

ENTWICKLUNG UND VALIDIERUNG EINES HYGROTHERMISCHEN RAUMKLIMAMODELLS – WUFI®-PLUS

Kristin Lengsfeld¹ und Andreas Holm¹

¹Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen, Germany

KURZFASSUNG

Ein ausgeglichener Wärme-, Feuchte- und Luft-haushalt in Gebäuden ist von großer Bedeutung, denn ein Ungleichgewicht dieser Faktoren kann maßgebliche Auswirkungen auf die Konstruktion und die Bewohner, wie eine Schädigung der Baustoffe, Reduzierung der Behaglichkeit und erhöhten Energieaufwand, haben. Um in Zukunft eine einfachere und kostengünstigere Möglichkeit zur Beurteilung von raumklimatischen Bedingungen in Gebäuden zu schaffen, wird am Fraunhofer-Institut für Bauphysik ein hygrothermisches Berechnungstool entwickelt, um die Temperatur- und Feuchteverhältnisse der umgebenden Umschließungsflächen und der Innenraumluft, sowie den Energieaufwand bzw. -verbrauch zu berechnen.

Für die Validierung dieses Simulationstools WUFI®-PLUS erfolgten am Freilandversuchsgelände in Holzkirchen Messungen unter realen Bedingungen. Die Experimente werden an zwei identischen Räumen durchgeführt, in denen zur Erfassung der Temperatur- und Feuchteverhältnisse und des Energieverbrauchs Messsensoren installiert sind. Mittels einer konstanten Regelung der Innenlufttemperatur und des Luftwechsels werden Einflussparameter auf das Raumklima reduziert. Des Weiteren wird in beiden Räumen Feuchtigkeit eingebracht, die eine normale Nutzung in einem 3-Personen-Haushalt bezogen auf die Raumgröße simuliert. Während den Untersuchungen ist der Einfluss verschiedener Innenoberflächenmaterialien in Hinblick auf das Feuchtepufferverhalten von Interesse. Mithilfe der ermittelten Messdaten und der bekannten Randbedingungen werden die Experimente rechnerisch zur Validierung des hygrothermischen Berechnungstools WUFI®-PLUS verwendet. Bei dem Vergleich zwischen Messung und Rechnung liegt bei verschiedenen Oberflächenmaterialien gute Übereinstimmungen vor.

Im Rahmen dieses Beitrags sollen die Ergebnisse dieser Untersuchungen und die Möglichkeiten der entwickelten Software dargestellt werden.

ABSTRACT

Well-balanced conditions of thermal, moisture and air quality are very important in buildings because an unbalance of these factors could have significant influences of the construction and the inhabitants, for example damage of the building fabric, a reduction of the thermal comfort or higher energy consumption. For an easier and competitive possibility to estimate the climate conditions in buildings the Fraunhofer-Institute for building physics developed a hygrothermal simulation tool. With this software the temperature and moisture conditions of the walls, ceiling and floor constructions, of the indoor air and the energy consumption for the building could calculate.

For the validation of this software WUFI-PLUS experiments were made at the free field investigation area in Holzkirchen under real conditions. The investigations were made in two identical rooms and there the temperature and moisture conditions were measured on different places and also the energy consumption was measured constantly in both rooms.

At the beginning the parameters which could have an influence to the indoor conditions were controlled because then it's easier to validate and understand what happen in the rooms. For these test the temperature and the air change rate were controlled constantly and additional moisture was produced in the rooms. The moisture production simulates a profile of a 4-person-household relating to the size of the room. During the test different materials for the wall finishing was inserting in one of the rooms and the aim of the tests were to measure the moisture buffering effect of the materials. With the measurement data calculations were carried out with the software tool WUFI-PLUS for the validation of it. The comparison between measurements and calculations were quite good and the influence of different materials shows a good agreement with the measurements.

In this paper the results of the tests and calculations are described and additionally the possibilities of the developed software will be shown.

EINLEITUNG

Die Beurteilung von raumklimatischen Verhältnissen in Hinblick auf den Wärme-, Feuchte- und Lufthaushalt in Gebäuden kann bisher nur durch aufwendige Messungen unter realen Bedingungen ermittelt werden. Um eine einfachere und kostengünstigere Möglichkeit hierfür zu finden, entwickelt das Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen ein hygrothermisches Raumklimamodell WUFI®-PLUS. Mithilfe dieses Softwaretools können die hygrothermischen Verhältnisse der Umschließungsflächen und der Innenraumluft berechnet werden. Für einen sinnvollen Einsatz und zur Kontrolle der Berechnungsergebnisse muss das Programm im Rahmen der Entwicklung mithilfe von Messwerten validiert werden. Nachfolgend werden die durchgeführten Versuche unter realen Randbedingungen und die Berechnungsergebnisse der Validierung erläutert.

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Für die Validierung der neu entwickelten Software wurden raumklimatische Experimente im Freilandversuchsgelände in zwei identischen Räumen (Bild 1) durchgeführt.

