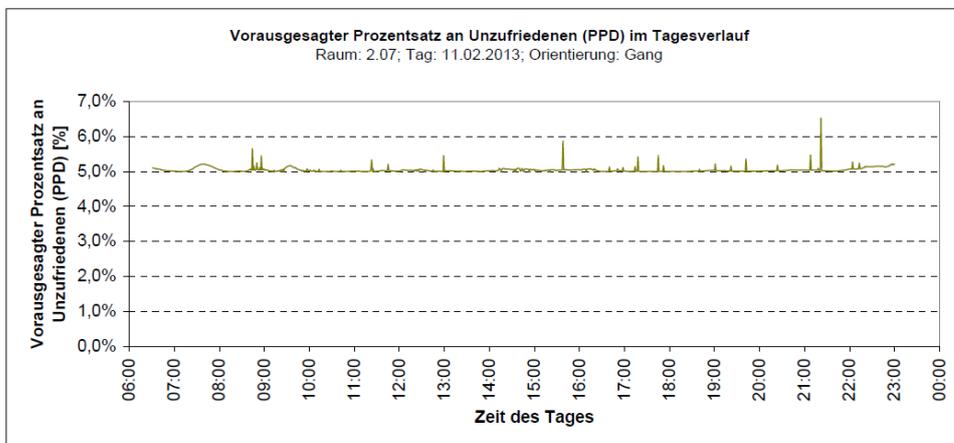
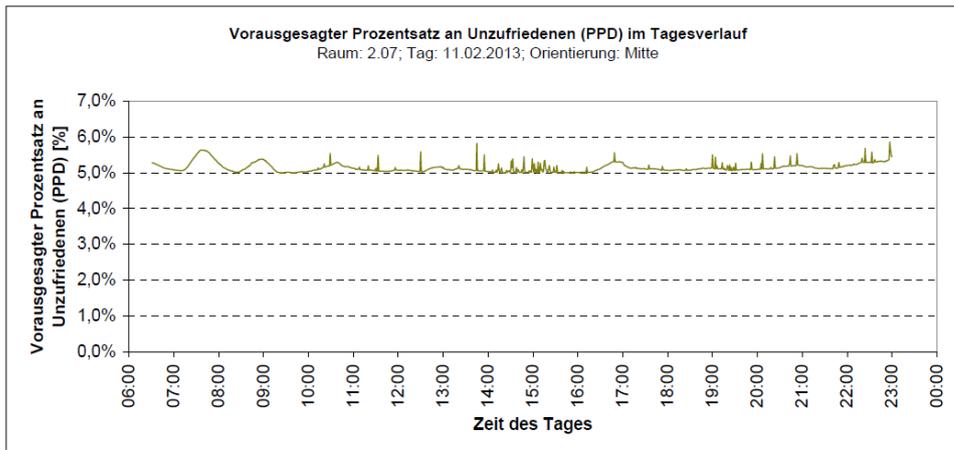
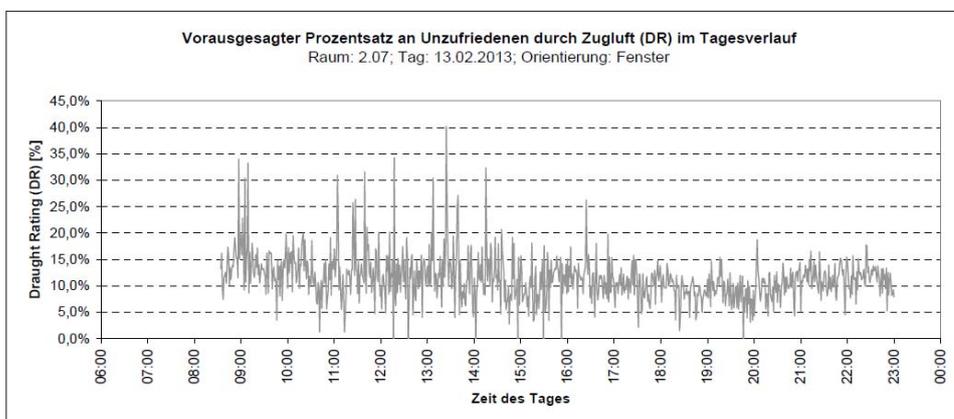


Abbildung 13 Darstellung des vorhergesagten Prozentsatzes an Unzufriedenen (PPD) im Tagesverlauf im Bereich der Fenster (oben), mittig zwischen Gang und Fassade (mitte) und im Bereich des Ganges (unten)

