



*Dr. Pekka Peura
UPM-Kymmene Wood
Products
Helsinki, FIN*

Ideen für Inneneinrichtungen / Innenausbau aus Holz

Ideen für Inneneinrichtungen / Innenausbau aus Holz

Der individuelle Innenausbau ist eines der größten und interessantesten Aufgabengebiete kleinerer und mittleren Holzverarbeitungsbetriebe. In Deutschland wird rund 9 Mio. m³ Holz im Neubau verwendet, davon ungefähr 1 Mio. m³ im Innenausbau. In der Renovierung sind die entsprechenden Zahlen 1,6 Mio. m³ und 0,5 Mio. m³. Obwohl die Gestaltung des Innenausbaus vom Trend abhängt, bleiben die einzelnen Konstruktionsdetails über längere Zeit im Wesentlichen unverändert. Man kann davon ausgehen, dass kein relevantes Wachstum des Volumens zu erwarten ist, wenn man keine neuen Argumente hervorbringen kann.

Alle Baustoffe und Bauweisen lassen sich als Mischung von fünf Qualitäts- und Identitätsdimensionen erfassen. Das sind die technische, ästhetische, ethische, ökonomische und ökologische Dimension. Hölzerne Inneneinrichtungen werden in vielen europäischen Ländern vorzugsweise aus ästhetischen und ökonomischen Gründen ausgesucht. In diesem Referat wird doch beinahe ausschließlich die technische Dimension behandelt, weil die wissenschaftlichen Simulationen, die in Finnland ausgeführt worden sind, starke Hinweise darauf geben, dass Holz ein "funktionales"¹ Material sei. In diesem Fall kann das Holz seine Position auf dem Markt des Innenausbaus erheblich verbessern. Die Simulationen deuten darauf hin, dass die hölzernen Inneneinrichtungen z. B. die Feuchtigkeit und Temperatur eines Wohnraumes bedeutend stabilisieren können. Was wir jetzt in der Hand haben und was hier referiert wird, sind nur erste wissenschaftliche Andeutungen; der Branche bleibt die Verantwortung, die Richtigkeit dieser wissenschaftlichen Vermutungen mit weiterer praxisorientierter Forschung zu bestätigen und das Wirtschafts- und Gewinnpotential zu realisieren.

1. Neue Mittel zum Verstehen der Auswirkungen der Innenklima

In einer Wand laufen äußerst komplexe Prozesse im Feuchtetransport ab, die Einfluss auf die Feuchtigkeit des Raumes haben. Die Feuchtigkeit hat wiederum eine bedeutende Wirkung auf

- den Komfort des Einwohners (Bild 1)
- die von dem Einwohner empfundene Qualität der Luft (Bild 2)
- die Gesundheit des Einwohners (Bild 3)
- die Emissionen von Materialien
- den Energieverbrauch (Bild 4)
- den Bestand und die Haltbarkeit des Gebäudes.

Die Entwicklung der Computer hat ermöglicht, diese komplexen Prozesse und ihre Wirkungen durch Simulation zu untersuchen. Ein solches Studium (Simonsen et. al. 2001) hat bewiesen, dass hölzerne Baumaterialien ausgleichend die Innenklima des Wohnraumes beeinflussen. Der umfangreiche Report dieses Studiums (300 Seiten) ist auch im Internet unter

<http://www.inf.vtt.fi/pdf/publications/2001/P431.pdf>

zu lesen. Hier wird nur über einige der wichtigsten Ergebnisse des oben genannten Studiums – von Gesichtspunkt des Holzes aus – referiert.

¹ Mit einem funktionalen Material ist hier die Ähnlichkeit mit sog. Gesundheitsfördernden Lebensmitteln, die auf den Markt in den letzten Jahren lanciert worden sind, gemeint.

