



FEUCHTE IN NIEDRIGENERGIEBAUTEN

Jahresbericht 2006

Autor und Koautoren	Beat Frei
beauftragte Institution	Hochschule für Technik+Architektur (HTA) Luzern
Adresse	Technikumstrasse 21, 6048 Horw
Telefon, E-mail, Internetadresse	041 349 32 74, bhfre@hta.fhz.ch , http://www.hta.fhz.ch/zig
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	101843 / 152268
BFE-Programmleiter	Charles Filleux
Dauer des Projekts (von – bis)	01.06.2006 – 30.06.2007
Datum	15.11.2006

ZUSAMMENFASSUNG

In vom BFE geförderten P+D Erfolgskontrollen an Niedrigenergiegebäuden wurden tiefe Raumluftfeuchten während einigen tausend Jahresstunden gemessen. Benutzer und Planer reagieren darauf mit dem Einsatz von zentralen oder dezentralen Dampfluftbefeuchtern. Der Einsatz dieser Geräte wirkt sich negativ auf die Primärenergiebilanz von Niedrigenergiebauten aus. Das Projektziel ist das Aufzeigen der Möglichkeiten zur Minimierung des Energieverbrauchs für die Luftbefeuchtung im Wohnbereich.

Die Feuchterückgewinnung in Kompaktlüftungsgeräten wird experimentell untersucht. Die Bilanzierung der Feuchteübertragung erfolgt über die Taupunkttemperaturen und die nachfolgende Berechnung der absoluten Feuchte bei den Ein- und Austrittsstutzen. Nicht unbedeutende interne und externe Leckagen erschweren generell die experimentellen Arbeiten.

Durch Simulation wird eine Regelungsstrategie mit bedarfsgerechten Zuluftvolumenströmen untersucht. Die Modellbildung, die Eingabe der Gebäudedaten und die Berechnung der ersten Varianten werden per Ende Jahr abgeschlossen.

Die Überprüfung von Literaturquellen hat gezeigt, dass die Annahmen für interne Feuchtequellen zu optimistisch sind. Ein verändertes Benutzerverhalten trägt dazu bei, dass die internen Feuchtequellen insgesamt etwa die Hälfte der in den Normen angegebenen Werte beträgt.

Mit einem erweiterten und verbesserten Berechnungsprogramm können mit elf Meteostationen Jahresberechnungen für die Raumluftfeuchte ausgeführt werden. Interne Feuchtequellen, Dampfluftbefeuchtung und Feuchterückgewinnung können berücksichtigt werden. Die interne Feuchtespeicherung durch Materialien wurde nicht implementiert.

Projektziele

In vom BFE geförderten P+D Erfolgskontrollen an Niedrigenergiegebäuden wurden tiefe Raumluftfeuchten während einigen tausend Jahresstunden gemessen. Benutzer und Planer reagieren darauf mit dem Einsatz von zentralen oder dezentralen Dampfbluftbefeuchtern. Der Einsatz dieser Geräte wirkt sich negativ auf die Primärenergiebilanz von Niedrigenergiebauten aus.

Das Projektziel ist das Aufzeigen der Möglichkeiten zur Minimierung des Energieverbrauchs für die Luftbefeuchtung im Wohnbereich.

Es sollen Alternativen zur zentralen und dezentralen Dampfbluftbefeuchtung aufgezeigt werden. Diese sind im Wesentlichen die Feuchterückgewinnung und die Anwendung bedarfsgeregelter Volumenströme.

Ein experimenteller Vergleich von heutigen Kompaktlüftungsgeräten mit Feuchterückgewinnung zeigt den derzeitigen Stand der Entwicklung. Die Untersuchung der Überfeuchtungsproblematik erfolgt ebenfalls experimentell.

Durch Simulation wird die Möglichkeit der Vermeidung von Befeuchtung und Feuchterückgewinnung durch bedarfsgeregelte Zuluftvolumenströme untersucht.

Die Bewertung der drei Strategien Dampfbluftbefeuchtung, Feuchterückgewinnung und bedarfsgeregelte Luftvolumenströme erfolgt nach den Kriterien Energie, Hygiene und Komfort

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Mit den sieben beteiligten Industriepartnern konnten per 31. Oktober 2006 Leistungsvereinbarungen unterzeichnet werden, die die Zusammenarbeit unter den Projektpartnern regelt und den Kosten- schlüssel definiert. Folgende Industriepartner sind am Projekt beteiligt:

- Axair, Pfäffikon SZ
- Competair, Thalwil
- Drexel und Weiss, Wolfurt (A)
- Hovalwerk, Vaduz (FL)
- Nordmann Engineering, Aesch
- Tobler System AG, Urdorf
- Zehnder Comfosystems AG, Wädenswil

Simulation bedarfsgeregelter Zuluftvolumenströme

Folgende Fragen stellten sich als Ausgangslage zu den Simulationen:

- Kann mit einer bedarfsgeregelten Lüftung dem Problem der tiefen relativen Feuchte genügend entgegen gewirkt werden?
- Muss deshalb eine wesentliche Einbusse bei der Raumluftqualität in Kauf genommen werden oder nicht?
- Welchen Einfluss hat die Feuchtespeicherungskapazität der Bauteile?
- Welche Vorteile bringt die bedarfsgeregelte Lüftung gegenüber einer Feuchterückgewinnung?