### 9.3 Vorhersage Unzufriedener infolge Zugluft (DR)



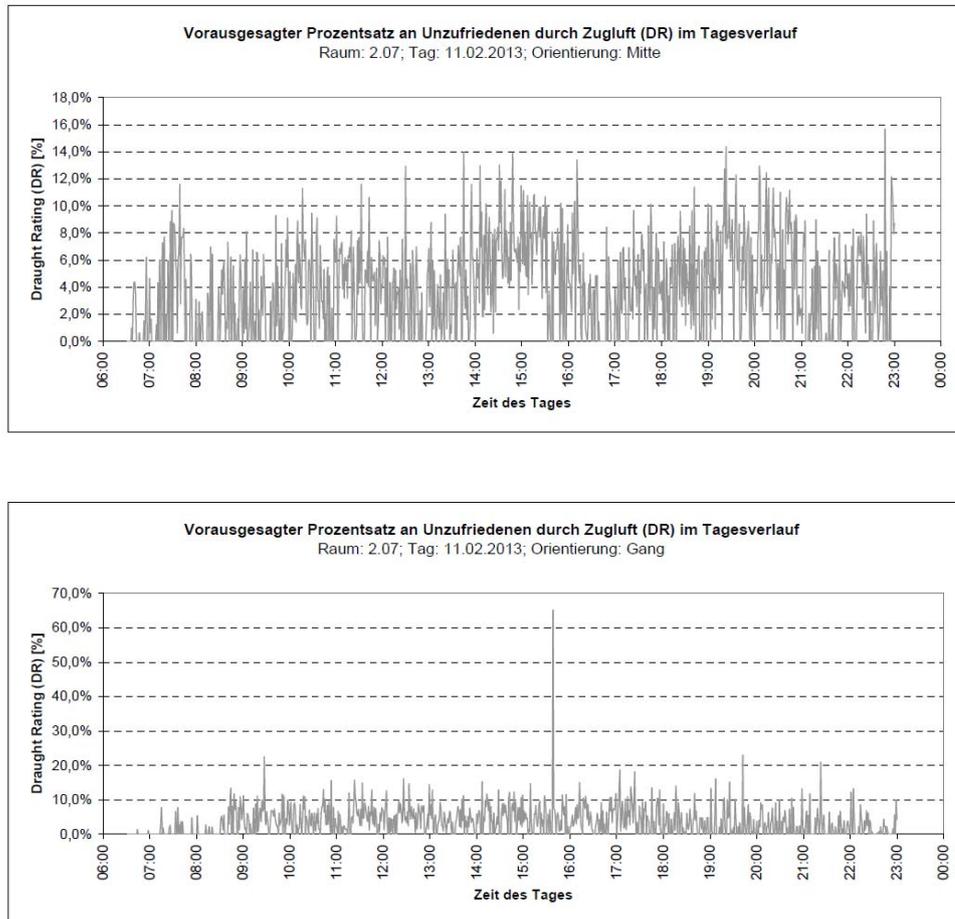


Abbildung 14 Darstellung des vorhergesagten Prozentsatzes an Unzufriedenen infolge Zugluft (DR) im Tagesverlauf im Bereich der Fenster (oben), mittig zwischen Gang und Fassade (mitte) und im Bereich des Ganges (unten)

#### 9.4 Bewertung

Nachfolgend werden die Messergebnisse für den Raum 2.07 für die Positionen Fenster, Mitte, Gang statistisch aufbereitet dargestellt. Hierbei wird auch in Bezug auf die Bewertung der Messergebnisse nach DIN EN ISO 7730 die Bandbreite der Ergebnisse angegeben. Dies ist erforderlich um auch temporäre klimatische Zustände der Raumluft bewerten zu können, da bereits ein als unbehaglich empfundenenes Raumklima für kurze Zeiträume die Bewertung der Probanden beeinflussen kann.

Hiervon abweichend erfolgten die Auswertungen der thermischen Behaglichkeit in [6] lediglich anhand der Mittelwerte eines Tages, sodass temporär Einflüsse nicht erfasst werden können. Des Weiteren erfolgt durch Mittelwertbildung der Temperatur und relativen Luftfeuchte eine Fehlinterpretation, da die relative Luftfeuchte bekanntlich temperaturabhängig definiert ist. So wird

gegebenenfalls ein mittlerer thermodynamischer Zustand der Raumluft bewertet, der nicht mit den erfassten Messwerten korreliert (Abbildung 15).

Messwert	Höhe	statistische Auswertung der Messung					Behaglichkeitsbewertung nach DIN EN ISO 7730			
		Minimum	25%-Quantil	Mittelwert	75%-Quantil	Maximum				
Temperatur	0,1 m	21,5	21,9	<b>22,2</b>	22,4	22,6	Sitzende Tätigkeit	1,20 met		
	1,1 m	22,5	22,9	<b>23,3</b>	23,7	24,0			Bekleidung	0,80 clo
	1,7 m	22,7	23,3	<b>23,7</b>	24,1	24,4				
relative Luftfeuchte	0,1 m	38,9	43,4	<b>43,8</b>	44,1	46,5	min...mittel...max			
	1,1 m	38,1	39,6	<b>40,6</b>	41,4	43,5	PMV (h= 1,1 m)	-0,38...-0,01...0,15		
	1,7 m	36,9	39,1	<b>40,1</b>	40,9	43,4	PPD (h= 1,1 m)	5,0%...5,2%...8,1%		
Strömungs- geschwindigkeit	0,1 m	0,01	0,10	<b>0,12</b>	0,14	0,32	DR	0,0%...11,5%...40,2%		
	1,1 m	0,00	0,01	<b>0,04</b>	0,06	0,25	PD <sub>v</sub>	0,8%...1,1%...1,5%		
	1,7 m	0,00	0,01	<b>0,04</b>	0,06	0,19	PD <sub>f</sub>	0,0%...0,0%...0,0%		

Messwert	Höhe	statistische Auswertung der Messung					Behaglichkeitsbewertung nach DIN EN ISO 7730			
		Minimum	25%-Quantil	Mittelwert	75%-Quantil	Maximum				
Temperatur	0,1 m	22,0	22,7	<b>22,7</b>	22,9	23,0	Sitzende Tätigkeit	1,20 met		
	1,1 m	22,5	22,8	<b>22,9</b>	23,0	23,4			Bekleidung	0,80 clo
	1,7 m	22,5	22,8	<b>22,9</b>	23,1	23,5				
relative Luftfeuchte	0,1 m	37,1	40,7	<b>41,2</b>	41,5	43,6	min...mittel...max			
	1,1 m	35,7	40,1	<b>40,7</b>	41,4	42,7	PMV (h= 1,1 m)	-0,20...-0,07...0,03		
	1,7 m	35,6	40,0	<b>40,7</b>	41,5	43,0	PPD (h= 1,1 m)	5,0%...5,1%...5,9%		
Strömungs- geschwindigkeit	0,1 m	0,00	0,03	<b>0,05</b>	0,07	0,14	DR	0,0%...4,0%...15,7%		
	1,1 m	0,00	0,02	<b>0,05</b>	0,07	0,15	PD <sub>v</sub>	0,3%...0,4%...0,7%		
	1,7 m	0,00	0,02	<b>0,05</b>	0,07	0,16	PD <sub>f</sub>	0,0%...0,0%...0,0%		