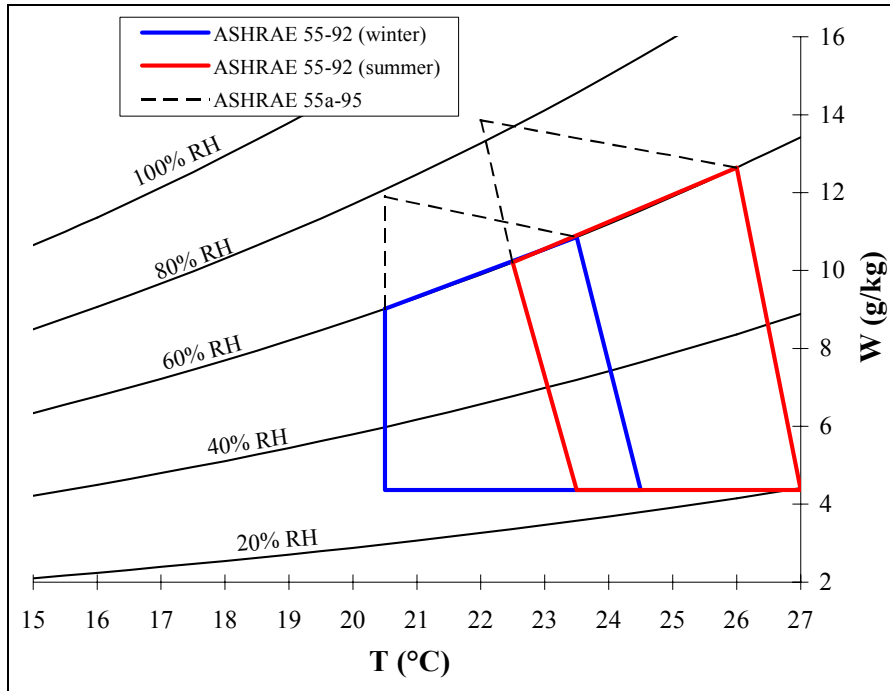


Bild 1. In den USA definiert der Standard (ANSI/ASHRAE Standard 55-1992) den Behaglichkeitsbereich des Einwohners im Rahmen der Temperatur (T) und relativer (RH) und absoluter (W) Feuchtigkeit.

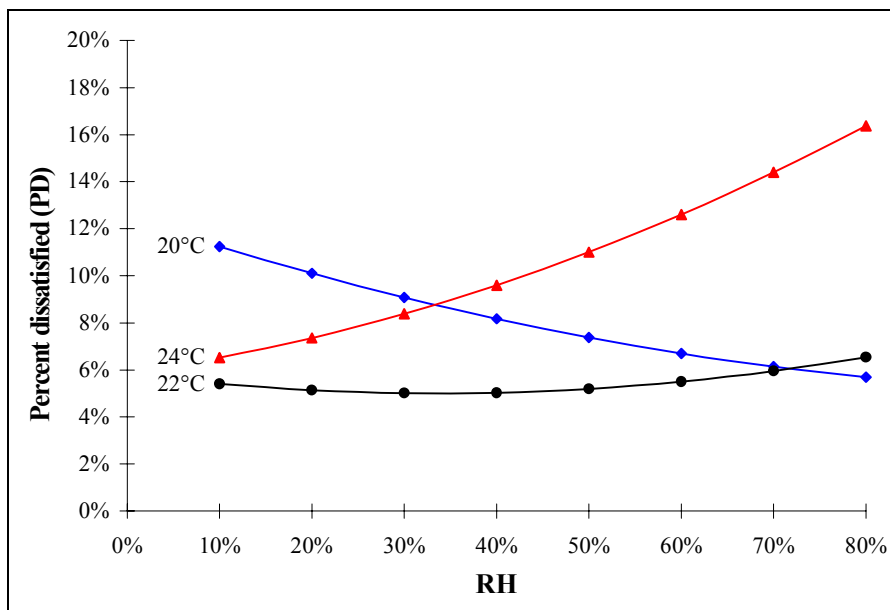


Bild 2. Entsprechend dem Standard ISO 7730-1994 hat man einen Index der Unzufriedenheit mit der Inneneinrichtung entwickelt. Dieser Index bezeichnet den Anteil (%) der Personen, die unzufrieden mit der Temperatur und der Feuchtigkeit der Inneneinrichtung sind. In diesem Bild ist der Index als Funktion von Temperatur und relativer Feuchtigkeit (RH) dargestellt. In höheren Temperaturen ist man empfindlicher gegen Feuchtigkeit als in niedrigen Temperaturen.

