

**LQG** FORSCHUNGSPROJEKT  
LEBENSZYKLUSORIENTIERTE  
QUALITÄTSSICHERUNG  
VON GEBÄUDEN

CARINTHIA  
UNIVERSITY  
OF APPLIED  
SCIENCES



FACHHOCHSCHULE  
KÄRNTEN



**fh**  
OBERÖSTERREICH

ZUKUNFTSPERSPEKTIVEN IM FASSADENBAU 10  
07 \_ Nutzerzufriedenheit und Behaglichkeit  
durch Qualitätssicherung

Herbert LEINDECKER  
FH Oberösterreich, Wels

# Inhalt

## Überblick

- Bezug zum Forschungsprojekt „LQG“
- Grundlegende Überlegungen zur Qualitätsoptimierung
- Tools zur Qualitätsoptimierung
- Was ist Nutzerzufriedenheit?
- Thermische Behaglichkeit
- Weitere Aspekte der Nutzerzufriedenheit
- Beispiele aus der Forschung

# Forschungsprojekt „LQG“



„Lebenszyklusorientierte Qualitätsoptimierung von Gebäuden“ (FFG)

- **FH Kärnten** - Methodenaufbau für die LCC-Berechnung (Schwerpunkt: Gebäudeerrichtung)
- **Hochschule Kufstein** - Methodenaufbau für die LCC-Berechnung (Schwerpunkt Nutzungskosten) und Energieverbrauchsmonitoring
- **FH Joanneum** - Lebenszyklusbetrachtung von Fassadensystemen
- **FH Oberösterreich, Campus Wels** - Methodenaufbau zur Qualitätssicherung und Qualitätsoptimierung
- **FHS Burgenland** - Methodenaufbau für ökologische Lebenszyklusanalyse



Fachhochschul  
Studiengänge



Burgenland

Bildung im  
Herzen Europas.



# LQG: QS-TOOLS

## AP 4: *Methodenaufbau zur Qualitätssicherung und Qualitätsoptimierung von nachhaltigen Gebäuden (FH OÖ)*

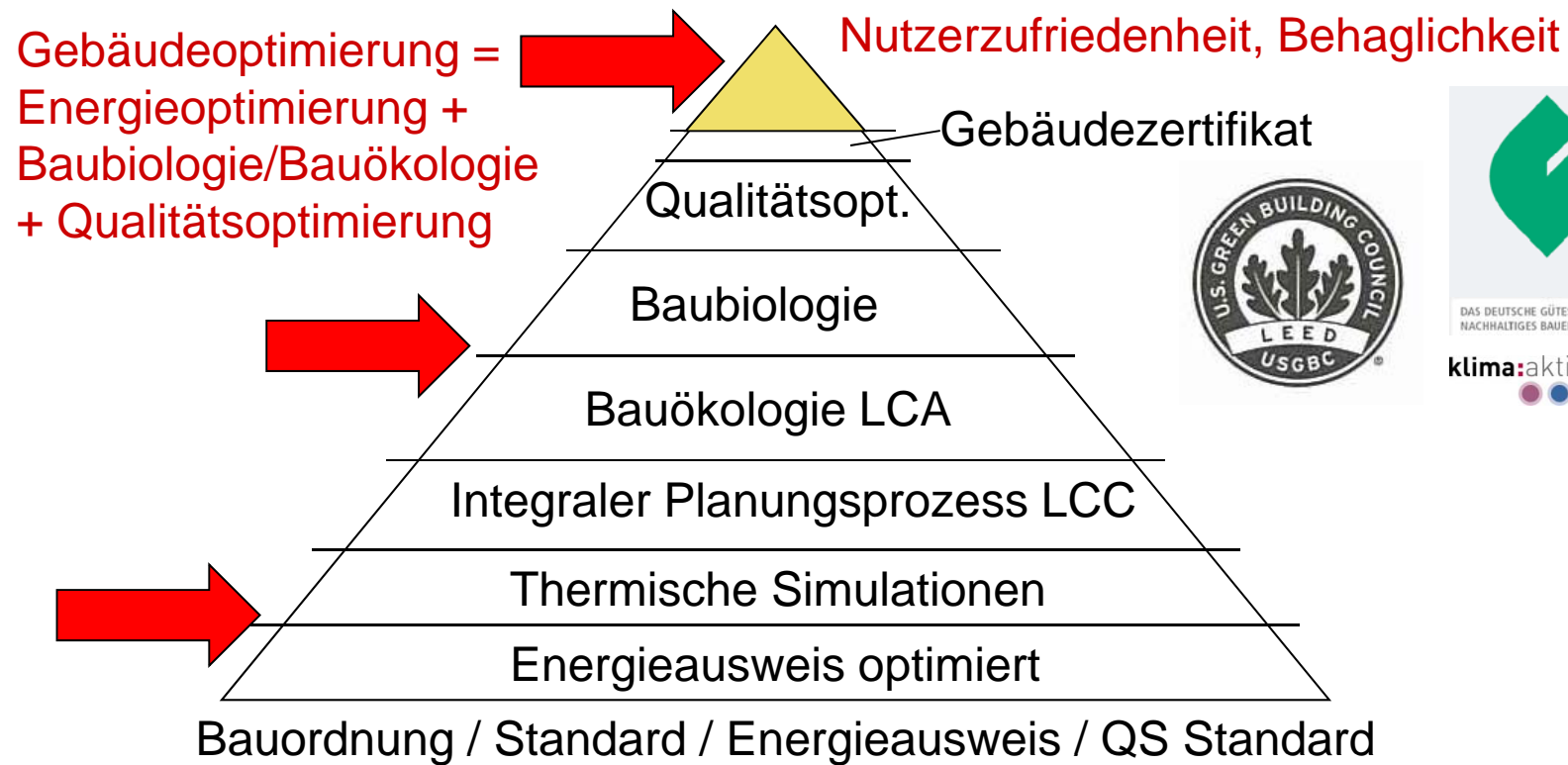
- Qualitätsoptimierung soll eindeutig definiert werden können, daher muss diese auch **mess- und überprüfbar** sein. (...)
- Untersucht werden spezielle **Tools zur Qualitätssicherung und Qualitätsoptimierung**, die bei konventionellen Bauten bisher üblicherweise nicht eingesetzt werden oder erst wenig genutzt wurden, da sie durch Baurecht oder Normen (bisher) nicht definitiv gefordert werden.
- Es sollen die Möglichkeiten der intelligenten Integration erneuerbarer Energien in Gebäudesysteme, **Energieoptimierung** bei Neubauten und bei der Sanierung geprüft werden, sowie die Qualitätssicherung eines **möglichst hohen Standards energieeffizienten und ökologischen Bauens, der auch die baubiologischen Aspekte** (Nutzerzufriedenheit, Behaglichkeit, gesundes Wohnen) mit einbezieht..