Messwert	Höhe	statistische Auswertung der Messung					Behaglichkeitsbewertung nach DIN EN ISO 7730			
		Minimum	25%-Quantil	Mittelwert	75%-Quantil	Maximum				
Temperatur	0,1 m	22,4	22,8	<b>22,9</b>	23,0	23,2	Sitzende Tätigkeit	1,20 met		
	1,1 m	22,8	23,1	<b>23,2</b>	23,4	23,7			Bekleidung	0,80 clo
	1,7 m	22,8	23,1	<b>23,2</b>	23,4	23,7				
relative Luftfeuchte	0,1 m	35,6	39,7	<b>40,7</b>	41,7	43,1	min...mittel...max			
	1,1 m	37,3	38,8	<b>39,8</b>	40,8	41,7	PMV (h= 1,1 m)	-0,27...-0,01...0,09		
	1,7 m	37,9	39,6	<b>40,4</b>	41,2	42,4	PPD (h= 1,1 m)	5,0%...5,0%...6,5%		
Strömungs- geschwindigkeit	0,1 m	0,00	0,02	<b>0,04</b>	0,06	0,16	DR	0,0%...3,7%...65,1%		
	1,1 m	0,00	0,02	<b>0,04</b>	0,06	0,21	PD <sub>v</sub>	0,3%...0,4%...0,6%		
	1,7 m	0,00	0,02	<b>0,05</b>	0,07	0,48	PD <sub>f</sub>	0,0%...0,0%...0,0%		

Abbildung 16 Exemplarische Darstellung der statistischen Auswertung der Messergebnisse sowie zugehöriger Bewertung der thermischen Behaglichkeit abhängig der Position des Arbeitsplatzes; im Bereich der Fenster (oben), zwischen Fassade und Gang (mitte), Gang (unten)

Infolge der statistischen Auswertung der erfassten Messwerte ist schließlich die Klassifizierung der thermischen Behaglichkeit nach DIN EN ISO 7730 für den Raum 2.07 möglich. Die ermittelten Behaglichkeitsklassen können den Tabellen 6-10 entnommen werden. Eine Bewertung der Strahlungsasymmetrie kann aufgrund fehlender Messwerte nicht vorgenommen werden.

Tabelle 7 Klassifizierung der thermischen Behaglichkeit in Bezug auf den PPD

PPD			
nach TÜV [6] Mittelwert über Raum (statisch)	5,3 – Kategorie A		
nach BBS (dynamisch)	min	Mittelwert	max
nach Fenster	5,0 – Kategorie A	5,2 – Kategorie A	8,1 – Kategorie B
nach Mitte	5,0 – Kategorie A	5,2 – Kategorie A	5,9 – Kategorie B
nach Gang	5,0 – Kategorie A	5,0 – Kategorie A	6,5 – Kategorie B

Tabelle 8 Klassifizierung der thermischen Behaglichkeit in Bezug auf den Zugluft

DR			
nach TÜV [6] Mittelwert über Raum (statisch)	0,0 – Kategorie A		
nach BBS (dynamisch)	min	Mittelwert	max
nach Fenster	0 – Kategorie A	11,5 – Kategorie B	40,2 – keine Kategorie
nach Mitte	0 – Kategorie A	4,0 – Kategorie A	15,7 – Kategorie B
nach Gang	0 – Kategorie A	3,7 – Kategorie A	61,5 – keine Kategorie

Tabelle 9 Klassifizierung der thermischen Behaglichkeit in Bezug auf die Temperaturschichtung

DR			
nach TÜV [6] Mittelwert über Raum (statisch)	0,7 – Kategorie A		
nach BBS (dynamisch)	min	Mittelwert	max
nach Fenster	0,8 – Kategorie A	1,1 – Kategorie A	1,5 – Kategorie A
nach Mitte	0,7 – Kategorie A	0,9 – Kategorie A	1,1 – Kategorie A
nach Gang	0,3 – Kategorie A	0,4 – Kategorie A	0,6 – Kategorie A

Tabelle 10 Klassifizierung der thermischen Behaglichkeit in Bezug auf die Temperatur des Fußbodens

DR			
nach TÜV [6] Mittelwert über Raum (statisch)	k.A.		

nach BBS (dynamisch)	min	Mittelwert	max
nach Fenster	0,0 – Kategorie A	0,0 – Kategorie A	0,0 – Kategorie A
nach Mitte	0,0 – Kategorie A	0,0 – Kategorie A	0,0 – Kategorie A
nach Gang	0,0 – Kategorie A	0,0 – Kategorie A	0,0 – Kategorie A

Tabelle 11 Klassifizierung der thermischen Behaglichkeit unter Einbeziehung aller Bewertungskriterien

DR			
nach TÜV [6] Mittelwert über Raum (statisch)	Kategorie A		
nach BBS (dynamisch)	min	Mittelwert	max
nach Fenster	Kategorie A	Kategorie B	<u>keine</u> Kategorie
nach Mitte	Kategorie A	Kategorie A	Kategorie B
nach Gang	Kategorie A	Kategorie A	<u>keine</u> Kategorie

Anhand der durchgeführten Klassifizierung der Räume gemäß DIN EN ISO 7730 ist erkennbar, dass – gemessen an einem „normalen“ Maß der Erwartungen an das Umgebungsklima – im Mittel die Anforderungen an ein behagliches Raumklima gewährleistet werden kann. Dies wurde ebenfalls bereits in der Untersuchung in [6] festgestellt.

Jedoch ist gleichermaßen ersichtlich, dass aufgrund von Zuglufterscheinungen die Bewertung temporär negativ beeinflusst wird. Hierbei nimmt der Einfluss der Zugluft von den Arbeitsplätzen am Gang zu den Arbeitsplätzen am Fenster zu (vgl. Diagramme „Vorausgesagter Prozentsatz an Unzufriedener durch Zugluft“). Die gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten sind dabei im Maximum so hoch, dass eine Kategorisierung des Raumes nicht mehr möglich ist.