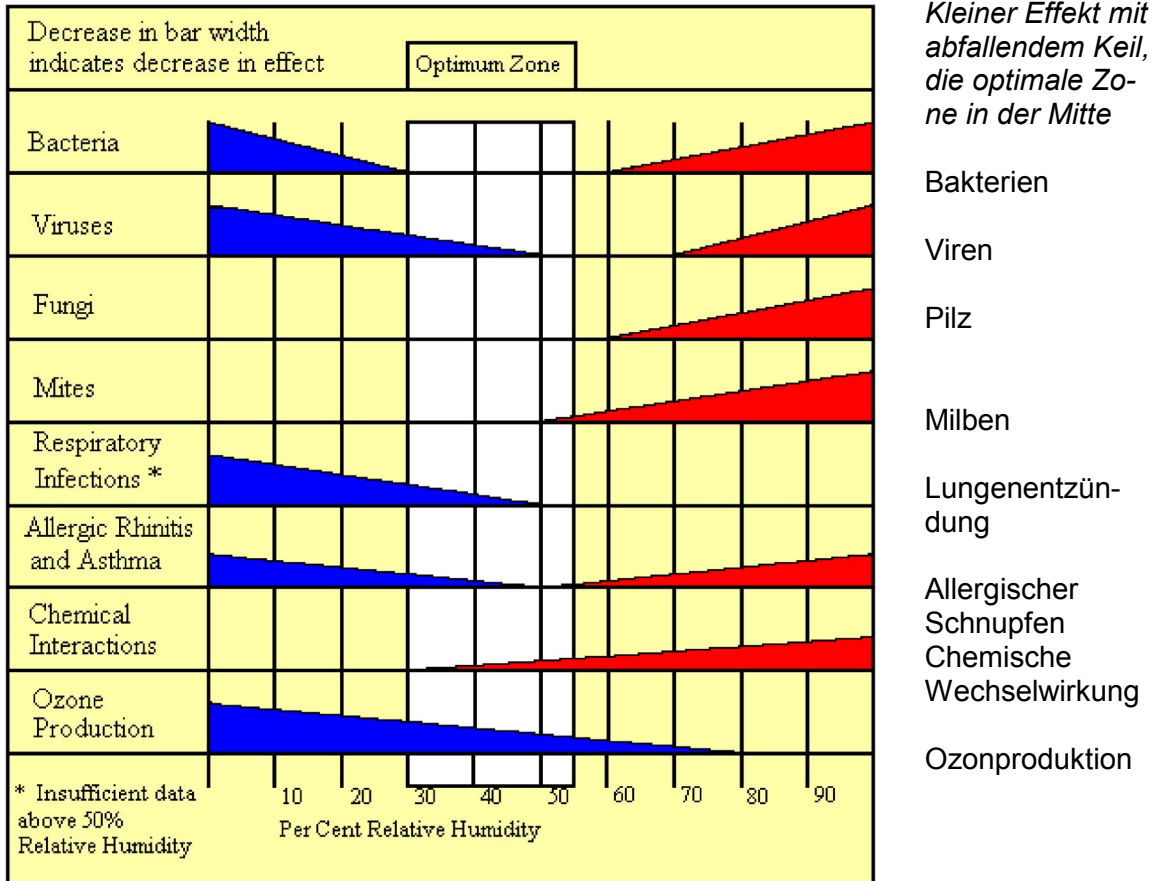


Bild 3. Die Wirkung der Feuchtigkeit auf verschiedene Gesundheitsparameter. Die optimale relative Feuchtigkeit ist zwischen 30 % und 55 %.