Subarbeitspakete:

- Studie zu Schnittstellenproblematik, **Nutzerzufriedenheit** und Qualitätssicherung
- Simulation zur Integration von **Solartechnologie, Energieeffizienz** contra Behaglichkeit
- Messungen zur **Qualitätssicherung Energieeffizienz & Baubiologie**

# Qualitätsoptimierung

## Qualitätspyramide eines Gebäudes



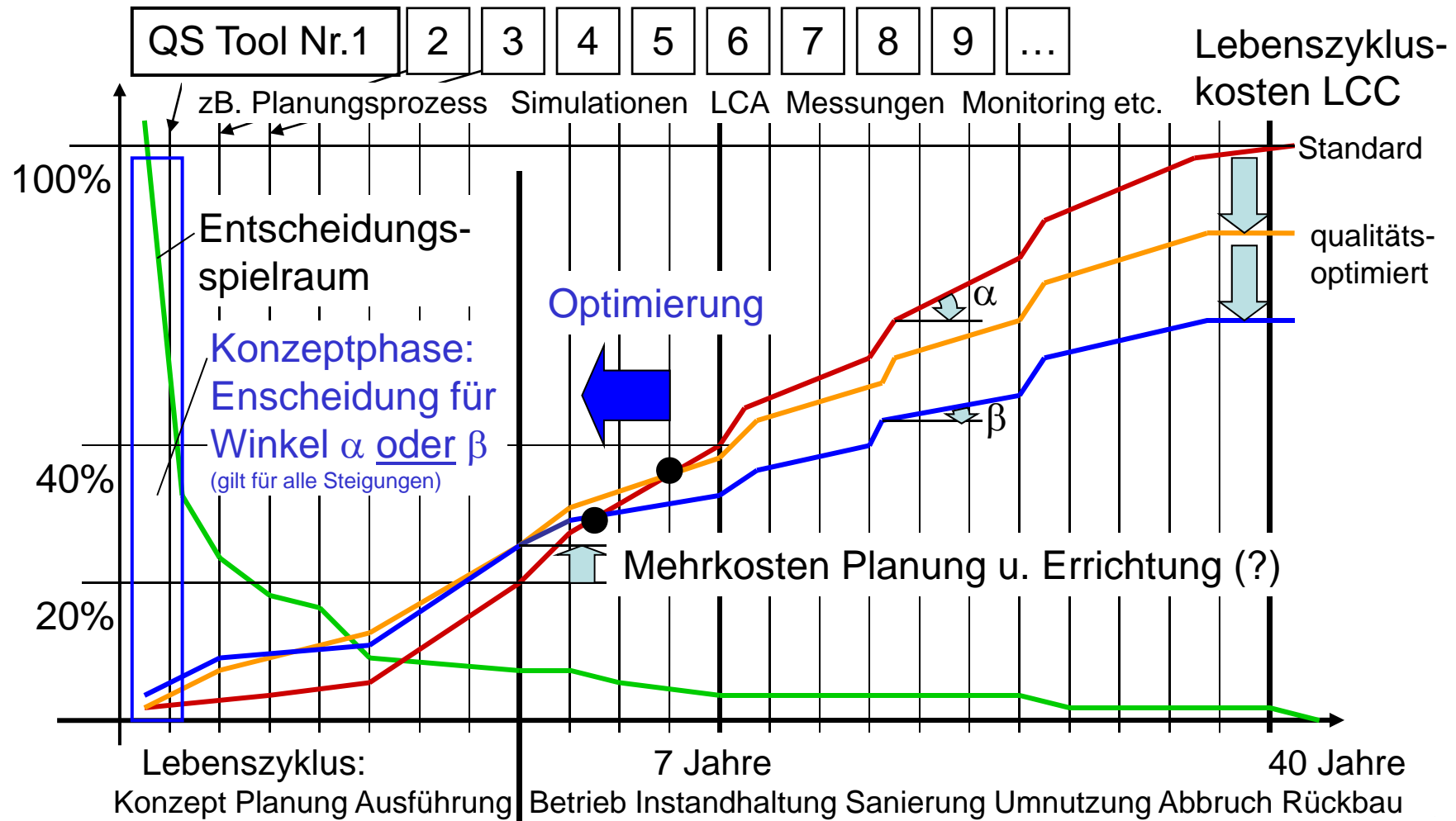
# QS-TOOLS

## Prioritäten von Qualitäten



Qu: Mieterumfrage von Jones Lang LaSalle 2008 in: Detail Green 01/2009

# Qualitätsoptimierung im Lebenszyklus eines Gebäudes



# QS-TOOLS: Projekte und Themen



Fassadensystem



Energieeffiziente Sanierung Volksschule Thalheim –



**Alten- und Pflegeheim Wels Neustadt**

Auftraggeber: Magistrat Wels

<p><b>Energieausweis Berechnung</b></p> <p><b>Ergebnisse:</b>          OÖ Energiekennzahl  <b>Ohne Verluste:</b>          ca. 30 [kWh / m<sup>2</sup> * a]  <b>Mit Verluste:</b>          ca. 80 [kWh / m<sup>2</sup> * a]</p>	<p><b>BlowerDoor / Thermografie</b></p> <p><b>Ergebnis:</b>  <u>große Undichtigkeit des gesamten Gebäudes festgestellt !!!!</u>  <math>n_{50} = \text{ca. } 6 - 7 \text{ [1/h]}</math>  <b>Bauordnung:</b>  <math>n_{50} = 1,5 \text{ [1/h]}</math></p>	<p><b>Solaranlage / Messungen</b></p> <p><b>Ergebnisse:</b>  <b>Zimmermessungen:</b>          Temperaturen zu hoch und Luftfeuchtigkeit zu niedrig          Solaranlage (Fehlersuche)          Fehler bei der Montage          Reinigung der Zellen          Druck der Anlage erhöhen          Überdruckprüfung</p>
--	---	---

FH OÖ Wels | ÖKO-Energetechnik WS 2003/04 | FUP Betreuer: Prof.(FH) Dr. Herbert C. Leindeckner