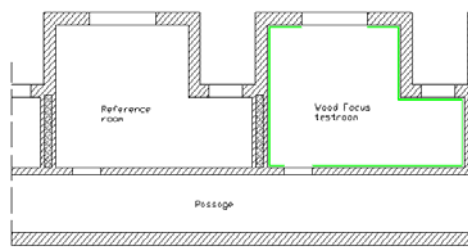


Bild 1: Grundriss der beiden Versuchsräume.

Die durchgeführten Versuche sollen den Einfluss verschiedener Innenoberflächenmaterialien in Hinblick auf ihr Feuchtepufferverhalten zeigen. Aus Vergleichszwecken werden die Versuche parallel in zwei Räumen gleichzeitig durchgeführt, wobei der Versuchsaufbau auf einem Referenzraum basiert, in dem die Wände und die Decke mit einem handelsüblichen Gipsputz und einem Anstrich ausgeführt sind und auf einem Testraum, in dem die Wände und die Decke komplett mit einer Aluminiumfolie beklebt sind, um ein Sorptionsverhalten der Oberflächen auszuschließen. In den Testraum werden während der Versuche unterschiedliche Materialien eingebracht. Durch die dampfdichte Oberfläche der Raumumschließungsflächen kann der direkte Einfluss der eingebrachten Materialien auf das Raumklima in Hinblick auf das Feuchtepufferverhalten im Vergleich zum Referenzraum ermittelt werden.

Da bei Versuchen unter realen Bedingungen die Randbedingungen, wie Einstrahlung, Luftwechselrate, Temperatur, Feuchte und Feuchteproduktion eine wesentliche Rolle spielen sind einige Maßnahmen zu treffen die indirekte Einflüsse reduzieren. So sind z.B. die Fenster mit einer Decke von außen zugehängt, um eine solare Einstrahlung zu verhindern. Die Raumtemperatur ist konstant auf 20 °C geregelt und eine Lüftungsanlage sorgt für einen konstanten Grundluftwechsel von ca. 0,6 h⁻¹ in beiden Räumen. In die Räume wird täglich eine Feuchtemenge von 2,4 kg eingebracht, die eine normale Nutzung in einem 3-Personen-Haushalt (Hartmann et al., 2001) simuliert. Das Feuchteprofil (Bild 2) weist zwei Feuchtespitzen auf, morgens von 6 - 8 Uhr und nachmittags von 16 - 22 Uhr. Diese Spitzen simulieren duschen, waschen, kochen und die Anwesenheit von Menschen.

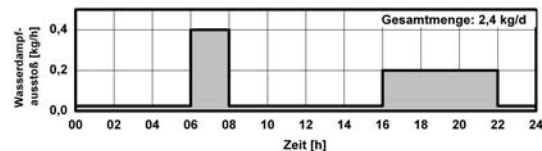


Bild 2: Zeitlicher Verlauf der Feuchteproduktion in den zwei Versuchsräumen.

Für die Untersuchungen zur Validierung des Softwaretools WUFI®-Plus werden im Testraum Gipskartonplatten an den Wandflächen angebracht. Die Messwerte der Temperatur- und Feuchteverhältnisse in beiden Versuchsräumen werden jede Minute aufgezeichnet. Der zeitliche Verlauf der relativen Raumluftfeuchte ist in Bild 3 für den Referenzraum und den Testraum abgebildet.

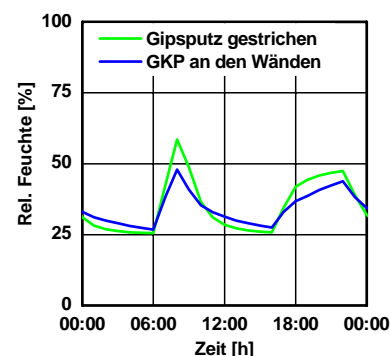


Bild 3: Zeitlicher Verlauf der relativen Raumluftfeuchte im Referenzraum mit gestrichenen Gipsputz an den Wänden und Decke und im Testraum mit Gipskartonplatten an den Wänden.

Der Tagesverlauf der relativen Feuchte in den beiden Versuchsräumen spiegeln die eingebrachten Feuchtespitzen am Morgen und am Abend wider. In Abhängigkeit des Feuchtepufferverhaltens der Wandoberflächenmaterialien zeigen sich deutlich unterschiedliche Verläufe der Raumluftfeuchten. Je höher der Feuchtepuffereffekt eines Materials ist,

desto mehr können auftretende Feuchtespitzen reduziert werden. Durch die hohe Sorptionsfähigkeit wird die Feuchte schnell aufgenommen und in Zeiten, in denen die Feuchteproduktion auf ein normales bis niedriges Niveau absinkt, kann die absorbierte Feuchte aus dem Material wieder desorbieren und somit an die Umgebung abgegeben werden. Durch das Feuchtepufferverhalten können Schwankungen der Feuchte reduziert werden.

