



N. Harder, H. Röseler

## Eine Methode zur Beurteilung klimagerechter Bauweisen in verschiedenen Klimazonen

### 1. Einleitung

Klimagerechtes Bauen gewinnt immer mehr an Bedeutung. Schon über Jahrhunderte hinweg passen Menschen ihre Lebensräume den klimatisch vorherrschenden Bedingungen an. Wenn die temporären oder permanenten klimatischen Bedingungen in einer Region für die von den Nutzern als komfortabel empfundenen Bereiche abweichen, muss das Innenraumklima durch entsprechende Maßnahmen konditioniert werden. Die Aufgabe des klimagerechten Bauens besteht darin, mit konstruktiven Mitteln (passive Gebäudeperformance) mit einem Mindesteinsatz diverser Energieträger und einem maximalen Anteil regenerativer Energien komfortable Innenraumverhältnisse herzustellen. Ein wichtiges Prinzip des klimagerechten Bauens ist „zuerst klimagerecht bauen, dann Bauwerksgerecht klimatisieren“. Moderne Entwürfe missachten teilweise die klimagerechten Grundprinzipien und kompensieren Konsequenzen falsch getroffener bauphysikalischer Entscheidungen durch haustechnische Anlagen. Diese Tendenz ist weder wirtschaftlich noch nachhaltig. Für eine gelungene Planung und Ausführung ist es notwendig, die örtlichen und klimatischen Gegebenheiten zu berücksichtigen.

### 2. Ziel der Arbeit

Im Rahmen der Arbeit [1] wurde untersucht, inwieweit die Behaglichkeitskriterien Temperatur, relative Luftfeuchte, Predicted mean vote (PMV), Predicted Percentage of dissatisfied (PPD) dazu dienen, eine geeignete Methode zur Beurteilung des oben genannten Prinzips zu entwickeln. Ziel hierbei war es zu prüfen, ob sich ein Verfahren finden lässt, welches feststellen kann, ob das sich einstellende Innenraumklima gegenüber dem Außenklima behaglicher ist.

### 3. Untersuchungsrahmen

Anhand von Simulationen in WuFi Plus [2] ist untersucht worden, ob sich eine Leitgröße „Behaglichkeitsquotient“ zur klimagerechten Beurteilung der reinen baulichen Qualität eines Gebäudes herleiten lässt. Der Behaglich-

keitsquotient gibt das Verhältnis zwischen der Behaglichkeit innen zu außen an. Dazu wurde für vier repräsentative Standorte aus unterschiedlichen Klimazonen (Norilsk, Stuttgart, Manaus und In Salah) jeweils ein Einraummodell entworfen. Bild 1 stellt das für In Salah entworfene Modell dar.

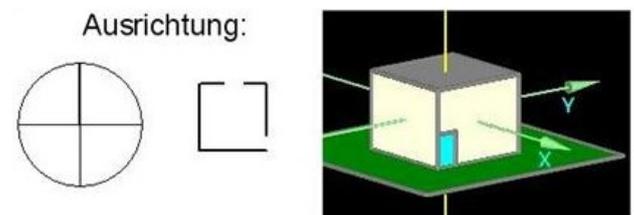


Bild 1: Ausrichtung und Abbildung des Einraummodells In Salah.

Die Modelle wurden dabei in den vier oben genannten Klimazonen untersucht. Sie waren unter anderem an die Grundsätze des klimagerechten Bauens unter Berücksichtigung der Ausrichtung, der Geometrie, der Materialwahl und des Sonnenschutzes den verschiedenen Klimata anzupassen. Ferner waren dabei verschiedene Konstruktionsarten, sogenannte Varianten zu prüfen. Modelle mit signifikanten Ergebnissen sind näher betrachtet worden. Die Bestimmung der Behaglichkeit hinsichtlich des thermischen und hygrischen Komforts erfolgte über einen einjährigen Nutzungszeitraum. Dabei wurde ausschließlich das sich einstellende Innenraumklima ohne Einsatz maschineller Kühl-, Heiz- sowie Lüftungsanlagen betrachtet. Für die Bewertung der Parameter (Temperatur, relative Luftfeuchte, PMV und PPD) und die Betrachtung derer Zusammenhänge wurden verschiedene Ansätze in Erwägung gezogen. Grundlage zur Klassifizierungen der Einflussgrößen war die DIN EN ISO 7730 [3]. In dieser wird das Kriterium Behaglichkeit nach den Bereichen „behaglich“, „noch behaglich“ und „unbehaglich“ bewertet. Die Bestimmung des PMV erfolgte mit Hilfe der Gleichung nach Fanger. Hierbei wurde die obere Grenze mit 3 als heiß und die untere Grenze mit -3 als kalt definiert.