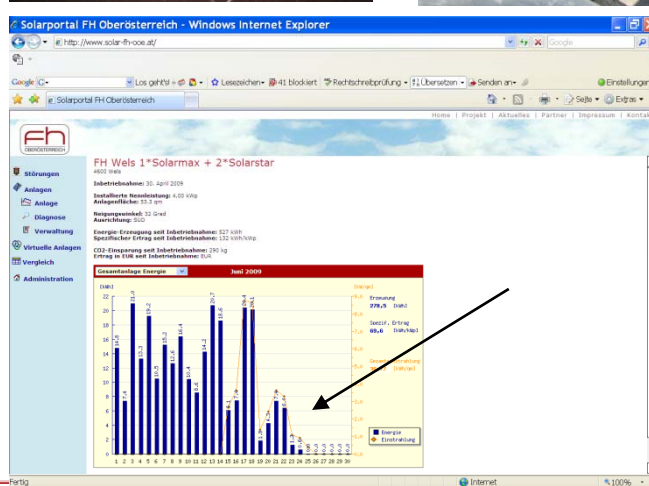
Hotbox

# QS-TOOLS: Monitoring

## Energieoptimierung: neue Messgeräte

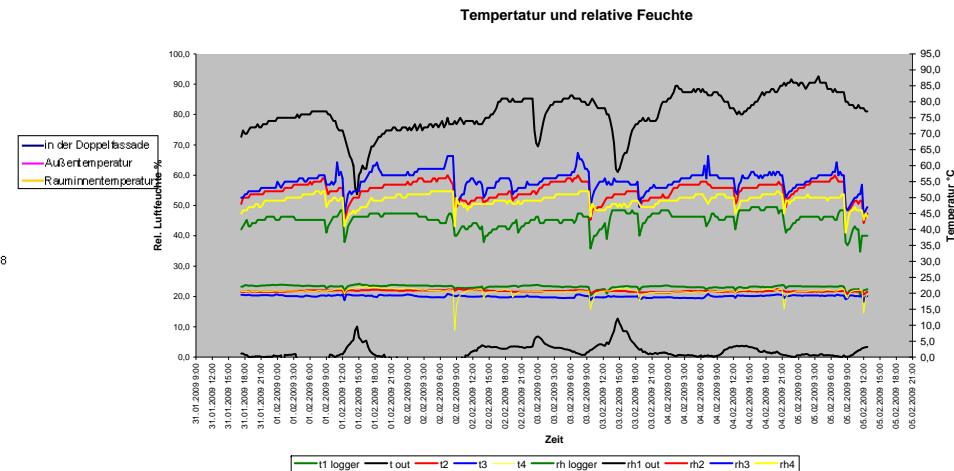
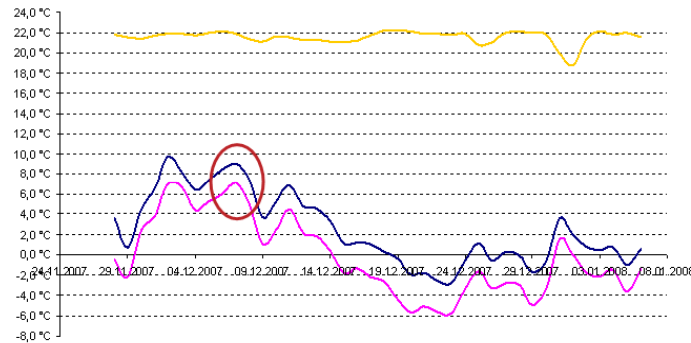


- Durchflussmengenmesser
- Pyranometer
- online PV-Anlagen-Monitoring

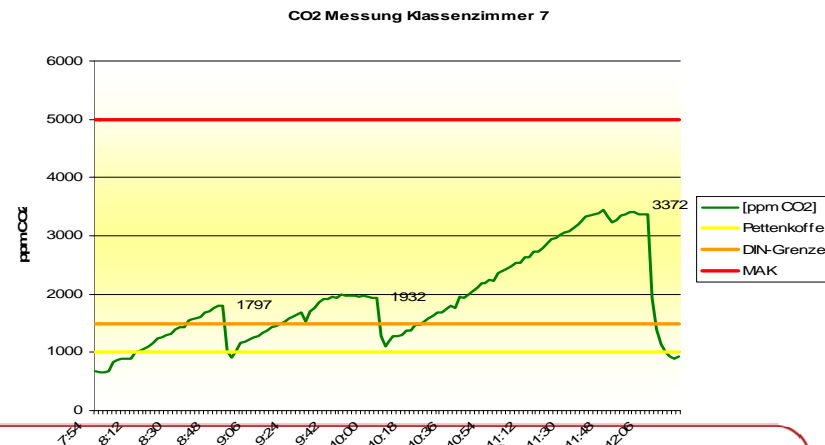


# QS-TOOLS: Raumlufmessungen

## Baubiologie: Messergebnisse als Erfahrungswerte



- Temperatur
- Relative Luftfeuchte
- Luftgeschwindigkeit
- CO2

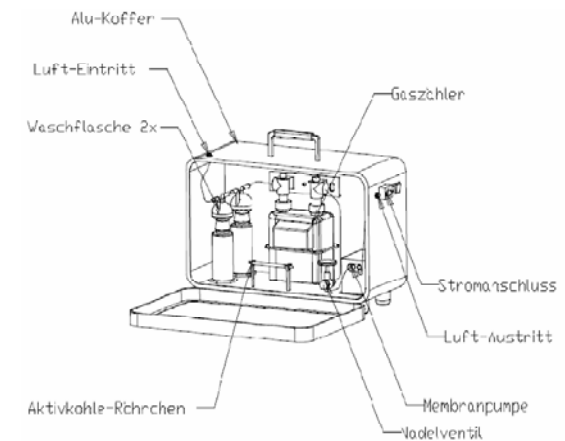


# QS-TOOLS: Raumluftmessungen

## Baubiologie: neue Messgeräte und Messmethoden



- Radon
- Schimmel
- Partikel
- Formaldehyd / VOC



# Nutzerzufriedenheit - ÖNORM

- ÖNORM EN 15251:2007 (D)
- Ausschuss: Klimatechnik
- „Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik“

# Nutzerzufriedenheit - ÖNORM

- „Das Innenraumklima beeinflusst auch Gesundheit, Produktivität und Behaglichkeit der Nutzer. Neuere Studien haben gezeigt, dass die **Kosten** für die Behebung von Problemen im Zusammenhang mit schlechtem Innenraumklima für Arbeitgeber, den Gebäudeeigentümer und die Gesellschaft oft höher sind als die Energiekosten der betreffenden Gebäude.“
- „*Es wurde nachgewiesen, dass eine geeignete Qualität des Innenraumklimas die Gesamtleistung beim Arbeiten und Lernen verbessern und **Fehltage verringern** kann.*“

Quelle: ÖNORM EN 15251:2007, S.5

# ÖNORM - EN 15251

## Thermische Behaglichkeit

Tabelle A.1 — Beispiele empfohlener Kategorien für die Auslegung maschinell geheizter und gekühlter Gebäude

Kategorie	Thermischer Zustand des Körpers insgesamt	
	PPD %	Vorausgesagtes mittleres Votum (PMV)
I	< 6	$-0,2 < PMV < +0,2$
II	< 10	$-0,5 < PMV < +0,5$
III	< 15	$-0,7 < PMV < +0,7$
IV	> 15	$PMV < -0,7$ oder $+0,7 < PMV$

PPD ... **P**redicted **P**ercentage of **D**issatisfied

Quelle: ÖNORM EN 15251, S.25

PMV ... **P**redicted **M**ean **V**ote

Vgl.: **ÖNORM EN ISO 7730:2006** („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“)

# Thermische Behaglichkeit

## Theorie:

EN ISO 7730 (Einflussgrößen nach Fanger) > subjektive Faktoren

### PMV (Predicted Mean Vote):

Vorhersage der Meinung einer großen Personengruppe über thermisches Befinden als Funktion von Aktivität (zB. 0,8 met bei Ruhe, bis max.ca. 10 met), Kleidung (zB. clo=2 bei Winterkleidung), Lufttemperatur, mittlerer Strahlungstemperatur, Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchte

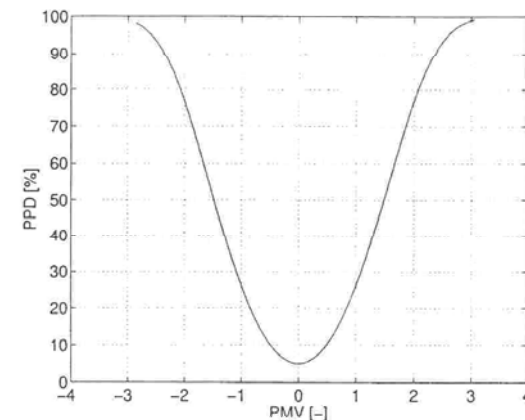
Wert von -3 (kalt) bis +3 (heiß)

### PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)

Errechnet sich aus dem PMV

Wert in %

Auch bei optimalen Bedingungen sind 5% der Personen unzufrieden!