## 10 Gegenüberstellung der Befragung und Messwerte

### 10.1 Allgemein

Zur Vervollständigung der Auswertung und Bewertung der Abhängigkeiten der einzelnen Einflussparameter werden die Befragungsergebnisse mit den Messwerten verglichen. Diese direkte Gegenüberstellung ermöglicht es, die Ergebnisse auf Korrelation zu überprüfen sowie Abhängigkeiten zu erkennen und zu definieren.

## 10.2 Operative Temperatur im Tagesverlauf

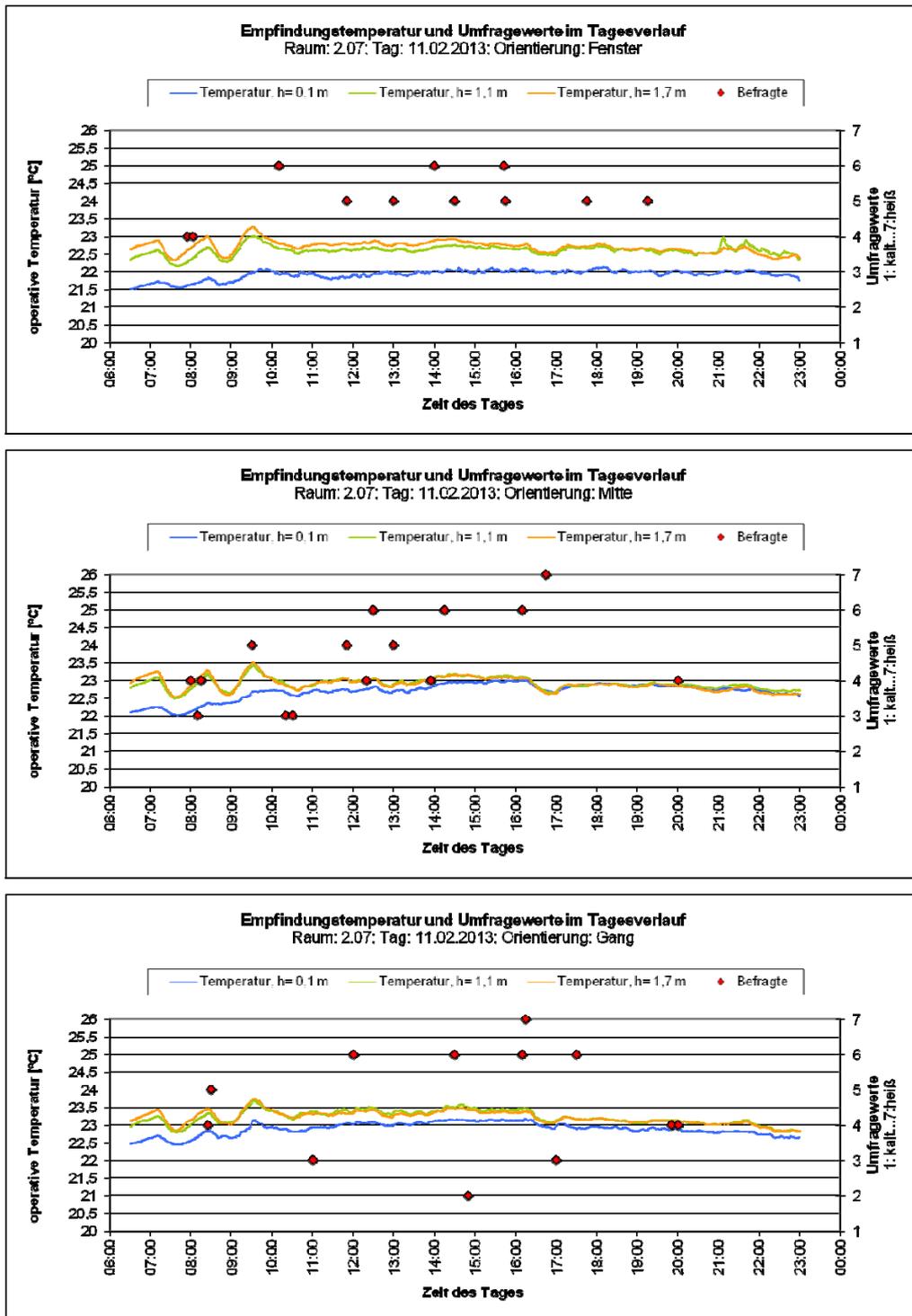


Abbildung 17 Gegenüberstellung der Messwerte und Umfragewerte zur Raumlufttemperatur im Tagesverlauf für den Raum 0.03; im Bereich der Fenster (oben), zwischen Fassade und Gang (mitte), Gang (unten)

