



FH Salzburg

Monitoring von Plusenergie- Gebäuden

Smart Building Constructions 2

Technik
Gesundheit
Medien

08.01.2020

FH Salzburg · Smart Building Constructions 2 · Tobias Steiner

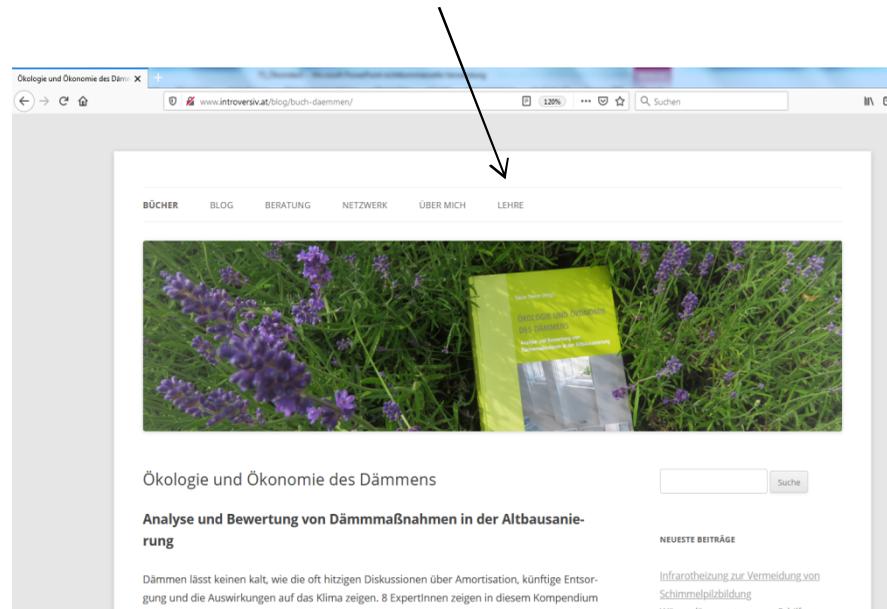
Unterlagen

Smart Building Constructions 2



www.introversiv.at

<http://www.introversiv.at/blog/lehre/smart-building-constructions-2/>



Teil IV: Monitoring Innenraumklima



I. Einleitung

- Thermischer Komfort
- Vorausgesagtes mittleres Votum (PMV)
- Vorausgesagter Prozentsatz an Unzufriedenen (PPD)

Teil IV: Monitoring Innenraumklima



II. Lokale thermische Behaglichkeit – retrospektive Betrachtung

- Allgemeines
- Methodik
- Lokale thermische Behaglichkeit
- Darstellungsform
- Betrachtungszeitraum

Teil IV: Monitoring Innenraumklima



III. Lokale thermische Behaglichkeit – Insitu-Verfahren

- Komfortbeurteilung vor Ort
- Gegenüberstellung Berechnung und Messung - Komfort

Einleitung

Thermischer Komfort



Die ÖNORM EN ISO 7730:2006 bestimmt Bewertungsverfahren zum thermischen Komfort, die die Wärmebilanz des Körpers als Ganzes gegenüber der Umgebung abbilden: das vorausgesagte mittlere Votum, PMV (Predicted Mean Vote) und den davon abgeleiteten vorausgesagten Prozentsatz an Unzufriedenen PPD, (Predicted Percentage of Dissatisfied). (vgl. [1]).

Einleitung

Thermischer Komfort



Für Gebäude ohne aktive Kühlung, die ausschließlich auf natürliche Kühlmaßnahmen setzen (z.B. verstärkter nächtlicher Fensterluftwechsel, verstärkter Fensterluftwechsel auch am Tag), wird für die quantitative Beurteilung der thermischen Behaglichkeit ÖNORM EN 15251 angewandt.

Einleitung

Thermischer Komfort



Wesentlich am dort angewendeten adaptiven Modell ist der Ansatz, dass das Empfinden von thermischem Komfort nicht nur von klimatischen Bedingungen des Innenraums (neben Aktivität und Kleidung) abhängen, sondern auch von den Außenbedingungen (in der Norm der gleitenden Außenlufttemperatur).

Einleitung

Thermischer Komfort



Die Anpassung des Nutzers an das Raumklima durch Änderung der Bekleidungsstärke oder die Öffnung der Fenster muss möglich sein, dadurch werden deutlich wärmere Raumzustände noch als komfortabel eingeschätzt [2].

Einleitung

Vorausgesagtes mittleres Votum (PMV)



- PMV ist eine auf Versuchsreihen basierende empirische Größe, die Aussagen über das thermische Behaglichkeitsempfinden im Untersuchungsgebiet ermöglicht.
- Da diese Größe eine Vielzahl von Einflussgrößen, wie die Luft- und Strahlungstemperatur, die Luftgeschwindigkeit, die Bekleidung sowie die Aktivität der Personen berücksichtigt, ist sie als ein summatives Behaglichkeitskriterium aufzufassen.

Einleitung

Vorausgesagtes mittleres Votum (PMV)



- PMV kann entsprechend der 7-stufigen Beurteilungsskala (Tabelle 1) Werte von -3 (kalt) bis +3 (heiß) annehmen, wobei 0 als thermisch neutral, also uneingeschränkt behaglich einzustufen ist. (vgl. [2])



Klimabeurteilungsskala	
+3	heiß
+2	warm
+1	etwas warm
0	neutral
-1	etwas kühl
-2	kühl
-3	kalt

Klimabeurteilungsskala (vgl. [1])

Einleitung

Vorausgesagter Prozentsatz an Unzufriedenen (PPD)



- Das PMV sagt die durchschnittliche Komfortbeurteilung einer großen Gruppe von Personen voraus, die dem gleichen Umgebungsklima ausgesetzt sind.
- Einzelne Urteile streuen jedoch um diesen Mittelwert und es ist nützlich, die Anzahl der Personen voraussagen zu können, die das Umgebungsklima wahrscheinlich als zu warm oder zu kalt empfinden.