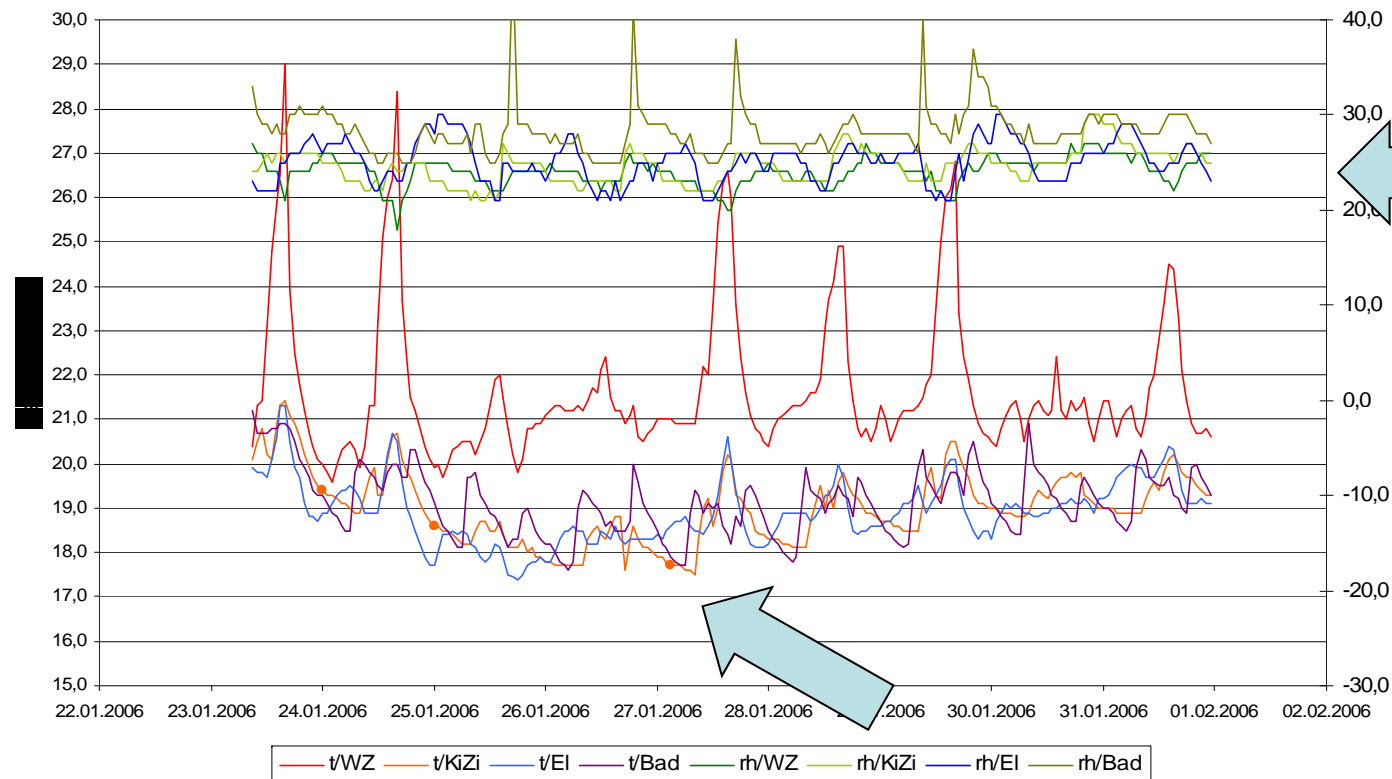


# Thermische Behaglichkeit



## Beispiel: Passivhaus

Detail - Temperaturen, Feuchte



Problem:  
Temperatur  
kann nicht  
raumweise  
eingestellt  
werden –  
„Luftheizung“  
sinnvoll?  
(Nachrüsten v.  
Elektro-  
Heizkörpern?)

# Bauphysik & Wohlfühlen

## Thermische Behaglichkeit

**Bewertung nach ÖNORM EN ISO 7730:2006** („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“)

für „entspanntes Sitzen“ = 1 met (58 W/m<sup>2</sup>) Energieumsatz; 0,1 m/s (!)

10° C: PMV -1,38 erfordert clo 2,0 (schwere Winterbekleidung, Overall)

18° C: PMV +0 erfordert clo 2,0 (schwere Winterbekleidung, Overall)

18° C: PMV -1,36 erfordert clo 1,5 (Anzug mit Mantel)

20° C: PMV +0 erfordert clo 1,5 (Anzug mit Mantel)

21° C: PMV -1,11 erfordert clo 0,75 (Hemd, Hose, Schuhe)

25° C: PMV +0 erfordert clo 0,75 (Hemd, Hose, Schuhe)

# ÖNORM - EN 15251, subjektive Bewertungen

## Anhang H (informativ)

### Methodik für subjektive Bewertungen

Zur Bewertung des Raumklimas können subjektive Umfragen verwendet werden. Den Gebäudenutzern werden in festgelegten Zeitabständen (täglich, wöchentlich, monatlich usw.) subjektive Skalen vorgelegt. Die Skalen können über das Intranet jeder Person über einen PC zugänglich gemacht oder als Ausdruck verteilt werden. Die Fragebögen sollten in der Mitte des Vor- oder Nachmittags ausgefüllt werden. Ein Ausfüllen unmittelbar nach der Ankunft oder nach der Mittagspause ist nicht sinnvoll. Die Ergebnisse können als mittlere Werte und/oder Verteilungen angegeben werden. Siehe auch das Beispiel in Anhang I.

Wie bewerten Sie Ihr thermisches Befinden?	Wie empfinden Sie die Temperatur?
Heiß	Eindeutig annehmbar
Warm	
Etwas warm	Gerade noch annehmbar
Neutral	
Etwas kühl	Gerade noch unannehmbar
Kühl	
Kalt	Eindeutig unannehmbar
Inwiefern würden Sie die Temperatur ändern?	
a) Höher	
b) Keine Änderung	
c) Niedriger	
Wie empfinden Sie die Luftqualität?	Wie empfinden Sie die Geruchsintensität?
Eindeutig annehmbar	Kein Geruch
	Schwacher Geruch
Gerade noch annehmbar	Mäßiger Geruch
	Starker Geruch
Gerade noch unannehmbar	Sehr starker Geruch
	Überwältigender Geruch
Eindeutig unannehmbar	

Bild H.1 — Beispiele für Fragebögen für eine subjektive Bewertung

Wie bewerten Sie Ihr thermisches Befinden?