### 10.3 Relative Luftfeuchte im Tagesverlauf

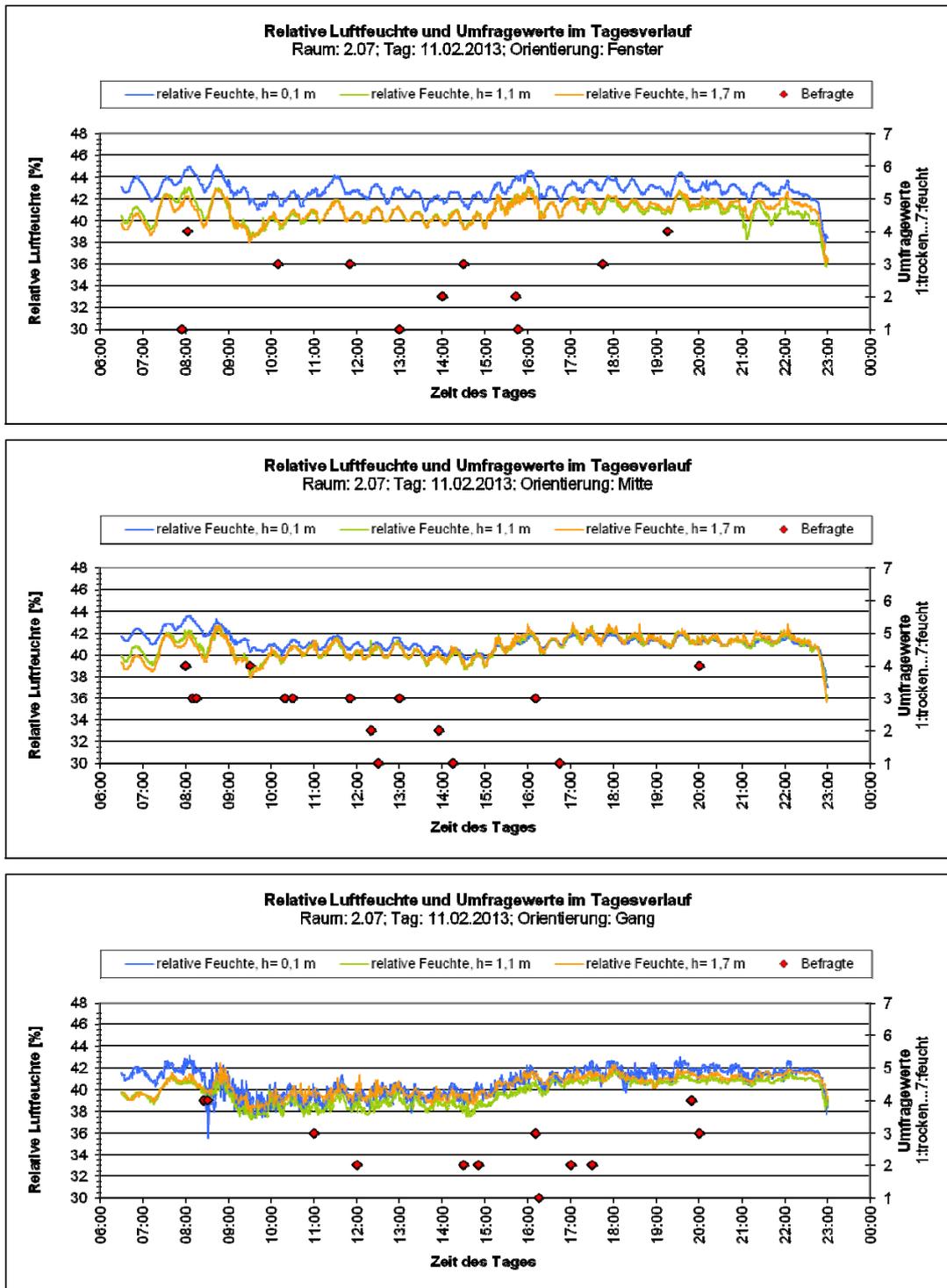


Abbildung 18 Gegenüberstellung der Messwerte und Umfragewerte zur relativen Luftfeuchte im Tagesverlauf für den Raum 1.01; im Bereich der Fenster (oben), zwischen Fassade und Gang (mitte), Gang (unten)