Einleitung

Vorausgesagter Prozentsatz an Unzufriedenen (PPD)



- Der PPD ist ein Index, der eine quantitative Voraussage des Prozentsatzes der mit einem bestimmten Umgebungsklima unzufriedenen Personen darstellt, die es als zu kalt oder zu warm empfinden und nach der 7-stufigen Klimabeurteilungsskale in Tabelle 1 entweder mit heiß, warm, kühl oder kalt urteilen. [1]

Lokale thermische Behaglichkeit

Allgemeines



- Werden Raumklimaparameter und Energieverbrauch in kurzen Zeitintervallen erhoben und stehen diese online zu Verfügung, können durch geeignete Regelung und Steuerung - beispielsweise des Luftvolumenstroms der Lüftungsanlage oder der Vorlauftemperatur der Heizungsanlage – der Komfort für die Nutzer positiv beeinflusst werden.

Lokale thermische Behaglichkeit

Allgemeines



- Durch prädiktive Regelungen – beispielsweise in Abstimmung mit der Wettervorhersage - lassen sich, neben einer Komforterhöhung auch erhebliche Energieeinsparungen realisieren.

Lokale thermische Behaglichkeit

Methodik

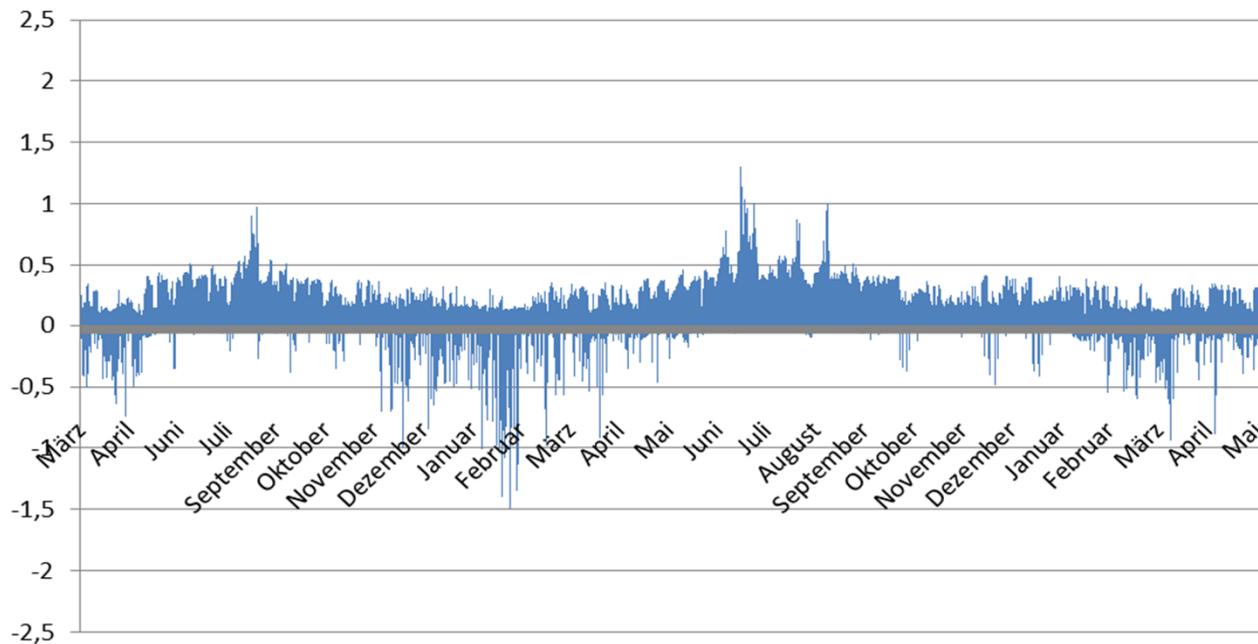


- Retrospektiv kann aus gemessenen Daten (Raumlufthtemperatur, Raumlufffeuchte), abgeleiteten Größen (aus Messgrößen berechnete Größen, wie. z.B. Oberflächentemperatur) ein warmes und kaltes Unbehaglichkeitsempfinden, des Körpers, ausgedrückt durch PMV und PPD-Index, berechnet und zur Beurteilung des tatsächlichen Komforts herangezogen werden.