Heiß

Warm

Etwas warm

Neutral

Etwas kühl

Kühl

Kalt

Quelle: ÖNORM EN 15251, S.46

# ÖNORM - EN 15251

## Bewertungsbeispiel

Qualität des Raumklimas in % der Zeit in vier Kategorien				
Prozentsatz	5	7	68	20
Thermisches Raumklima	III	III	II	I
Prozentsatz	7	7	76	10
Raumluf- qualität	III	III	II	I

Quelle: ÖNORM EN 15251, S.48

# ÖNORM - EN 15251, subjektive Bewertungen

## Anhang C (informativ)

### Beispiel für die Definition von schadstoffarmen und sehr schadstoffarmen Gebäuden

Das Gebäude ist schadstoffarm, wenn die Mehrheit der verwendeten Baustoffe schadstoffarm ist. Schadstoffarme Baustoffe sind üblicherweise natürliche Materialien, wie Stein oder Glas, die als emissionsicher gelten, sowie Materialien, die folgende Anforderungen erfüllen:

- Emission der gesamten flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC) liegt unterhalb von  $0,2 \text{ mg/m}^2\text{h}$ ;
- Emission von Formaldehyd liegt unterhalb von  $0,05 \text{ mg/m}^2\text{h}$ ;
- Emission von Ammoniak liegt unterhalb von  $0,03 \text{ mg/m}^2\text{h}$ ;
- Emission von krebserregenden Verbindungen (IARC) liegt unterhalb von  $0,005 \text{ mg/m}^2\text{h}$ ;
- Material ist geruchlos (Unzufriedenheit in Bezug auf den Geruch liegt unterhalb von 15 %).

Quelle: ÖNORM EN 15251, S.46

# Baubiologie

## > **Standard der baubiologischen Messtechnik**

SBM 2008 - vom IBN (Inst. f. Baubiologie u. Ökologie Neubeuern) und vom Deutschen Verband Baubiologie (seit 1987 von Wolfgang Maes und Sachverständigenkommission entwickelt)

Baubiologische Richtwerte (Vorsorgewerte\*), Vergleich mit Grenzwerten

**A Felder, Wellen, Strahlung**

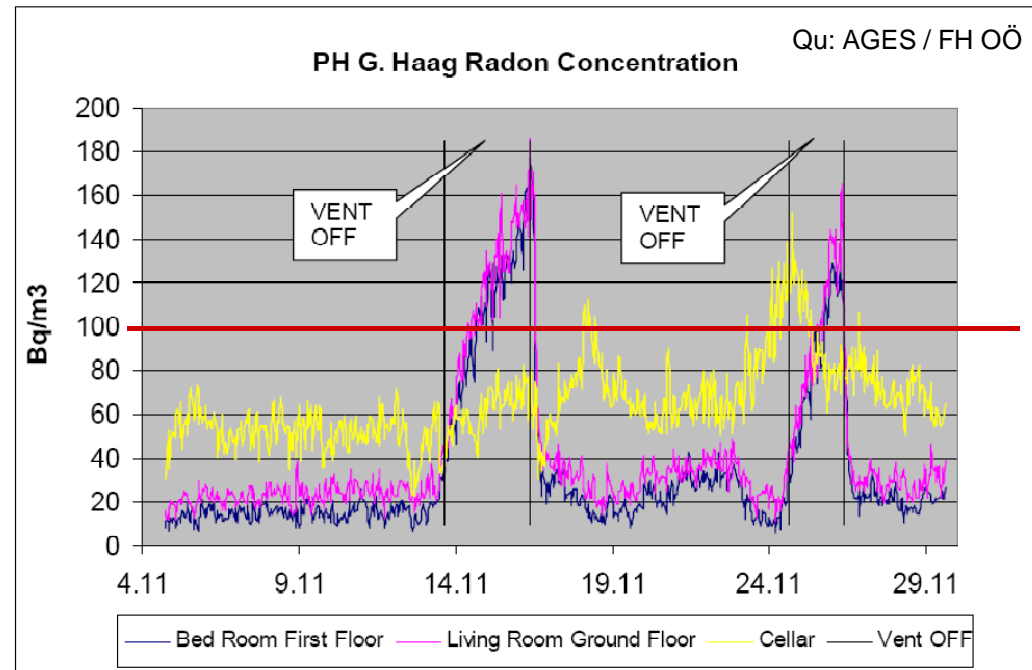
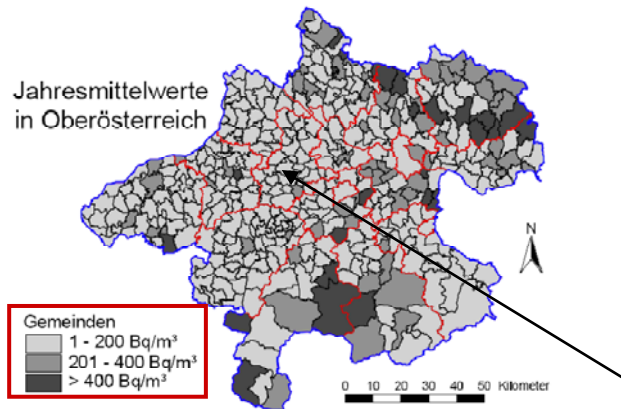
**B Wohngifte, Schadstoffe, Raumklima**

**C Pilze, Bakterien, Allergene**

\*für Schlafbereiche

# QA-TOOLS: Indoor Air Quality

## Building Biology: RADON - Interesting measuring result



Radon in becquerel per cubic meter

EU: 400 Bq/m<sup>3</sup> (old buildings), 200 Bq/m<sup>3</sup> (new buildings); Radiation Protection Germany: 250 Bq/m<sup>3</sup>; Sweden: 200 Bq/m<sup>3</sup>; US EPA: 150 Bq/m<sup>3</sup>; England: 100 Bq/m<sup>3</sup> (new buildings); WHO: 100 Bq/m<sup>3</sup>; German Radon Protection Act (draft): 100 Bq/m<sup>3</sup>; avg. indoor levels: 20-50 Bq/m<sup>3</sup>; avg. outdoor levels: 5-15 Bq/m<sup>3</sup>; radon mine: 100 000 Bq/m<sup>3</sup>; lung cancer risk increase by 10% for each 100 Bq/m<sup>3</sup>; Bq/m<sup>3</sup> x 0.027 = pCi/l

The indoor radon concentration without the ventilation system is nearly ten times higher! (WHO: After smoking, radon is the second source of lung cancer!)