### 10.4 Strömungsgeschwindigkeit der Luft im Tagesverlauf

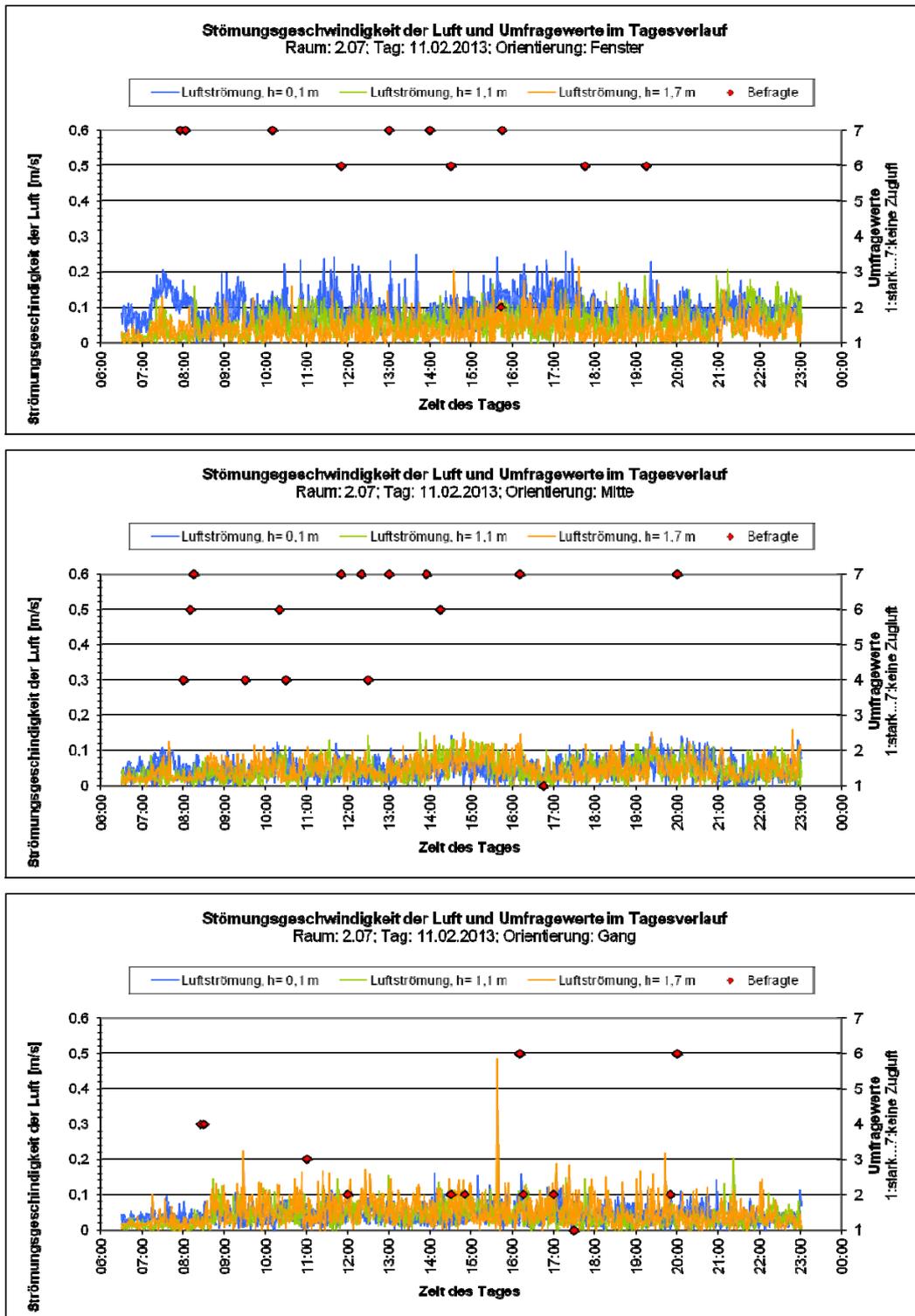


Abbildung 19 Gegenüberstellung der Messwerte der Strömungsgeschwindigkeit und Umfragewerte zu Zuglufterscheinungen im Tagesverlauf für den Raum 1.06; im Bereich der Fenster (oben), zwischen Fassade und Gang (mitte), Gang (unten)

## 10.5 Bewertung

### 10.5.1 Raumlufthemperatur

Das mittlere Votum der Raumlufthemperatur von 5,0 (25 %-Quantil: 4,0; 75 %-Quantil: 6,0) zeigt, dass die Raumlufthemperatur tendenziell als zu warm empfunden wird. Dabei wird die Temperatur im Bereich der Fassade als wärmer empfunden als in der Mitte des Raumes oder im Bereich des Ganges.

Im Vergleich der lokal aufgezeichneten Messwerte muss jedoch festgestellt werden, dass die Raumlufthemperatur in einer Höhe von 1,1 m über Fertigfußboden nur vernachlässigbar geringe Varianzen aufweist. So reicht das Spektrum im Mittel hier bspw. am Raum 2.07 von 23,2 °C (Fenster) über 22,9 °C (Mitte) bis 23,2 °C. Die lokalen Temperaturunterschiede sind im vorliegenden Fall somit in einer Höhe von 1,1 m für eine Bewertung des Votums ungeeignet.

Dies wird durch den nach DIN EN ISO 7730 vorausgesagten Prozentsatzes an Unzufriedenen (PPD) bestätigt. Hier sind analog zur Raumlufthemperatur in einer Höhe von 1,1 m die Unterschiede im Mittel von Fenster (5,2 %), Mitte (5,1 %) und Gang (5,1 %) zu vernachlässigen. Der vorausgesagte Prozentsatz an Unzufriedenen zeigt jedoch im Tagesverlauf im Bereich der Fenster eine auffällig große Spreizung von 5,0 % im Minimum bis 8,1 % im Maximum.

Abweichend von Arbeitsplätzen in der Mitte des Raumes sowie im Bereich des Ganges kann in Fassadennähe des Weiteren eine deutlich größere Temperaturschichtung festgestellt werden. Vergleicht man die gemessenen Temperaturunterschiede der aufgezeichneten Temperaturen in einer Höhe von 0,1 m und 1,7 m über Fertigfußboden, ergibt sich für Arbeitsplätze am Fenster im Mittel eine Temperaturdifferenz von 1,5 K. Davon abweichend wurde in der Mitte eine Temperaturdifferenz von 0,2 K und am Gang von 0,3 K aufgezeichnet.

Es ist daher anzunehmen, dass die erhöhte Unzufriedenheit im fassadennahen Bereich auf zwei Faktoren zurückzuführen ist

1. größere Schwankungsbreite der Raumlufthemperatur im Tagesverlauf
2. größere Temperaturschichtung mit einhergehender Strahlungsasymmetrie.

Darüber hinaus konnte festgestellt werden, dass sich infolge sinkender Raumlufthemperaturen ( $h = 1,1$  m) kleiner 22,5 °C das mittlere Votum der Temperatur einem neutralem Votum (4,0) annähert. Wohingegen bei Temperaturen größer 23 °C das mittlere Votum bedeutend ansteigt. Dieser Effekt wird in Räumen mit solarem Strahlungseintrag (Süd-Fassade) noch mal verstärkt. So konnte bei Raumlufthemperaturen größer 23,5 °C in einzelnen Räumen mit Südorientierung ein mittleres Votum von 7,0 (1,0 kalt...4,0 neutral...7,0 heiß) ermittelt werden. Das gemessene Unbehagen nimmt demnach ab einer Raumlufthemperatur von 23,0 °C deutlich zu.

### 10.5.2 Luftfeuchte und Luftqualität

Die Luftfeuchte weist im Mittel ein Votum von 3,0 (25 %-Quantil: 2,0; 75 %-Quantil: 4,0) auf und wird demnach tendenziell als zu trocken empfunden. Hierbei muss jedoch angemerkt werden, dass der Mensch nicht über entsprechende Rezeptoren verfügt, um die Luftfeuchtigkeit bestimmen zu können. Es ist dem Mensch erst bei größeren Unterschieden der Luftfeuchtigkeit möglich Differenzen festzustellen.

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Reizung der Schleimhäute in Rachenraum und Nase sowie Augenreizungen häufig auf eine trockene Raumluft zurückgeführt werden [15]. Wohingegen derartige Reizungen häufig auch infolge einer erhöhten Staubbelastung im Raum auftreten. Des Weiteren wird eine Raumluft mit hoher relativer Luftfeuchte häufig als verbraucht empfunden, sodass hier eine hohe CO<sub>2</sub>-Konzentration assoziiert wird. Wie in Abschnitt 6.2 angemerkt, wurden im vorliegenden Fall weder die Staubbelastung noch die CO<sub>2</sub>-Konzentration der Raumluft gemessen. Daher stehen in diesem Zusammenhang lediglich die Befragungsergebnisse zur Luftqualität und Geruchsbelastung zur Verfügung.