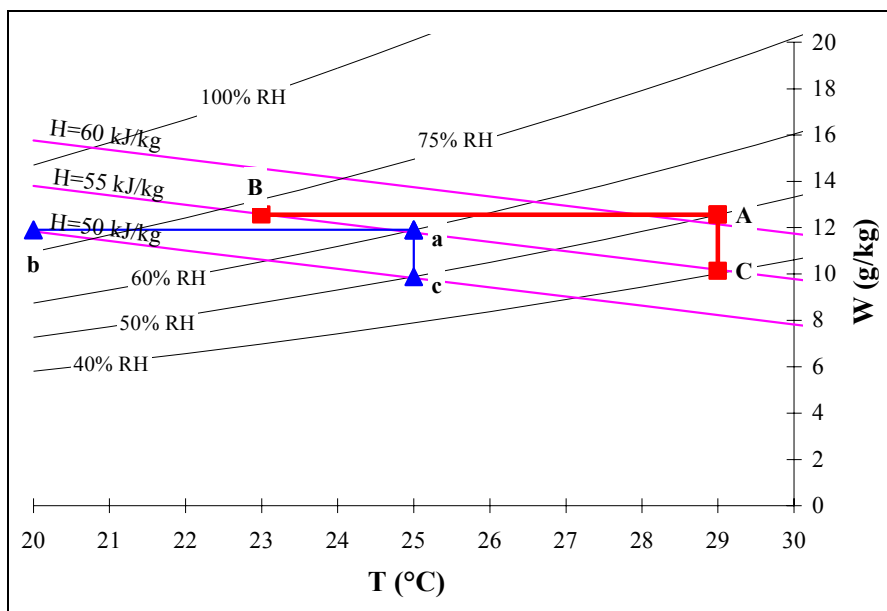


Bild 4. Die Veränderung der Enthalpie ("Wärmeinhalt" H, von 60 kJ/kg zu 50 kJ/kg, A-B.), die oft mit Klimaanlage erzeugt wird, kann in derselben Temperatur mit der Verminderung der relativen Feuchtigkeit mit 10 Prozenteinheiten (a-c) erreicht werden.

1.1 Allgemeine Hypothesen und Randbedingungen der Simulation

Im Studium wurde die feuchttechnische Operation eines Schlafzimmers in verschiedenen Außenklimaverhältnissen, mit verschiedenen Materialkombinationen und mit unterschiedlichen Luftwechselzahlen (Luftwechselraten) und Feuchteproduktionen durchgeführt. Das Ziel war, die Funktion der Wandverkleidungen mit diffusionsoffenen und dampfsperrenden Oberflächen zu vergleichen. Dazu wurde die Wirkung von

- hygroskopischer Wärmedämmung
- verschiedenen Verkleidungsplatten
- Variation der hygroskopischen Fläche
- Diffusionswiderstand der Oberflächen
- thermischer Masse
- verschiedenen Luftwechselraten und
- produzierter Feuchte

auf die Innenklima untersucht. Der Einfluss von Möbeln und Textilien ist nicht berücksichtigt worden.

Der Musterraum wurde in vier verschiedenen geographischen Klimaverhältnissen (Helsinki, Finnland, Saint Hubert, Belgien, Holzkirchen, Deutschland und Trapani, Italien) ausgearbeitet. Man nahm an, dass sich in diesem Schlafzimmer mit einem Volumen von $34,2 \text{ m}^3$ und einer Fläche der inneren Abdeckungen von 60 m^2 zwei Personen 9 Stunden pro Tag (1 Stunde Lesen und 8 Stunden Schlafen) aufhalten. Die folgenden Ausgangsparameter lagen vor:

- die Abdeckungen, die aktiv den Wasserdampf aufnehmen, speichern und nach einer gewissen Zeit wieder abgeben, waren die Wände und die Decke mit Gesamtfläche von 48 m^2
- die Wasserdampfproduktionsrate war 60 g/h
- die Luftwechselrate war $0,5 \text{ h}^{-1}$
- die Dampfdurchlässigkeit der Wände und der Decke war $5 \times 10^{-9} \text{ kg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa})$.

1.2 Vergleich der diffusionsoffenen und dampfsperrenden Oberschichten

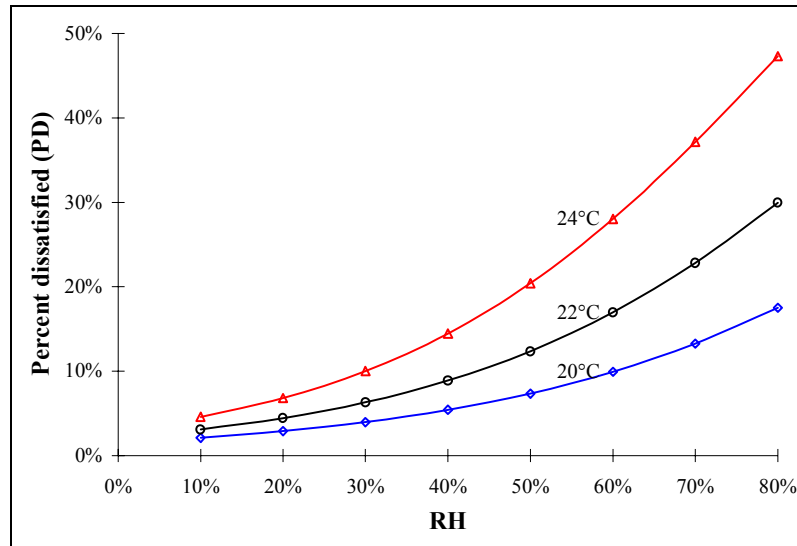
In diesem Kapitel sind die wichtigsten Resultate zusammengefasst worden. Alle Ergebnisse sind nicht referiert worden, sondern nur die sind kurz erwähnt worden, die wichtig für Inneneinrichtungen aus Holz sind.