Die Untersuchungen des Feuchtepufferverhaltens unter realen Bedingungen sind sehr aufwendig und kostenintensiv. Mit Hilfe der neu entwickelten Software WUFI®-Plus wird die Möglichkeit geschaffen, Raumklimabedingungen in Innenräumen mit verschiedensten Materialien zu simulieren und zu beurteilen.

VALIDIERUNG

Zur Validierung der Software werden die ermittelten Messdaten nachgerechnet. Alle notwendigen Konstruktionsdaten und Randbedingungen werden in das Programm implementiert. Für eine erfolgreiche Berechnung ist die Kenntnis des Konstruktionsaufbaus und der eingesetzten Materialien sehr wichtig.

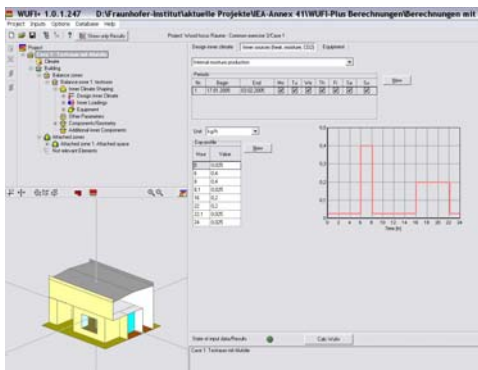


Bild 4: Ansicht des Eingabefensters für WUFI®-Plus.

Für eine einfachere Anwendung dieses Programms wird in Bild 4 unten links das zu berechnende Gebäude abgebildet. In der rechten Hälfte des Eingabefensters werden die Konstruktionsdaten der einzelnen Bauteile sowie die Randbedingungen, wie Luftwechsel, Feuchteproduktion und Informationen zur Heizung und Kühlung angegeben. Sobald alle notwendigen Daten für die Berechnung eingegeben sind, kann die Berechnung starten. Je nach Fragestellung können die Berechnungsergebnisse für die einzelnen Bauteile, das Innenraumklima und der Energieverbrauch als Ergebnisdatei ausgegeben werden. Im Rahmen dieser Validierungsrechnungen liegt das Hauptaugenmerk auf dem Verlauf der relativen Raumluftfeuchte. In Bild 5 sind vergleichend die relativen Feuchten der Messungen und Berechnungen dargestellt.

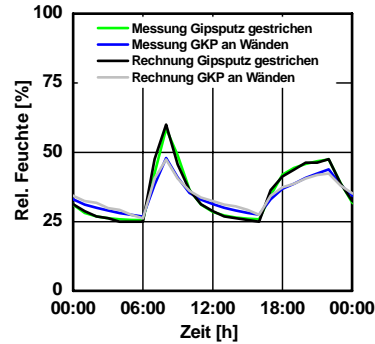


Bild 5: Vergleich der Verläufe der relativen Luftfeuchte zwischen Messung und Rechnung in beiden Versuchsräumen.

Anhand des dargestellten repräsentativen Versuchstags mit den Ergebnissen der Validierungsrechnung zeigt sich, dass eine sehr gute Übereinstimmung zwischen experimentell ermittelten Ergebnissen und Berechnungsergebnissen möglich ist.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Beurteilung des hygrothermischen Raumklimas beim Einsatz verschiedener Produkte ist durch aufwendige Versuche realisier- und umsetzbar. Um eine einfachere und kostengünstigere Lösung zur Beurteilung solcher Fragestellungen zu finden, wird am Fraunhofer-Institut für Bauphysik ein hygrothermisches Raumklimamodell WUFI®-Plus entwickelt, hiermit ist es möglich die sich einstellenden raumklimatischen Bedingungen zu simulieren. Mit Hilfe von Experimenten unter realen Randbedingungen werden Versuche in zwei identischen Räumen durchgeführt. Dabei werden die Temperatur- und Feuchteverhältnisse und der Energieverbrauch beim Einsatz von verschiedenen Innenoberflächenmaterialien gemessen. Durch den Einsatz verschiedener Materialien kann das Feuchtepufferverhalten aufgezeigt werden. Je höher das kurzfristige Sorptionsverhalten der Materialien ist, desto besser können auftretende Feuchtespitzen reduziert bzw. gepuffert werden. Anschließend an die Freilandversuche werden die Konstruktionsdetails der beiden Versuchsräume inklusive der Randbedingungen in die Software implementiert und berechnet. Beim Vergleich der Mess- und Berechnungsdaten zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung. Durch den Einsatz des neu entwickelten Berechnungsprogramms ist es möglich das Raumklima unter verschiedensten Randbedingungen auf eine kostengünstigere und einfachere Weise zu beurteilen.

LITERATUR

Hartmann, T., Reichel, D., Richter, W. 2001 Feuchteabgabe in Wohnungen – alles gesagt? Gesundheitsingenieur 122. Jahrgang. Heft 4. S. 189-195.