Lokale thermische Behaglichkeit Methodik



PMV - Index
Wohnung 6



*Auf Basis von
Messdaten berechneter
PMV - Index*

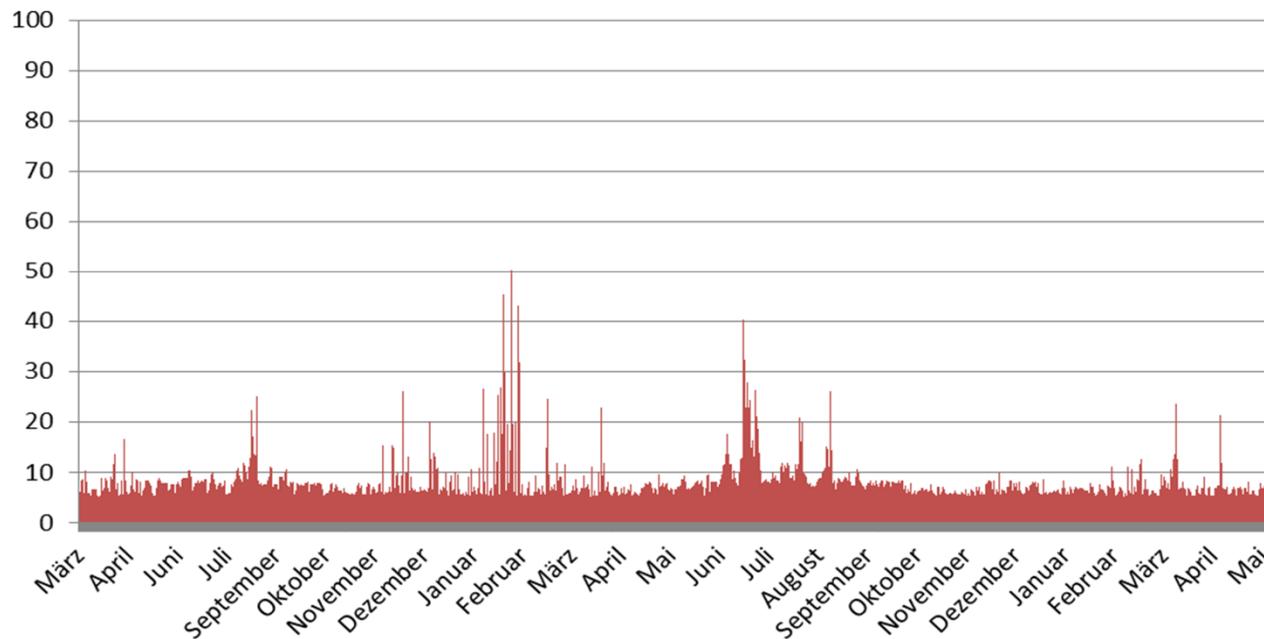
■ W6pmv

Lokale thermische Behaglichkeit

Methodik



PPD - Index
Wohnung 6



Auf Basis von
Messdaten berechneter
PPD - Index

■ W6ppd

Lokale thermische Behaglichkeit



- Aus den gemessenen Daten (Raumlufthtemperatur, Raumlufftfeuchte) und daraus abgeleiteten Größen (z.B. Oberflächentemperatur) lassen sich ein warmes und kaltes Unbehaglichkeitsempfinden des Körpers berechnen, und ausgedrückt durch PMV- und PPD-Index, zur Beurteilung des tatsächlichen Komforts heranziehen.

Lokale thermische Behaglichkeit



- Für die Beurteilung der Ergebnisse ist neben der Kenntnis der räumlichen Situation und der technischen Ausrüstung, z.B. die Art der Lüftung der einzelnen Räume von essenzieller Bedeutung.

Lokale thermische Behaglichkeit

Darstellungsform



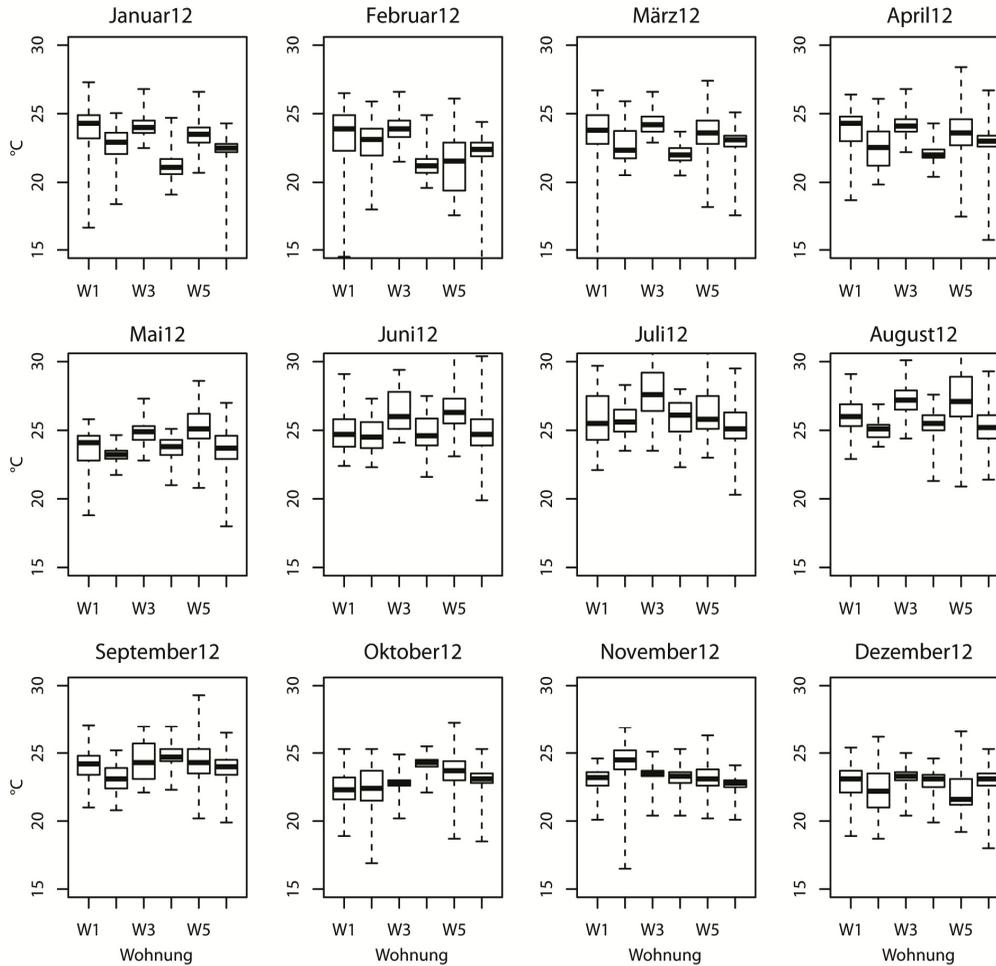
- Je nach Fragestellung sind unterschiedliche Darstellungsformen für die Beurteilung zielführend. Eine Darstellung der Rohdaten Temperatur, relative Luftfeuchte und CO₂-Konzentration im zeitlichen Verlauf ist hinsichtlich thermischer Behaglichkeit schwer beurteilbar.
- Auch eine Darstellung der Raumtemperatur über der Außenlufttemperatur (wie bei [3]) zur Darstellung des thermischen Komforts ist schwer lesbar bzw. interpretierbar.

Lokale thermische Behaglichkeit

Darstellungsform



- Bereits eine geringe Aufbereitung der Daten, erhöht die Aussagekraft. Werden mit Hilfe der Rohdaten entsprechend [1] PMV- und PPD-Index berechnet, kann die Lesbarkeit weiter verbessert und eine qualitative wie auch quantitative Aussage hinsichtlich des Komforts getroffen werden.