# Nutzerzufriedenheit in Bürogebäuden

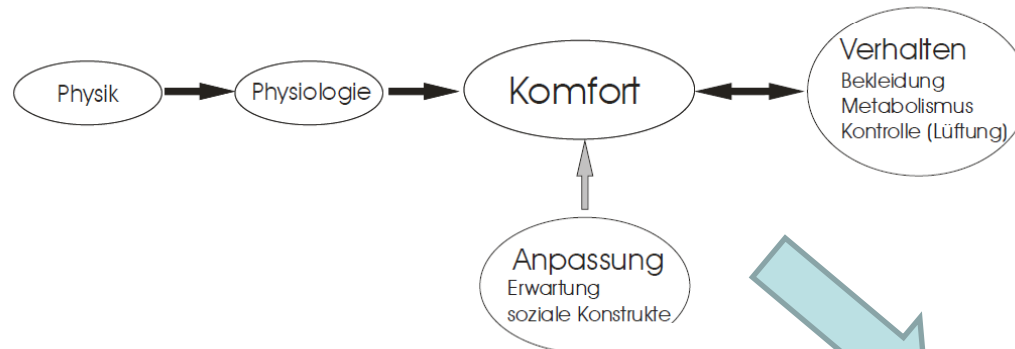


Abbildung 2-1: Ursache-Wirkungs-Ansatz für Feldstudien in c

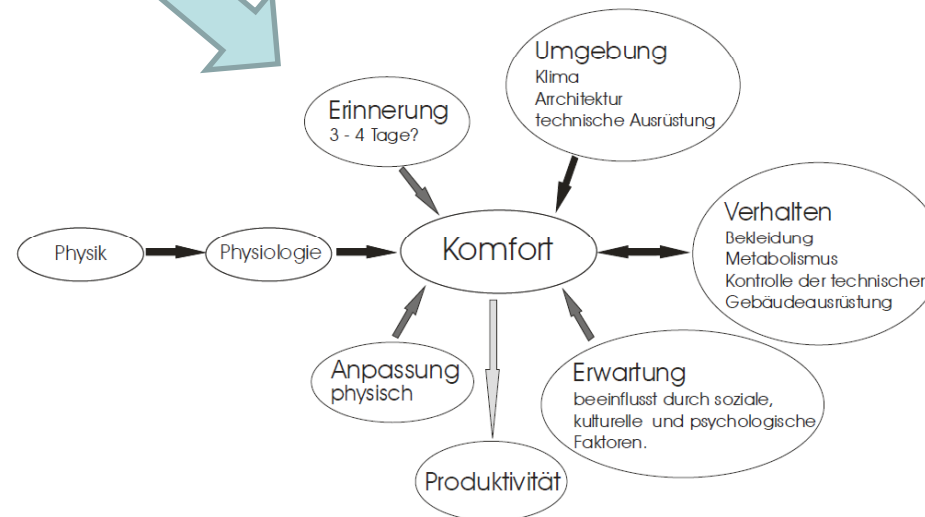


Abbildung 2-3: Ursache-Wirkungs-Ansatz für Feldstudien in den 1990ern

Quelle: Gossauer, Elke (2007): Nutzerzufriedenheit in Bürogebäuden

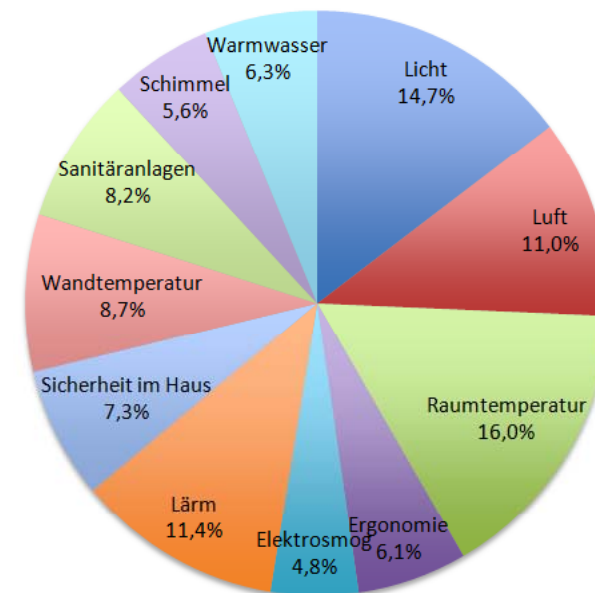
# Ranking der Nutzerzufriedenheit (INNOSEG)

## Wohngebäude

INNOSEG = Interdisziplinäre, nutzerorientierte nachhaltige Optimierung von Stoff- und Energieströmen in Gebäuden

- Projekt im Forschungsprogramm „Unternehmen Region“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)
- 14 Bürogebäude mit ~4500 Arbeitsplätzen (ProKlima, Uniklinikum Jena, Innoseg)

Rangplatz	Wohlbefinden beeinflussende Faktoren	Rangsumme
1.	Raumtemperatur	44,5
2.	Licht	48,5
3.	Lärm	62,5
4.	Luft	64,5
5.	Wandtemperatur	81,5
6.	Sanitäranlagen	87
7.	Sicherheit im Haus	98
8.	Warmwasser	113,5
9.	Ergonomie	117
10.	Schimmel	126
11.	Elektrosmog	147

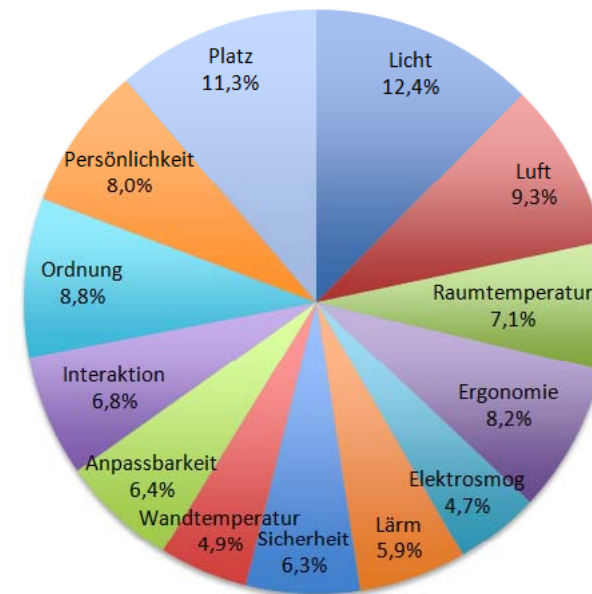


Quelle: INNOSEG, Schlussbericht, FH-Erfurt, 2007

# Ranking der Nutzerzufriedenheit (INNOSEG)

## Bürogebäude

Rangplatz	Wohlbefinden beeinflussende Faktoren	Rangsumme
1.	Licht	39,5
2.	Platz	43,5
3.	Luft	53
4.	Ordnung	56
5.	Ergonomie	59,5
6.	Persönlichkeit	61,5
7.	Raumtemperatur	69,5
8.	Interaktion	72,5
9.	Anpassbarkeit	76,5
10.	Sicherheit	78
11.	Lärm	82,5
12.	Wandtemperatur	100
13.	Elektrosmog	105