Temperatur	
<u>Positive Ergebnisse</u>	<u>Negative Ergebnisse</u>
<ul style="list-style-type: none"> • sogar $2 \text{ }^\circ\text{C}$ niedriger nachdem die Außentemperatur gestiegen ist 	<ul style="list-style-type: none"> • sogar $2 \text{ }^\circ\text{C}$ höher, wenn die Feuchtigkeit in den Bau eindringt

Absolute Feuchtigkeit in der Raumluft	
<u>Positive Ergebnisse</u>	<u>Negative Ergebnisse</u>
<ul style="list-style-type: none"> • sogar 1 g/kg weniger 	<ul style="list-style-type: none"> • momentane Variation sogar $\pm 3 \text{ g/kg}$; im Jahresdurchschnitt kein bedeutender Unterschied

Relative Feuchtigkeit	
Positive Ergebnisse	Negative Ergebnisse
<ul style="list-style-type: none"> maximale relative Feuchtigkeit 35 % niedriger im Sommer minimale relative Feuchtigkeit 15 % höher im Winter am Ende des Aufenthalts eine niedrigere relative Feuchtigkeit (20 % im Sommer, 10 % im Winter) rund 7 % niedrigere relative Feuchtigkeit im Sommer 	<ul style="list-style-type: none"> sogar 20 % höhere relative Feuchtigkeit (einige Stunden im Beginn des Aufenthalts) rund 5 % % niedrigere relative Feuchtigkeit im Winter

Der Mechanismus, wodurch die Feuchtigkeit der Innenklima auf dem Komfort des Menschen beeinflusst, ist nicht vollkommen bekannt. Man kennt auch nicht die Wahrnehmungsmechanismen, womit wir die Feuchtigkeit empfinden. Die Feuchte hat nur wenig Einfluss auf die gesamte Behaglichkeit des Menschen, aber bedeutend mehr auf die Behaglichkeit, die durch die Atmung empfunden ist (Bild 5).



5. Die durch die Atmung empfundene Unbehaglichkeit nimmt in höheren Temperaturen bedeutend zu, wenn die relative Feuchtigkeit steigt.

Index der Unzufriedenheit mit der Innenklima	
Positive Ergebnisse	Negative Ergebnisse
<ul style="list-style-type: none"> 11 % – 15 % niedriger je nach der Außenklima 2 % – 3 % niedrigerer Monatsdurchschnitt 1 % – 2 % niedrigerer Jahresdurchschnitt 	<ul style="list-style-type: none"> vorläufig (einige Stunden im Beginn des Aufenthalts, nachdem die Feuchtigkeit der Außenklima gestiegen ist) 6 % – 14 % höher

Variation der hygroskopischen Fläche

Der Zuwachs an der aktiven Fläche hat keinen Einfluss auf die Innenklima, wenn wiederum die Verminderung eine bedeutende Auswirkung hat. Die hygroskopische Fläche hat einen ausgesprochenen Einfluss, wenn die relative Feuchtigkeit hoch ($RH > 60\%$) oder niedrig ($RH < 25\%$) ist.

Variation der thermischen Masse

Mit einer großen thermischen Masse kann man sowohl die hohen als auch die niedrigen Temperaturen in einer Zeit von drei Wochen ausgleichen. Der Holz- und Betonmassivbau haben in dieser Hinsicht dieselben Auswirkungen. Auf die hygroskopische Operation der Konstruktion hat die thermische Masse wenig Einfluss.

Die Energie der Phasenänderung wirkt so aus, dass wenn die Feuchte in der Konstruktion stecken bleibt, steigt die Temperatur um $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, und wenn das Wasser ausdunstet, sinkt die Temperatur um $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Einfluss der verschiedenen Luftwechselzahlen

Die Lüftung setzt die Feuchte im Raum effektiv herab, weil die absolute Feuchtigkeit der Außenluft selten höher ist als die des bewohnten Raumes. Ein hygroskopisch aktiver Raum kann denselben Feuchtezustand erheblich länger aufrechterhalten als ein dampfdichter Raum, Bild 6.