Die Raumluftqualität wird durchweg als schlecht empfunden. Die Frage nach der Luftqualität weist dabei ein mittleres Votum von 2,0 auf. Im Vergleich hierzu wird hingegen die Geruchsbelastung im Mittel mit 4,0, also neutral, bewertet. Unter der Annahme, dass der CO<sub>2</sub>-Eintrag lediglich über die Atmung der anwesenden Personen erfolgt und infolge der Belegungsdichte die Atmung bei zu geringem Frischluftwechsel zu einer Geruchsbelastung führen müsste, wird daher der Einfluss der CO<sub>2</sub>-Konzentration als vernachlässigbar eingestuft.

Die Staubbelastung in der Raumluft und deren Einfluss auf die Nutzer ist entsprechend einer Vielzahl von Untersuchungen von der relativen Luftfeuchte abhängig. So wird im Allgemeinen angenommen, dass infolge steigender Luftfeuchtigkeiten die Staubpartikel durch Wassermoleküle benetzt werden und aufgrund des resultierenden Gewichts schneller zu Boden sinken. Dieser Effekt ist jedoch erst bei größeren Differenzen der relativen Luftfeuchtigkeit zu erwarten.

Die Befragungsergebnisse der Luftqualität weisen hier eine gute Simultanität zu den Befragungsergebnissen der Luftfeuchte auf. Der Einfluss der Staubbelastung kann dabei nicht weitergehend untersucht werden. Jedoch lassen sich bereits bei relativ geringen Unterschieden der relativen Luftfeuchte deutliche Auswirkungen auf das mittlere Votum der Luftfeuchte und Luftqualität erkennen. Infolge von relativen Luftfeuchtigkeiten kleiner 39 % konnte bspw. ein mittleres Votum von 2,2 (1,0 trocken...4,0 neutral...7,0 feucht) ermittelt werden. Dabei nimmt das Unbehagen mit steigender relativer Luftfeuchtigkeit ab und weist bei relativen Luftfeuchtigkeiten von 40 % bereits einen sprunghaften Anstieg auf ein mittleres Votum von 2,8 auf. Bis in einem Bereich der relativen Luftfeuchtigkeit von ≈42...44 % das Votum im Mittel einen Wert von 3,3 annimmt.

Dieses Ergebnis deckt sich mit den Erkenntnissen einer Vielzahl von Untersuchungen [15], in denen die Klagen gegenüber der Luftfeuchtigkeit durch Anhebung der relativen Luftfeuchte in einen Bereich von 45...50 % deutlich reduziert werden konnten.

### 10.5.3 Zuglufterscheinungen

Die aufgezeichnete Strömungsgeschwindigkeit der Raumlufte zeigt sich in einer Höhe von 1,1 m sowie 1,7 m annähernd konstant über den gesamten Raum. Lediglich im fassadennahen Bereich ist in einer Höhe von 0,1 m eine deutliche Beschleunigung der Raumlufte festzustellen. Die Strömungsgeschwindigkeit nimmt dabei von den Arbeitsplätzen im Bereich der Außen- und Innenwände zum Zentrum des Raumes zu.

Hiervon abweichend werden jedoch die Zuglufterscheinungen an Arbeitsplätzen vor der Fassade mit einem mittleren Votum von 6,6 (1,0 starke Zugluft...7,0 keine Zugluft) bewertet. Darüber hinaus fällt das Votum über die Mitte (5,9) in Richtung der Arbeitsplätze am Gang (3,0) bedeutend ab. Dieser Sachverhalt stellt einen Widerspruch zu den aufgezeichneten Daten dar, da hier weder im Mittel, Minimum oder Maximum Abgängigkeiten von der Position des Arbeitsplatzes erkennbar sind (vgl. Abschnitt 9.4).

Ursächlich für diesen Anstieg des Unbehagens könnten hier zwei Faktoren sein

1. Strahlungsasymmetrien
2. Erkennbare Nähe (visuell und akustisch) zu den Zuluftgittern.

Das Vorkommen von Strahlungsasymmetrien lässt sich aufgrund des fehlenden Datenbestandes (vgl. Abschnitt 6.2) für den Mess- und Befragungszeitraum nicht überprüfen. Jedoch weisen Arbeitsplätze im Bereich der Gänge einerseits keine wesentliche Temperaturschichtung auf und andererseits muss davon ausgegangen werden, dass die Oberflächentemperaturen der ortsnahen Innenbauteile größer sind als die Oberflächentemperaturen der Außenwände bzw. der Fassade. Somit ist richtig, dass Strahlungsasymmetrien häufig als Zuglufterscheinungen wahrgenommen werden, im vorliegenden Fall jedoch als Ursache für den Anstieg der Beschwerden als unwahrscheinlich erachtet werden.

Die Zuluftgitter der raumluftechnischen Anlage befinden sich unterhalb der Deckenkonstruktion innerhalb der Innenwände am Gang (siehe Abbildung 20). Daher weisen die Arbeitsplätze eine unmittelbare Nähe zu den Zuluftgittern auf. Hierbei ist es denkbar, dass aufgrund von Strömungsgeräuschen sowie die unverdeckte Montage der Gitter die Lüftung für die Nutzer der Arbeitsplätze im Bereich der Gänge stetig akustisch wie auch visuell präsent sind. Demnach wäre der rapide Abfall des mittleren Votums vorrangig psychologischer Natur und physikalisch nicht zu belegen.