Quelle: INNOSEG, Schlussbericht, FH-Erfurt, 2007

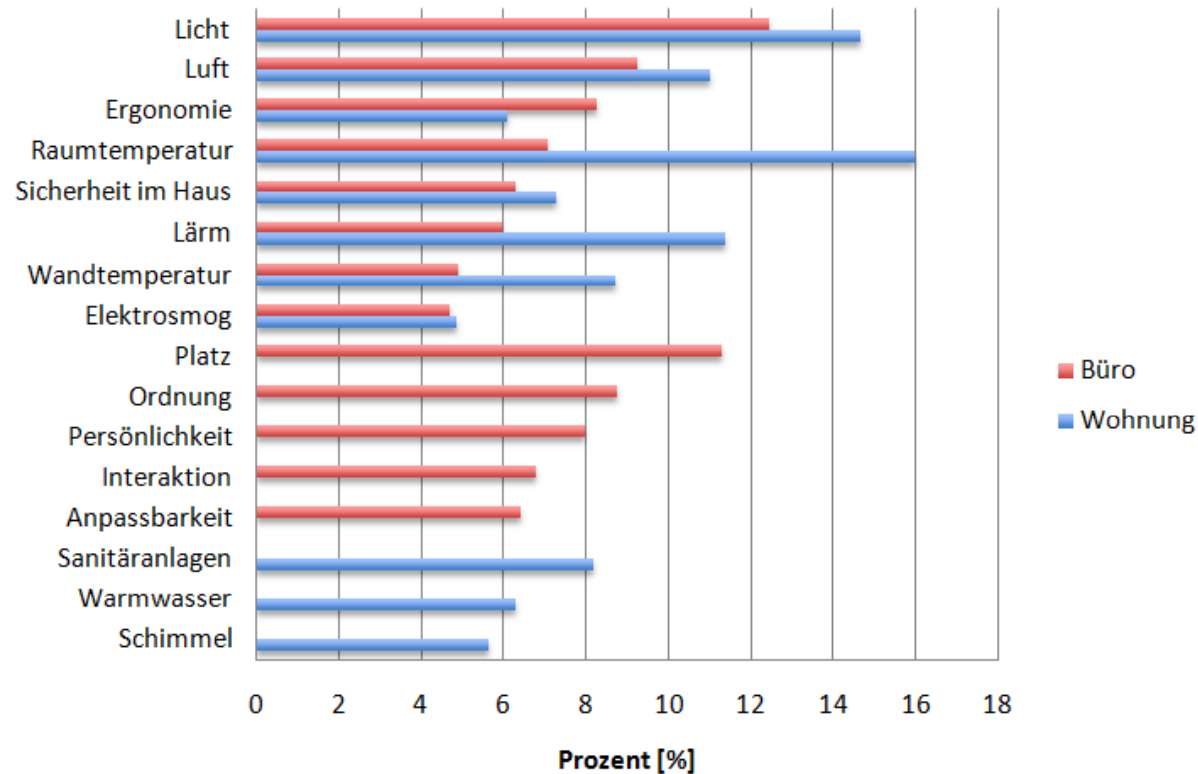
# Ranking der Nutzerzufriedenheit (INNOSEG)

Quelle: INNOSEG, Schlussbericht, FH-Erfurt, 2007

Wohngebäude			Bürogebäude		
Rangplatz	Wohlbefinden beeinflussende Faktoren	Rangsumme	Rangplatz	Wohlbefinden beeinflussende Faktoren	Rangsumme
1.	Raumtemperatur	44,5	1.	Licht	39,5
2.	Licht	48,5	2.	Platz	43,5
3.	Lärm	62,5	3.	Luft	53
4.	Luft	64,5	4.	Ordnung	56
5.	Wandtemperatur	81,5	5.	Ergonomie	59,5
6.	Sanitäreanlagen	87	6.	Persönlichkeit	61,5
7.	Sicherheit im Haus	98	7.	Raumtemperatur	69,5
8.	Warmwasser	113,5	8.	Interaktion	72,5
9.	Ergonomie	117	9.	Anpassbarkeit	76,5
10.	Schimmel	126	10.	Sicherheit	78
11.	Elektrosmog	147	11.	Lärm	82,5
			12.	Wandtemperatur	100
			13.	Elektrosmog	105

# Vergleich der Nutzerzufriedenheit (INNOSEG)

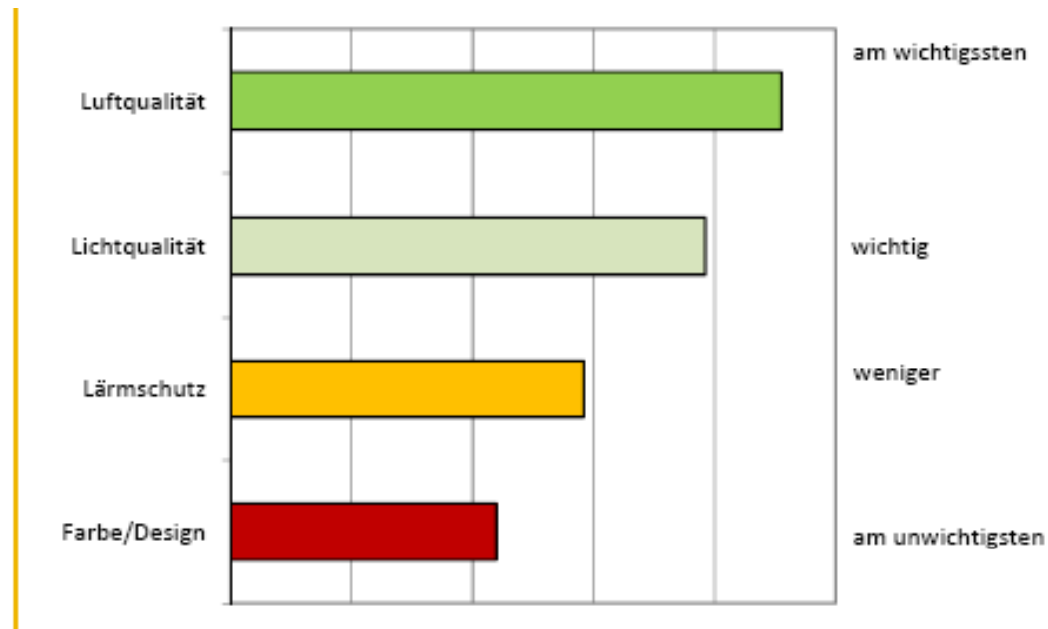
## Büro- und Wohngebäude



Quelle: INNOSEG Schlussbericht, FH-Erfurt, 2007

# Nutzerzufriedenheit, eigene Befragung (Nichtwohngebäude)

Wichtigkeit der Raumgestaltung:



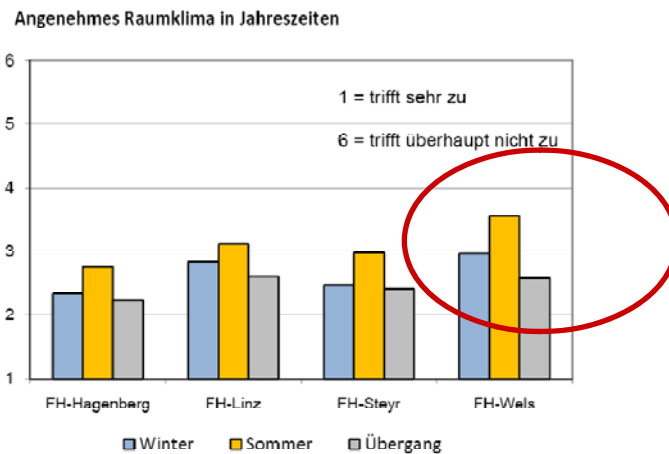
Quelle: Abschlussbericht: Was heißt Qualität bei Bürogebäuden?, Wels: FH OÖ 2009

# Nutzerzufriedenheit, eigene Befragung (Nichtwohngebäude)

Siehe dazu auch:  
F. Schweitzer, H. C. Leindecker, K. Gaubinger - *Quality of Life in Green Buildings* - WASET Conference Proceedings, Paris, France, 2009, pp. 876-882