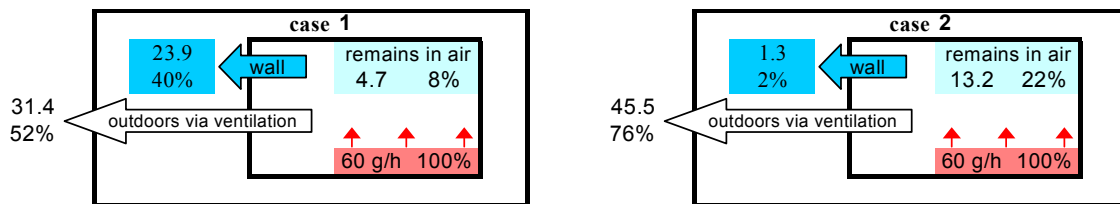


Bild 6. Bei normaler Feuchteproduktion entfernen die Ventilation und die Hygroskopie der Wände (Case 1) den größten Anteil der Feuchtigkeit aus der Innenklima. Der Vergleich mit dem zweiten Fall (mit Dampfsperre, Case 2) wurde in Deutschland unter jährlicher Betrachtung durchgeführt.

In einem diffusionsoffenen Raum mit einer Luftwechselzahl von 0,1 gibt es momentan (im März) dieselbe relative Feuchtigkeit wie in einem Raum mit Dampfsperre und Luftwechselzahl von 0,5. Im Jahresdurchschnitt ist der Anstieg der Feuchtigkeit in einem diffusionsoffenen Raum mit einer Luftwechselzahl von 0,1 derselbe wie in einem Raum mit Dampfsperre und Luftwechselzahl von 0,9.

Einfluss der produzierten Feuchte im Raum

Die diffusionsoffenen und dichten Räume verhalten sich sehr unterschiedlich bei veränderter Feuchteproduktion:

- in einem diffusionsoffenen Raum mit einer Feuchteproduktion von 180 g/h gibt es momentan (im März) dieselbe relative Feuchtigkeit wie in einem Raum mit Dampfsperre und Feuchteproduktion von 60 g/h
- in einem diffusionsoffenen Raum mit einer Feuchteproduktion von 180 g/h wird momentan (im März) dieselbe Behaglichkeit empfunden wie in einem Raum mit Dampfsperre und Feuchteproduktion von 60 g/h
- in einem diffusionsoffenen Raum mit einer Feuchteproduktion von 180 g/h ist die Steigerung der Feuchtigkeit momentan (im März) ebenso groß wie in einem Raum mit Dampfsperre und Feuchteproduktion von 60 g/h.

Einfluss der geografischen Lage

Die Wirkung der hygroskopischen Inneneinrichtungen ist größer in moderaten als in heißen und feuchten Klimaverhältnissen (Bild 7). Der Innenausbau von Nord- und Mitteleuropa hat nicht den gleich effektiven Einfluss in Südeuropa.