Temperatur Raumluf in den Monaten des Jahres 2012, Vergleich gemessener Wohnungen

Lokale thermische Behaglichkeit

Darstellungsform



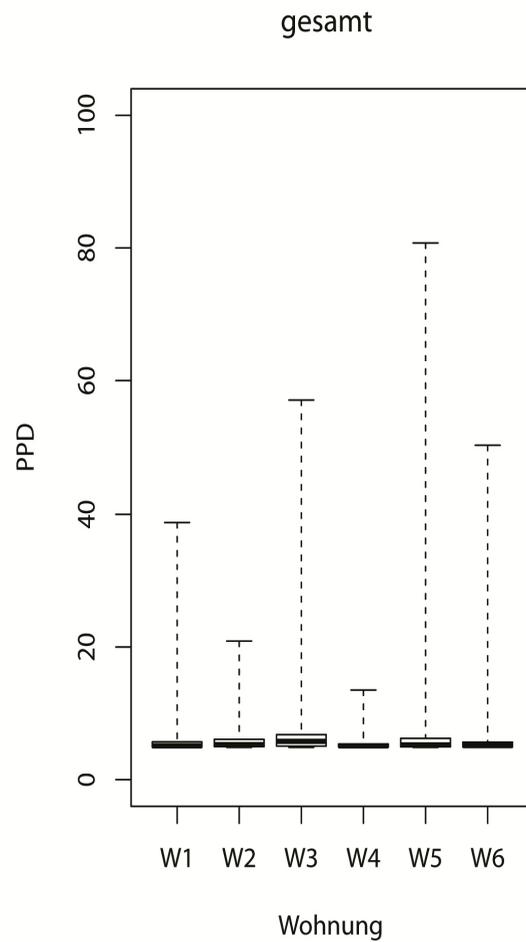
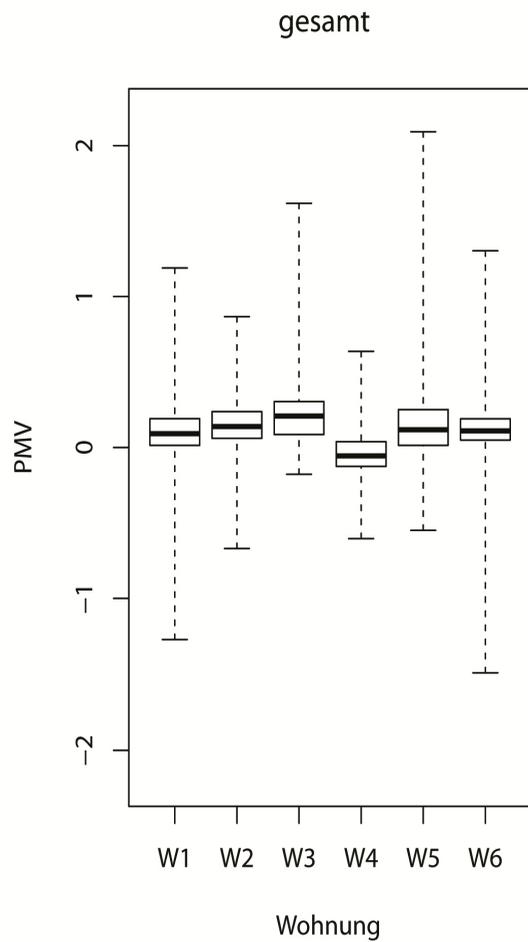
- tabellarischen dokumentierte Rohdaten (hier Innenraumluft-Temperatur) statistisch aufbereitet für einzelne Monate dargestellt.
- Zur direkten Vergleichbarkeit der Daten wurden die beobachteten Wohnungen jeweils in einem Diagramm dargestellt. Für die Beurteilung der Rohdaten bzw. der daraus abgeleiteten Größen (PMV- und PPD-Index) sinnvoll.
- Dadurch können neben qualitativen Aussagen auch quantitative Schlussfolgerungen gezogen werden.

Lokale thermische Behaglichkeit

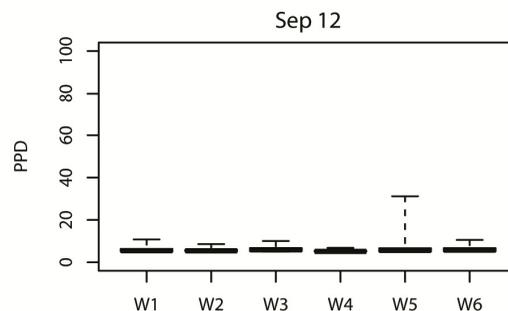
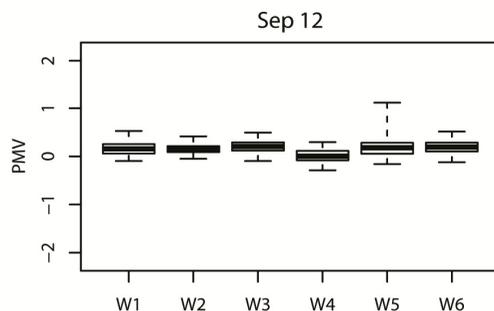
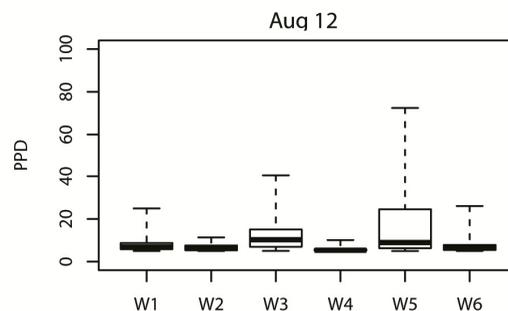
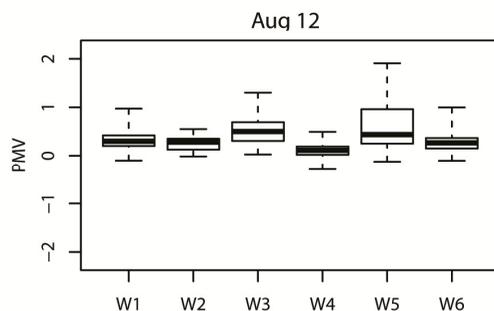
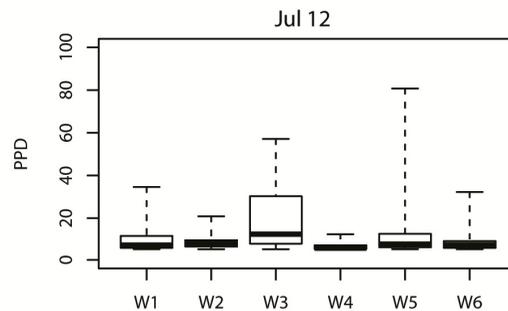
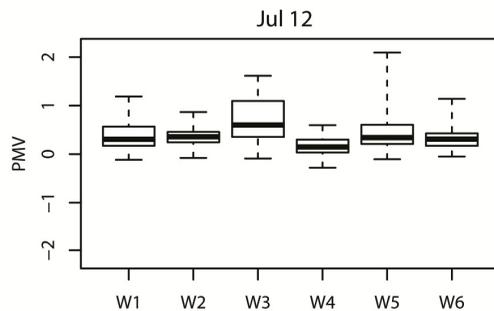
Betrachtungszeitraum



- Je nach Fragestellung sind unterschiedliche Betrachtungszeiträume für die Beurteilung zielführend.
- Während für eine grobe Abschätzung der Gesamtsituation die Abbildung des gesamten Betrachtungszeitraums bzw. zielführend sein kann, ist für eine detaillierte Analyse, Beurteilung und Optimierung eine Darstellung in kleineren Zeitschritten, beispielsweise auf Monatsbasis erforderlich.