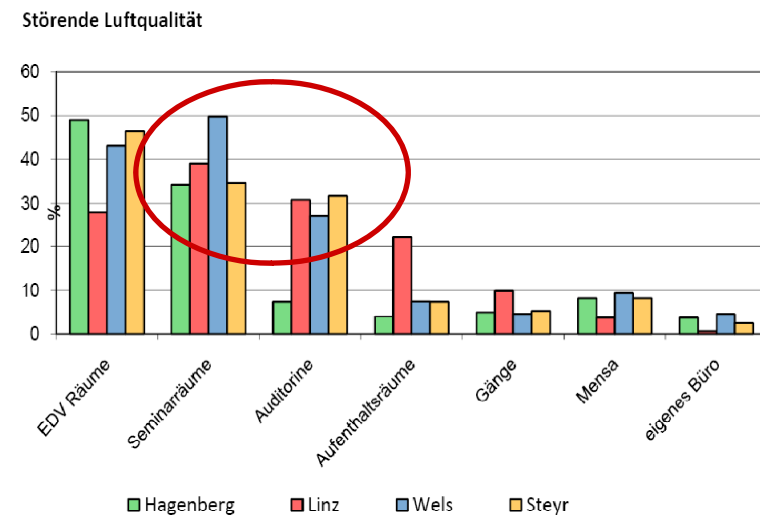
Frage 12

Wie sehr treffen folgende Aussagen zur Luftsituation auf Ihren Standort zu?



Frage 13

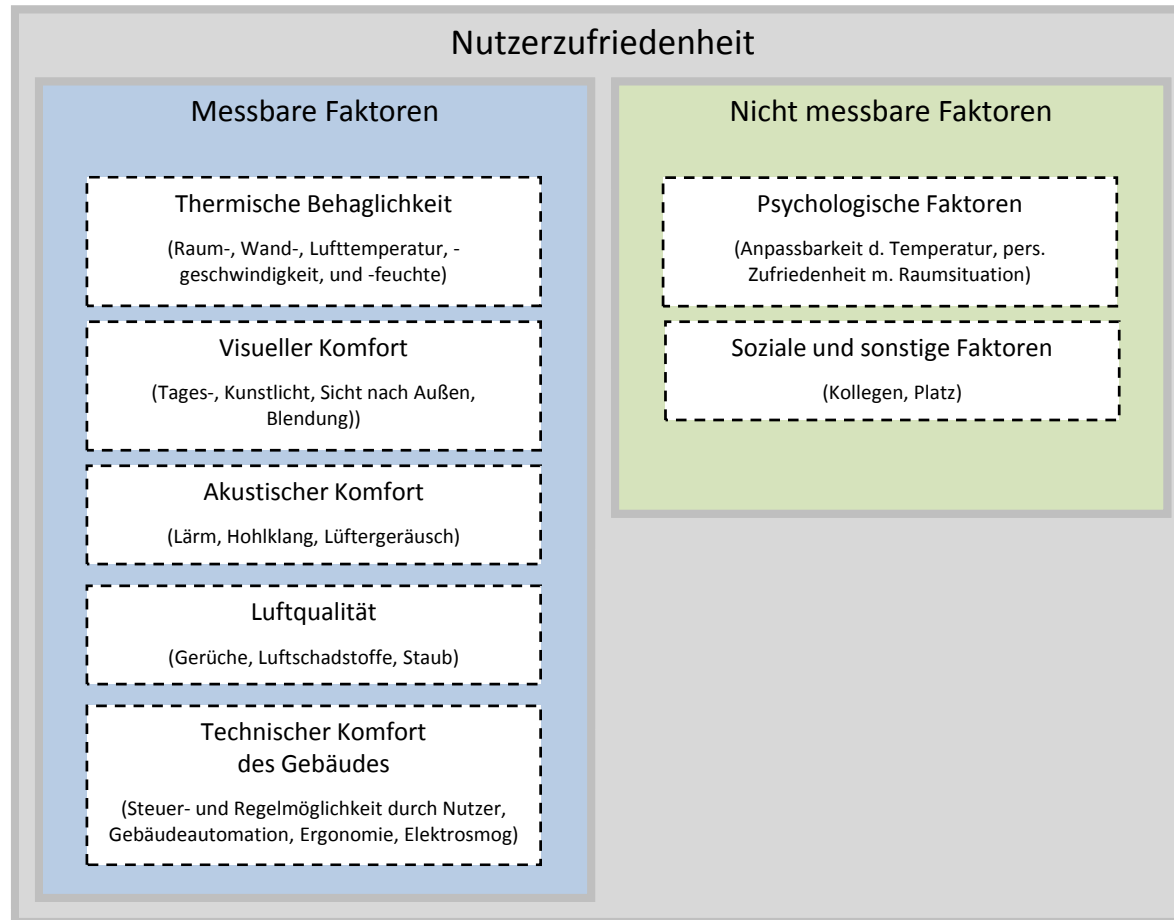
In welchen Räumen empfinden Sie die Luftqualität als störend?



Quelle: Schweitzer, Fiona (Hrsg.): Was heißt Qualität bei Bürogebäuden?, Studentenprojekt, Wels: FH OÖ 2009

# Aspekte der Nutzerzufriedenheit

Eigene Expertenbefragung (Ranking), in Arbeit:



# Aspekte der Nutzerzufriedenheit

Eigene Nutzerbefragung, in Arbeit:

„Akzeptanz von Maßnahmen zur energieeffizienten  
**Gebäudeautomatisierung** aus Nutzersicht“ (Prof. Dr. Fiona Schweitzer, FH OÖ)

- Analyse des Einflusses des derzeitigen Automatisierungsgrades auf die Bereitschaft zur Vollautomatisierung: Schrittweiser Umstieg oder Sofortumstieg
- Einfluss von Charakteristika des Nutzers (Zufriedenheit mit vorhandenem System, Einstellung zu technischen Innovationen, Expertise, Bedeutung von Individualität/Gestaltungsfreiheit)
- Analyse kulturspezifischer Unterschiede bei der Bereitschaft zu vollautomatisierter Gebäudesteuerung (z.B. Jalousie)
- Durchführungsart: quantitative Online Befragung
- Durchführungszeitraum: Hongkong: Februar 2010; Ö.: geplant für Juni 2010

# Nutzerzufriedenheit

## Fazit:

- Lebenszyklusorientierung ist unbedingte Voraussetzung für eine nachhaltige Qualitätsoptimierung
- Qualitätsoptimierung muss mess- und überprüfbar sein
- Qualitätssicherungstools existieren, werden aber teilweise (noch) nicht eingesetzt
- Nutzerzufriedenheit ist das oberste Ziel qualitätsoptimierten Bauens, ansonsten liegt eine „Themenverfehlung“ vor!
- Nutzerzufriedenheit ist sehr komplex (subjektiv) und (leider) nur teilweise messbar
- Die Kriterien der Nutzerzufriedenheit sind verstärkt zu erforschen

# Bauökologie Campus Wels

Kontakt:

Prof. (FH) Dr. Herbert C. Leindecker

FH OÖ Studienbetriebs GmbH  
Studiengang ÖKO-Energietechnik  
Stelzhamerstraße 23  
4600 Wels  
++43 - 72 42 - 72 8 11 DW 42 20  
[herbert.leindecker@fh-wels.at](mailto:herbert.leindecker@fh-wels.at)  
[www.fh-wels.at](http://www.fh-wels.at)

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**