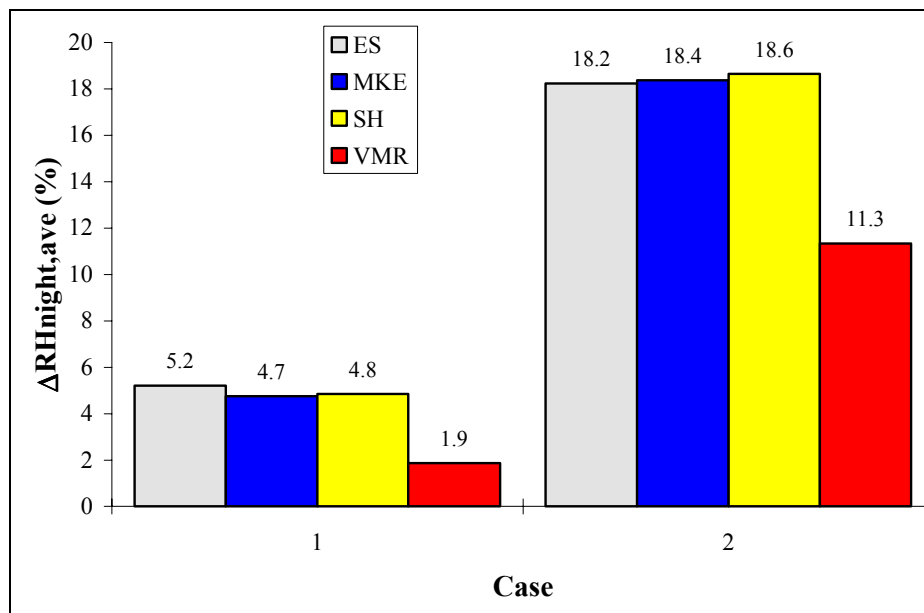


Bild 7. Die Steigung (Veränderung des Prozentsatzes) der jährlichen relativen Feuchtigkeit in der Nacht, alle Orte. Case 1 ist der hygroskopische Fall, Case 2 der mit Dampfsperre. ES = Helsinki, Finnland, MKE = Saint Hubert, Belgien, SH = Holzkirchen, Deutschland, VMR = Trapani, Italien.

Langfristige Auswirkungen

Der hygroskopisch aktive Raum passt sich langsamer an die Veränderungen der Temperatur und Feuchtigkeit der Außenluft als der dampfdichte Raum. Dieser hat bessere Möglichkeiten sowohl Feuchte als auch Energie zu speichern. Dieses ist nützlich, wenn die Feuchtigkeit von behaglich zu hoch steigt oder von behaglich zu trocken heruntergeht. Die Wirkung dauert ungefähr zwei Wochen.

2. Gemeinsames Fortsetzungsstudium ist notwendig

Die hier referierte Simulation hat gezeigt, dass die Feuchtigkeit ein wichtiger Innenklimaparameter der Behaglichkeit und der Gesundheit ist. Und was noch wichtiger ist, die Simulation deutet auch stark darauf hin, dass man mit Innenausbau aus Holz – und falls gewisse Bedingungen erfüllt sind, auch mit Holzfaserdämmstoffen – diese Parameter beeinflussen kann. Diese Ergebnisse sind aber keine Fakten, die kommerziell und geschäftlich anwendbar sind, weil u. a.

- die Auswirkung der Flächenbearbeitung und des Anstrichs unklar ist
- die Resultate mit Experimenten in der Praxis nicht genügend verifiziert worden sind
- nicht erwiesen ist, wie viel man mit hygroskopischen Materialien die Luftwechselrate vermindern kann
- die Einflüsse der Feuchtigkeit auf Gesundheit nicht genügend bekannt sind
- nicht bekannt ist, wie viel hygroskopische Überlastung die Konstruktion verträgt, um sich von ihr auf natürlicher Weise und ohne z. B. Schimmelschäden erholen zu können
- kein Kontrollverfahren vorhanden ist, mit dem die Enthalpie des Raumes überwacht und gesteuert werden kann, um den Bedarf der Abkühlung zu vermindern.

Das Bedürfnis der Fortsetzungsstudien ist dringend. Weil diese Ergebnisse der ganzen Branche in Europa nützlich sind, könnte dieses Thema einer der möglichen Projektgegenstände in dem 6. Rahmenprogramm der Europäischen Union werden. Folgende Forschungsprobleme sind schon vorgeführt worden, wenn die Wissenschaftler die Simulation kommentiert haben:

- Räume mit hoher Feuchteproduktion und Belüftung (Badezimmer und Küche)
- die Wirkung von Textilien und Möbel
- Teste in der Praxis
- Aufklärung einiger Korrekturen (Hysterese, Differenz zwischen Adsorption und Desorption)
- Einfluss der Veränderung der Feuchtigkeit auf den Komfort, die Qualität der Innenklima und die Gesundheit
- Einfluss auf den Energieverbrauch
- Risikoanalyse der Baufehler
- Einfluss der Feuchtigkeit auf Emissionen, besonders auf verschiedene Klebstoffe
- richtiges Anbringen der Dampfsperren und die Funktion der Dämmung
- Entwicklung von bauphysikalischen Planungs- und Kalkulationsverfahren.

Referierter Report

Simonson, Carey J., Salonvaara, Mikael and Ojanen, Tuomo. 2001. *Improving Indoor Climate and Comfort with Wooden Structures*. Technical Research Centre of Finland (VTT), Publications 431. ISBN 951-38-5846-4 (soft back edition), ISBN 951-38-5847-2 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf>), ISSN 1235-0621 (soft back edition), ISSN 1455-0849 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf>)