PMV¹, PPD² gesamter Betrachtungszeitraum, Vergleich der gemessenen Wohnungen



PMV¹, PPD² Betrachtungszeitraum, Juli, August, September, Vergleich der gemessenen Wohnungen

Lokale thermische Behaglichkeit –Insitu-Verfahren

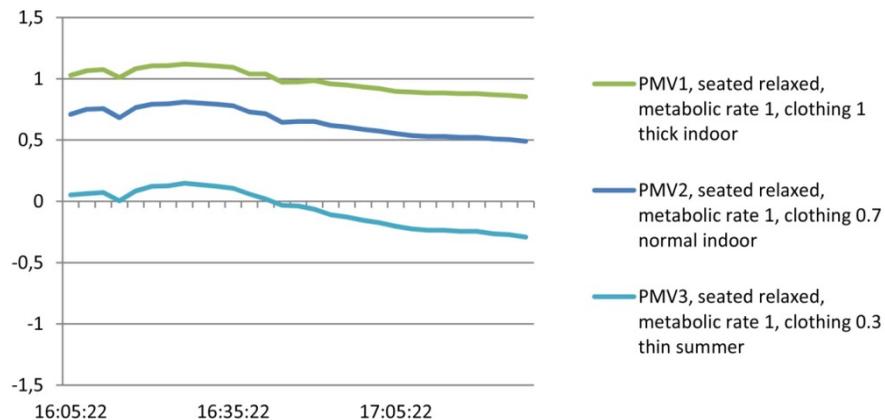
Komfortbeurteilung vor Ort



- Für die Bestimmung der thermischen Behaglichkeit vor Ort stehen Multifunktions-Messgeräte zur Verfügung, die auf Basis der ermittelten Messgrößen (u.a. Raumlufgeschwindigkeit, Raumlufffeuchte, Raumlufftemperatur) PMV- und PPD-Index.

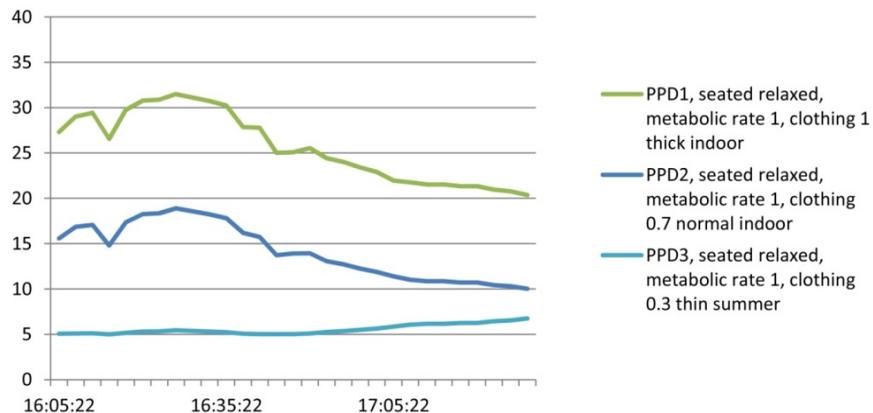


PMV-Index



Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV-Index mittels Swema ISO 7730 Mess-System

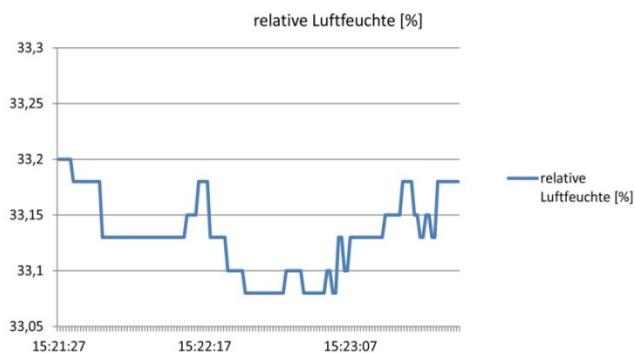
PPD-Index



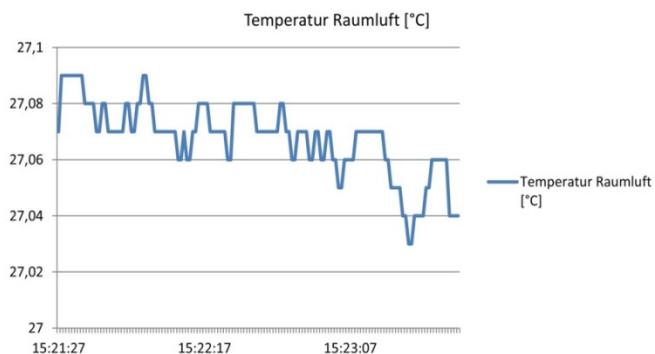
Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PPD-Index mittels Swema ISO 7730 Mess-System



Messung Luftgeschwindigkeit [m/s], Sensor Swema 03+, Swema ISO 7730 Mess-System



Messung relative Luftfeuchte [%], Sensor Hygroclip Rotronic HC-2, Swema ISO 7730 Mess-System



Messung Temperatur Raumluft [°C], Sensor Hygroclip Rotronic HC-2, Swema ISO 7730 Mess-System

Lokale thermische Behaglichkeit –Insitu-Verfahren

Komfortbeurteilung vor Ort



1) Vorausgesagtes mittleres Votum (PMV)