#### 4. Behaglichkeit und PMV

Im Folgenden werden die Behaglichkeits- und PMV-Ergebnisse anhand des Beispielstandortes In Salah diskutiert. In Tabelle 1 sind Behaglichkeitsquotienten der Bereiche „behaglich“, „noch behaglich“ sowie deren Summen dargestellt. Dabei wurden zwei verschiedene Dachkonstruktionen untersucht. Die Dachkonstruktion In Salah 1 besteht aus einem 40 cm starken Sandwich-Konstruktion (Beton-Dämmung-Beton), während In Salah 2 als einschalige 24 cm massive Betondecke ausgeführt ist. Die Konstruktion In Salah 1 konnte in Summe aus behaglich und noch behaglich eine 2,79 fache Verbesserung gegenüber dem Außenklima erzielen. Die massive 24 cm dicke Betonkonstruktion (In Salah 2) kann – ebenfalls durch die große Speichermasse – eine deutliche Verbesserung um den Faktor 2,65 erreichen.

**Tabelle 1:** Behaglichkeitsquotienten (innen/außen) für die Bereiche behaglich, noch behaglich und deren Summe.

Variante	Standort	Behaglichkeitsquotient [-]		
		behaglich	noch behaglich	Summe
In Salah 1	In Salah	1,40	1,39	2,79
In Salah 2		1,30	1,35	2,65

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Predicted mean vote (PMV) im Bereich von -1 bis 1. Hierfür wurden 8760 Stundenwerte des Simulationsjahres der beiden Varianten sowie die des Außenklimas ausgewertet. Dabei erlangte die zweischalige Konstruktion In Salah 1 eine vierundsiebzigfache (73,85) Verbesserung gegenüber dem Außenklima. Ebenfalls schneidet In Salah 2 (73,50) gleich gut ab.

**Tabelle 2:** PMV für außen und innen sowie das PMV-Verhältnis (innen/außen) für den Bereich -1 bis 1.

Variante	Standort	Absolute Häufigkeit PMV von -1 bis 1 [-]		Verhältnis (innen/außen) [-]
		außen	innen	
In Salah 1	In Salah	20	1477	73,85
In Salah 2			1470	73,50

Bei der Betrachtung arithmetisch gemittelter PMV-Werte besteht die Gefahr, dass Perioden extremer Kälte und Hitze zu einem nicht aussagekräftigen Ergebnis führen. Dies geschieht durch die gegenseitige Eliminierung der positiven und negativen Extremwerte. Aus diesem Grund

sind die absoluten Zahlenwerte (Tabelle 2) betrachtet worden. Für In Salah 1 ergibt sich daraus, dass ein PMV zwischen -1 und 1 zu 16,86 % im Vergleich zum Außenklima mit 0,002 % bedeutend höher liegt. Variante In Salah 2 erzielt mit 16,78 % ebenfalls ein gutes Ergebnis.

#### 5. Fazit

Es konnte keine allgemein aussagekräftige Leitgröße gefunden werden. Gerade unter extrem konstanten Klimabedingungen ergaben sich keine aussagekräftigen Werte. Günstige Ergebnisse hingegen ergaben sich unter den alternierenden Klimabedingungen Stuttgarts und In Salahs. Das nicht konditionierte Gebäude kann solche Klimaverhältnisse durch seine Speichermassen ausgleichen. Darüber hinaus wurde ersichtlich, dass in extremen Klimata nur mit Anlagentechnik ein behagliches Klima erzielt werden kann.

Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, sollten mehrere Variante und Modelle sowie gegebenenfalls weitere weniger extreme Klimazonen betrachtet werden. Für die Bewertung extremer Klimasituationen, wie es in Norilsk oder Manaus der Fall ist, muss die Bewertung der Anlagentechnik mit einfließen. Weiterhin besteht bezüglich der Konstruktionen Optimierungsbedarf. Ferner wäre ein Abgleich zwischen den Simulationsergebnissen (Modell) mit den tatsächlichen sich im Innenraum einstellenden Klimaverhältnissen (Messungen) anzustreben. Abschließend ist der Zusammenhang zwischen passiver Gebäudeperformance und dem Energiebedarf zu prüfen. Hinsichtlich extremer Klimata ist ein Mindesteinsatz technischer Anlagen ebenfalls zu untersuchen.

#### Literatur

- [1] Harder, N.: Entwicklung einer Methode zur Beurteilung der klimagerechten Bauweise mittels unterschiedlichen Behaglichkeitskriterien in verschiedenen Klimazonen. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2012).
- [2] WUFI Plus – Software zur Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen und Gebäuden, Fraunhofer-Institut für Bauphysik (2012).
- [3] 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. Beuth Verlag, Berlin (2005).



**Universität Stuttgart**  
Lehrstuhl für Bauphysik

### Lehrstuhl für Bauphysik

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer

70569 Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, Tel.: 0711/685-66578, Fax: 0711/685-66583

Email: bauphysik@lbp.uni-stuttgart.de