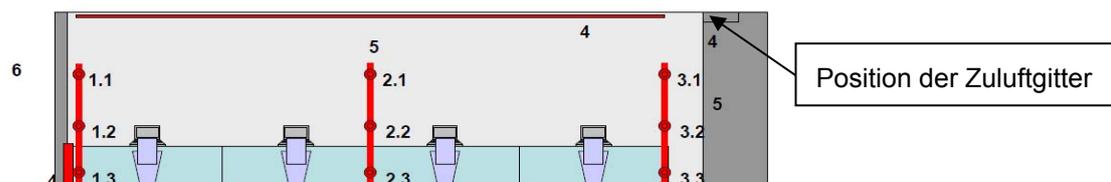


Abbildung 20 Darstellung der Messstellen [6], ergänzt durch die Position der Zuluftgitter

## 11 Empfehlung für Callcenter

Die empfohlenen Werte für einen behaglichen Raumluftzustand sind in der DIN EN ISO 7730 und der für das Gebäude gültigen DIN EN 13779 bzw. DIN EN 15251 festgelegt.

Hier werden folgende Grenzwerte für den Winterfall für den Raum (als Mittelwert) empfohlen:

- Raumtemperatur:  $22\text{ °C} \pm 1\text{ K}$
- Luftgeschwindigkeit im Raum:  $0,1\text{ m/s} - 0,2\text{ m/s}$
- Relative Luftfeuchtigkeit: 30% - 50 %

Bedingt durch die Erkenntnisse, dass die Beurteilung der Behaglichkeit auf der Grundlage der aktuellen Verfahren (siehe Abschnitt 5) nicht ausreichend sind, können für Callcenter folgende, von der DIN EN ISO 7730 abweichende Anforderungen formuliert werden.

### Winterfall:

- Raumtemperatur:
  - am Fußboden  $\geq 21\text{ °C}$
  - im Aufenthaltsbereich sitzend  $22\text{ °C} \pm 1\text{ K}$
  - im Aufenthaltsbereich stehend  $\leq 23\text{ °C}$
- Luftgeschwindigkeit im Raum:
  - im Mittel  $0,10\text{ m/s}$ , maximal  $0,15\text{ m/s}$
- Relative Luftfeuchtigkeit:
  - 45 - 55 % r.F.

### Sommerfall (approximiert):

- Raumtemperatur:
  - am Fußboden  $25\text{ °C} \pm 1\text{ K}$
  - im Aufenthaltsbereich sitzend  $25\text{ °C} \pm 1\text{ K}$
  - im Aufenthaltsbereich stehend  $26\text{ °C} \pm 1\text{ K}$
- Luftgeschwindigkeit im Raum:
  - Im Mittel  $0,1\text{ m/s} - 0,2\text{ m/s}$ , maximal  $0,25\text{ m/s}$
- Relative Luftfeuchtigkeit:
  - 45 - 55 % r.F.

(nach ArbStätt 5.005 darf bei einer Raumlufttemperatur von  $26\text{ °C}$  und hauptsächlich sitzender Tätigkeit eine relative Luftfeuchte von 55 % nicht überschritten werden)

Die Raumlufttemperatur im Sitzbereich ist in einer Höhe von  $0,75\text{ m}$  über dem Fußboden zu messen bzw. zu kontrollieren.

Darüber hinaus ist ein Lüftungskonzept erforderlich, dass unter den oben genannten Randbedingung einen hygienischen Mindestluftwechsel von 20 - 40 m<sup>3</sup>/(h·Pers.) (ArbStätt 5.005) gewährleistet. Ggf. ist die Lüftungsanlage mit einer kontinuierlichen Luftreinigung zu versehen. Die Notwendigkeit dieser Ergänzung ist anhand der vorhandenen Staubbelastung zu überprüfen.

Des Weiteren ist im Zuge der Planung der raumluftechnischen Anlagen zu prüfen, ob mit geringem Aufwand ein verdeckter Einbau der Lüftungsgitter möglich ist, ohne die Luftverteilung im Raum negativ zu beeinflussen.

## 12 Quellen

- [1] 2013/2014 Leimer u.a.; Forschungsauftrag: Raumklima in den Call-Centern, Drittmittelauftragsgeber
- [2] 2005 Hellwig, Runa Tabea, Thermische Behaglichkeit - Unterschiede zwischen frei und mechanisch belüfteten Bürogebäuden aus Nutzersicht; Dissertation Technische Universität München, Fakultät für Architektur
- [3] 2003 Bauer, W.: Innovative Bürolösungen für erfolgreiche Unternehmen. Vortrag auf dem Forum: Bürodesign – Attraktive, behagliche, performante Büros. Fraunhofer Office Innovation Center Stuttgart
- [4] Fanger P. Ole und Wargocki Pawel; Klima Fachjournal „Effektiver arbeiten in gesundem Raumklima“
- [5] 2006 Seppänen O., Fisk J.W. etc; Room Temperature and Productivity in office work as well publication Indoor climate and productivity;
- [6] Gutachten 2013-05-15/OS/554-GS.013: Bericht über die Messungen zur Bestimmung der thermischen Behaglichkeit in Anlehnung an die DIN EN ISO 7730, TÜV Rheinland, 17.05.2013
- [7] DIN EN 1946-2: Raumluftechnik – Teil 2: Gesundheitstechnische Anforderungen (Ausgabe 01/1994)
- [8] DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme (Ausgabe 09/2007)
- [9] DIN EN 15251: Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumlufqualität, Temperatur, Licht und Akustik (Ausgabe 08/2007)
- [10] DIN EN ISO 7730: Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-

Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit (Ausgabe 05/2006 Bereichtigung 06/2007)

[11] CEN-Bericht CR 1752: Lüftung von Gebäuden (1999)

[12] ArbStätt 5.005: Arbeitsstätten-Richtlinie ASR 5 – Lüftung, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (10/1979)

[13] ArbStätt 5.006: Arbeitsstätten-Richtlinie ASR 6 – Raumtemperatur, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (05/2005)

[14] Thermische Behaglichkeit – Unterschiede zwischen frei und mechanisch belüfteten Bürogebäuden aus Nutzersicht, Dissertation an der TU Münschen, Runa Tabea Hellwig, 10.10.2005

[15] Trockene Luft und Ihre Auswirkungen auf die Gesundheit – Ergebnisse einer Literaturstudie, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz, Nadja von Hahn, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft Nr.3 (03/2007)