PMV ist eine auf Versuchsreihen basierende empirische Größe, die Aussagen über das thermische Behaglichkeitsempfinden im Untersuchungsgebiet ermöglicht. Da diese Größe eine Vielzahl von Einflussgrößen, wie die Luft- und Strahlungstemperatur, die Luftgeschwindigkeit, die Bekleidung sowie die Aktivität der Personen berücksichtigt, ist sie als ein summatives Behaglichkeitskriterium aufzufassen. PMV kann entsprechend der 7-stufigen Beurteilungsskala Werte von -3 (kalt) bis +3 (heiß) annehmen, wobei 0 als thermisch neutral, also uneingeschränkt behaglich einzustufen ist. (vgl. [2])

Lokale thermische Behaglichkeit –Insitu-Verfahren

Komfortbeurteilung vor Ort



2) Vorausgesagter Prozentsatz an Unzufriedenen (PPD)

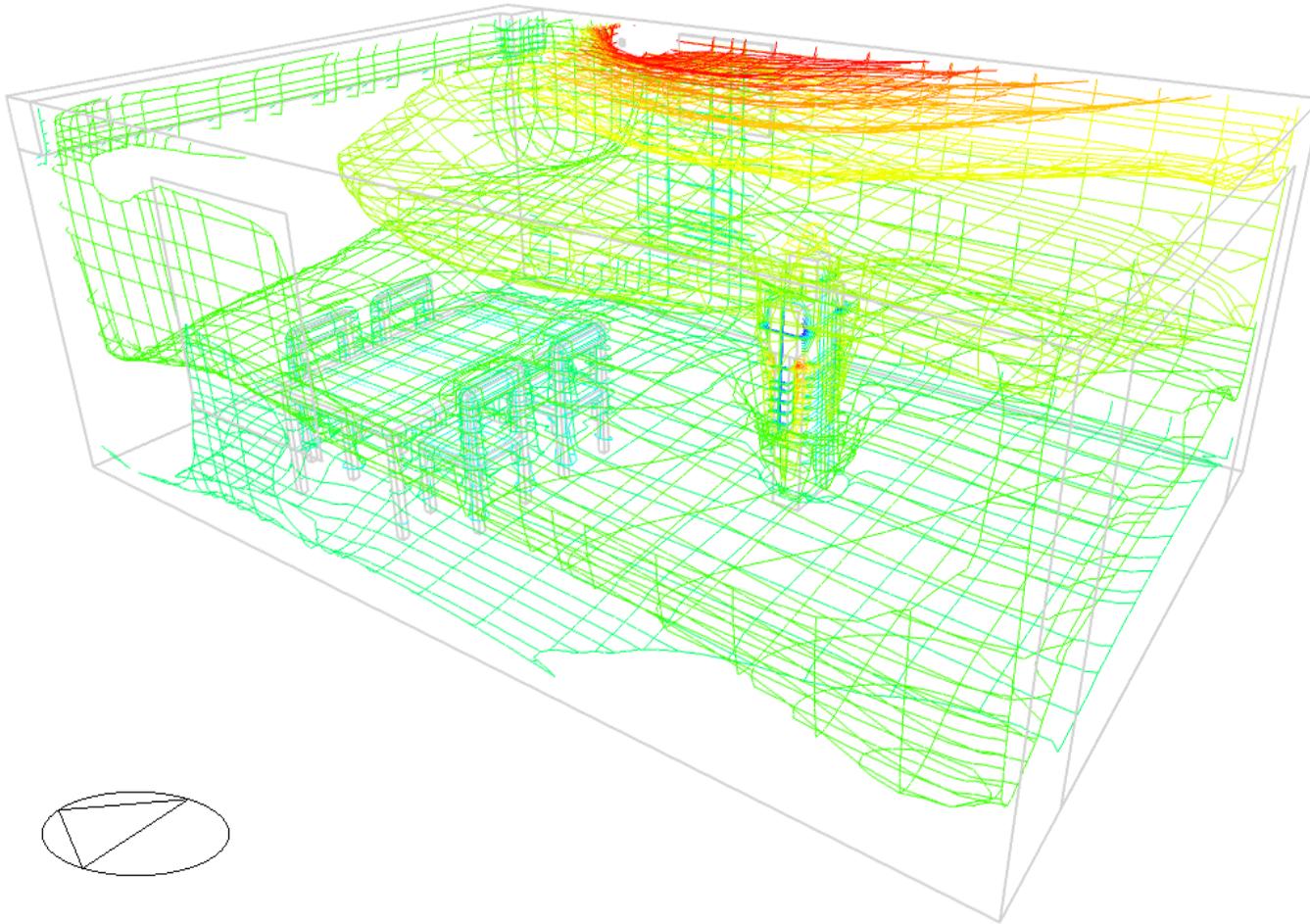
Das PMV sagt die durchschnittliche Komfortbeurteilung einer großen Gruppe von Personen voraus, die dem gleichen Umgebungsklima ausgesetzt sind. Einzelne Urteile streuen jedoch um diesen Mittelwert und es ist nützlich, die Anzahl der Personen voraussagen zu können, die das Umgebungsklima wahrscheinlich als zu warm oder zu kalt empfinden.

Der PPD ist ein Index, der eine quantitative Voraussage des Prozentsatzes der mit einem bestimmten Umgebungsklima unzufriedenen Personen darstellt, die es als zu kalt oder zu warm empfinden und nach der 7-stufigen Klimabeurteilungsskala in Tabelle 1 entweder mit heiß, warm, kühl oder kalt urteilen. [1]

Gegenüberstellung Berechnung und Messung



- Wird bei der Komfort-Messung ein hoher Diskomfort festgestellt kann mittels Simulationen das thermische Raumverhalten detailliert analysiert und Verbesserungs-Maßnahmen (z.B. hinsichtlich Wärmeabgabe und Verteilung im Raum) auf Ihre Wirksamkeit hin untersucht werden.



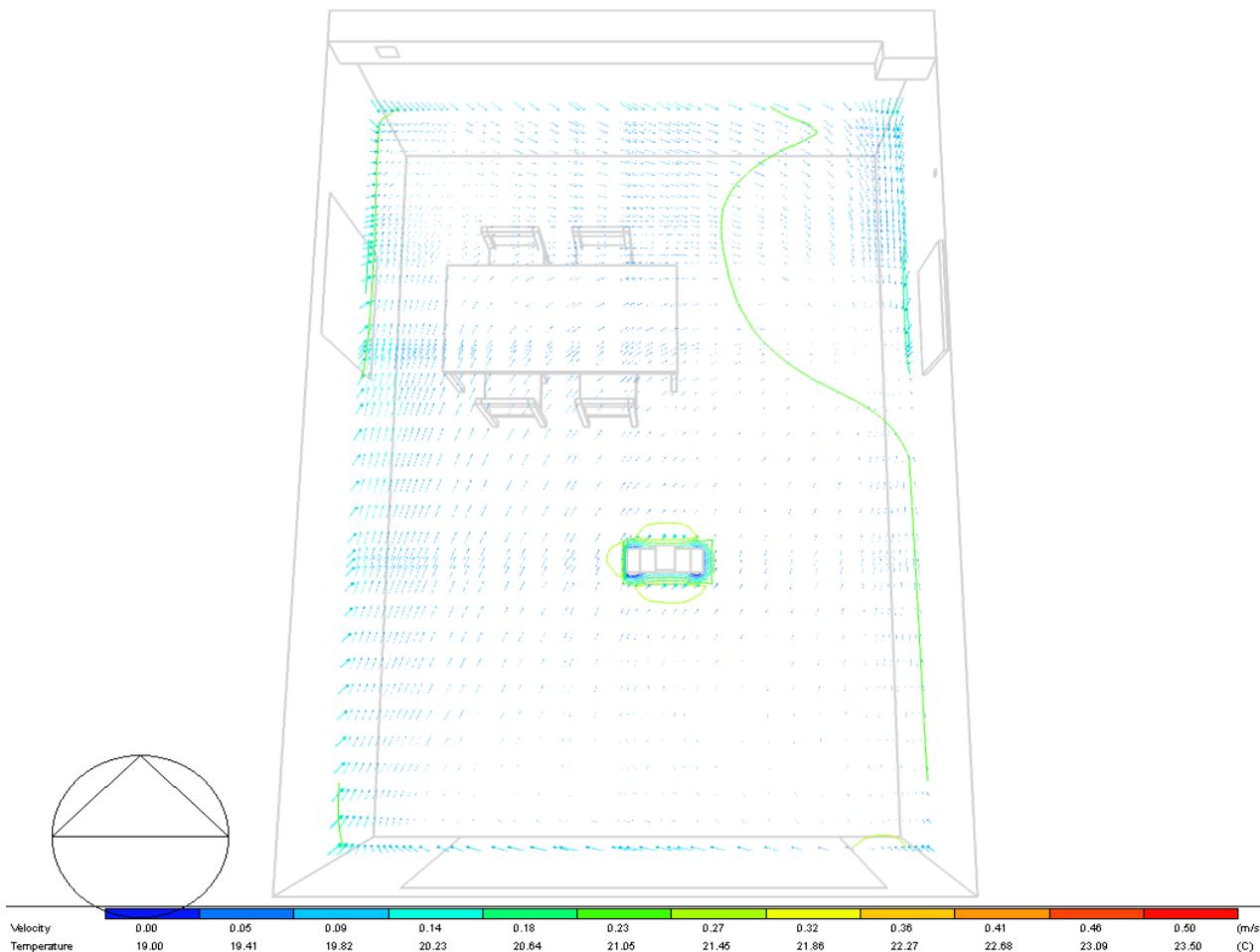
Konturen Isothermen
Lufttemperatur, Skala 19-23,5°;
Berechnung und Darstellung
Softwarepaket Design Builder



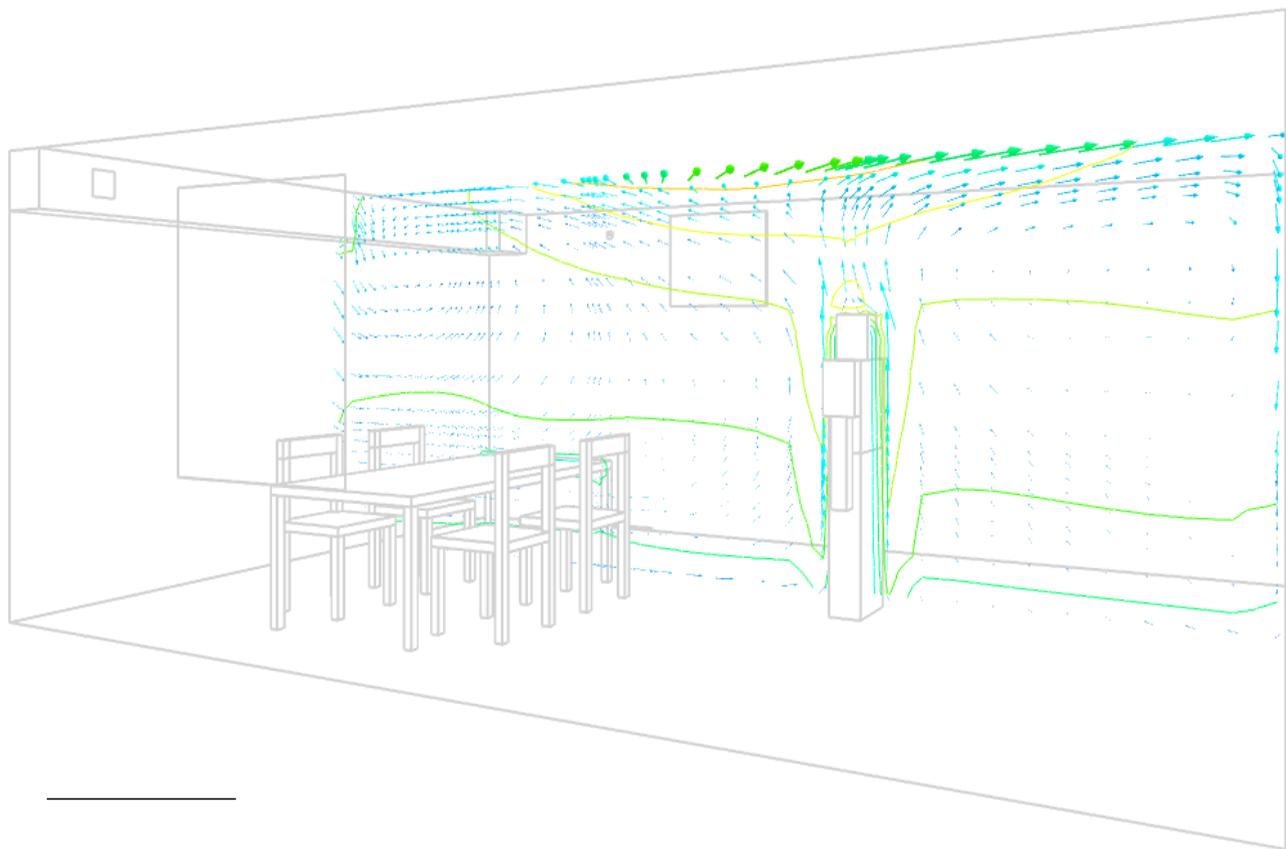
08.01.2020

FH Salzburg · Smart Building Constructions 2 · Tobias Steiner

35

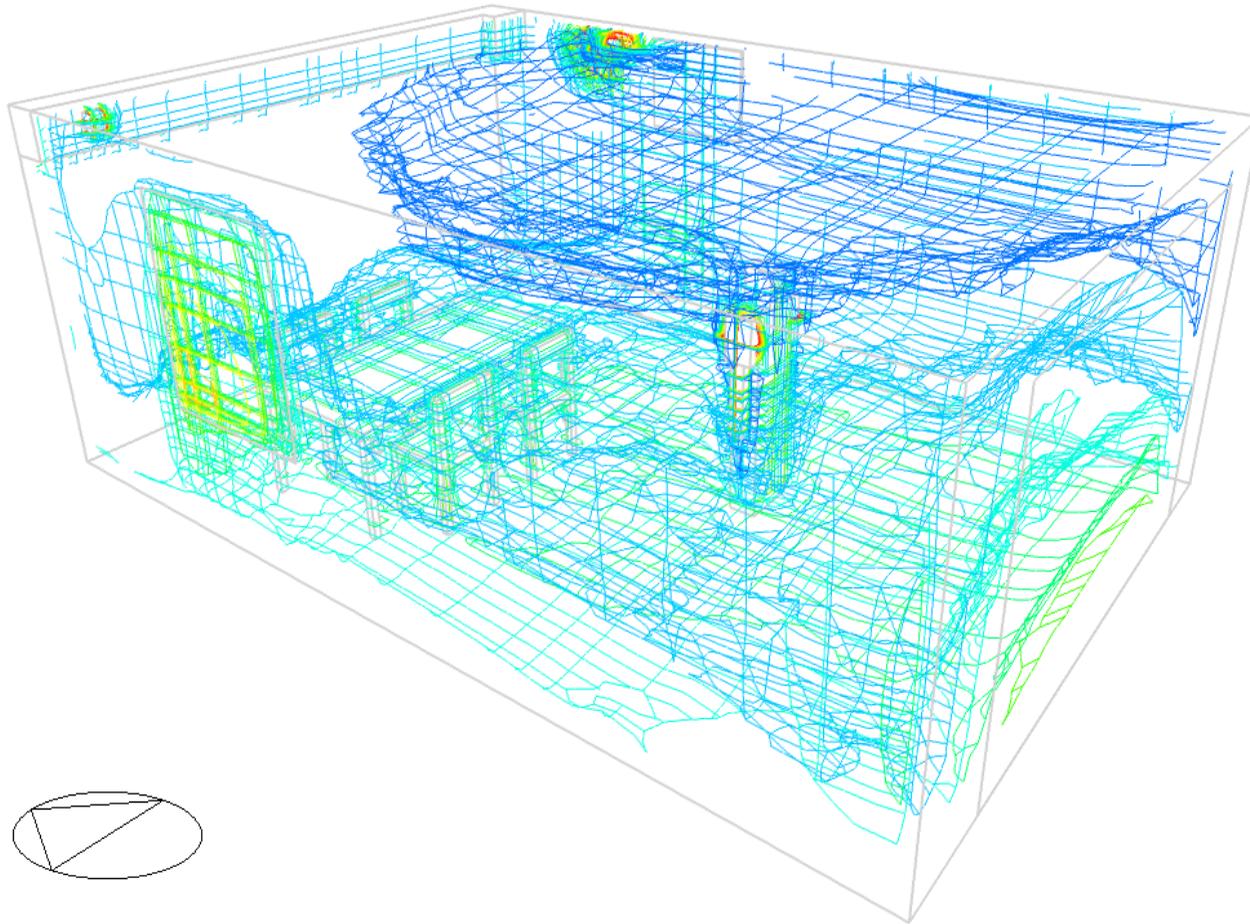


Luftgeschwindigkeit (Pfeile)
und Lufttemperatur
Schnitthöhe 1,25 m, Skala 19-
23,5°C; Berechnung und
Darstellung Softwarepaket
Design Builder



Luftgeschwindigkeit (Pfeile)
und Lufttemperatur Schnitt
vertikal, Skala 19-23,5°C;
Berechnung und Darstellung
Softwarepaket Design Builder





Konturen PPD-Index, Skala 5-10 %; Berechnung und Darstellung Softwarepaket Design Builder



Gegenüberstellung Berechnung und Messung



- Systeme der Wärmebereitstellung und Lüftung können ebenso wie die klimatischen und baulichen Randbedingungen detailliert modelliert und für einen kritischen Zeitpunkt - beispielsweise einem kalten Wintertag - simuliert und die empfundene Temperatur sowie der lokale Komfort – gemäß EN ISO 7730 - für den gesamten Raum berechnet und dargestellt werden.

Literatur



1. *ÖNorm, ÖNorm 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, 2006.*
2. *Waltjen, T., et al., Handbuch Komfort für Passivhaus-Büros. 2011, Wien: IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie.*
3. *Leitfaden - Ergebnisse der messtechnischen Begleituntersuchungen von "Haus der Zukunft" - Demonstrationsbauten.*

Literaturempfehlung

Smart Building Constructions 2



Ökologie und Ökonomie des Dämmens

Analyse und Bewertung von Dämmmaßnahmen in der Altbausanierung

Fraunhofer IRB Verlag, 2018, 306 Seiten EUR 69,00



Unterlagen

Smart Building Constructions 2



www.introversiv.at

<http://www.introversiv.at/blog/lehre/smart-building-constructions-2/>