Die Fragen sollen mittels thermisch-hygrischer Raumsimulation beantwortet werden. Dabei kommt das dynamische Simulationsprogramm *IDA ICE*, ergänzt mit dem thermisch-hygrischen Wandmodell *HAMWall*, zur Anwendung:

IDA ICE ist ein Programm zur detaillierten dynamischen Simulation von Gebäuden. Es berechnet dynamisch korrekt den zeitlichen Verlauf der Komfortvariablen (Lufttemperatur, Strahlungstemperatur, Luftfeuchte, CO₂-Konzentration) in den vom Benutzer definierten Zonen. Dabei stehen die Zonen im thermischen Kontakt zueinander, sowie im Kontakt zu ihrer Umgebung und zu den an sie angrenzenden Bauteilen und den in ihnen sich befindenden Personen, Geräten und Gegenständen. Somit berechnet *IDA ICE* die dynamische Wechselwirkung zwischen Gebäude, Klima, Haustechnik und Benutzer.

Es wurden folgende Simulationsvarianten bestimmt:

Regelstrategie Luftvolumenstrom	konstant	variabel	konstant
Feuchterückgewinnung	ohne	ohne	mit
ohne Feuchtespeicherung		x	
mittlere Feuchtespeicherkapazität	x	x	x
hohe Feuchtespeicherkapazität		x	

Figur 1: Tabellarische Aufstellung der zu untersuchenden Simulationsvarianten.

Vorerst wird die so genannte Grundvariante ohne Regelstrategie mit einer mittleren Feuchtespeicherkapazität gerechnet. Drei Varianten mit unterschiedlichen internen Feuchtelasten und einer zuvor definierten Regelungsstrategie werden daran anschliessend berechnet. Die Modellanpassung, die Erfassung der Gebäudedaten und die Simulation der Varianten ohne Feuchterückgewinnung werden somit im Berichtsjahr abgeschlossen werden.

Geräteprüfungen

Geräteprüfungen auf dem Prüfstand für Kompaktlüftungsgeräte der HTA Luzern, welche die Feuchteübertragung beinhalten, stellen ein Novum dar. Mit nicht unerheblichem Aufwand werden die Taupunkttemperaturen an den Ein- und Austrittsstutzen mittels Taupunktspiegeln bestimmt. Der Einsatz von Taupunktspiegeln ist erforderlich, um die Genauigkeit der Bilanzierung der Feuchteübertragung zu gewährleisten. Es wird mit dem Messunsicherheitsbudget nach dem *ISO/BIPM Guide to the expression of uncertainty in measurement* gearbeitet.

Zum Zeitpunkt der Berichterstattung erfolgt die Geräteprüfung an einem Kompaktlüftungsgerät mit Feuchterückgewinnung. Weitere Kompaktlüftungsgeräte von zwei Industriepartnern stehen zur Geräteprüfung bereit. Es handelt sich um Geräte mit feuchtedurchlässiger Membran und rotierender Enthalpiematrix.

Grundlagen der Raumluftfeuchte

Die Grundlagen für die Annahmen der internen Feuchtelasten (Pflanzen, Tiere und Menschen) wurden in der Literatur nochmals überprüft. Sie bilden eine wichtige Grundlage für das nachfolgend beschriebene Berechnungsprogramm *FEUNEB*. Die Überprüfung von Literaturquellen hat gezeigt, dass die Annahmen für interne Feuchtequellen zu optimistisch sind. Ein verändertes Benutzerverhalten trägt dazu bei, dass die internen Feuchtequellen insgesamt etwa die Hälfte der in den Normen angegebenen Werte beträgt.

Ebenso wurden aus der Literatur Grundlagen zur Bewertung der Hygiene und des thermischen Komforts zusammengestellt. Die Systeme Dampflluftbefeuhter, Feuchterückgewinnung und Regelungsstrategie durch bedarfsgeregelte Volumenströme werden im Projektverlauf nach den Parametern Energie, Hygiene und thermischer Komfort bewertet.

Berechnungsprogramm FEUNEB

Tschui und Emmenegger [1] haben ein Berechnungsprogramm zur Bestimmung der relativen Feuchte auf Jahresbasis entwickelt. Für die Projektbedürfnisse wurde das Berechnungsprogramm verbessert und erweitert. Insgesamt elf Meteostationen sind nun integriert. Allgemeine Eingaben und die Personenbelegung können definiert werden (Figur 2, Figur 3). Der Benutzer kann produktspezifische Kennlinien für Rotoren und Plattenwärmeübertrager mit Feuchterückgewinnung eingeben (Figur 4). Der Feuchtesollwert (z.B. $\varphi_{soll}=40\% \text{ r.F.}$) und die Feuchtegrenzen (z.B. $\varphi_u=30\% \text{ r.F.}$ und $\varphi_o=60\% \text{ r.F.}$) können definiert werden. Zudem können die Leistungsdaten eines Dampfllufterzeugers eingegeben werden (Figur 2). Aufgrund dieser Ausgangsdaten werden im Projektverlauf Berechnungen mit verschiedenen Varianten (Standorte, interne Lasten, Feuchterückgewinnung, Dampfllufterzeuger) durchgeführt. Kumulierte Häufigkeiten der relativen Feuchte und durchschnittliche Feuchteabgaben stehen als Ausgabegrössen in grafischer Form bereit (Figur 5, Figur 6).

Allgemeine Eingabedaten

Grundlagen	Feuchteabgaben
Meteostation: <input type="text" value="Zürich-SMA"/>	Personen: <input type="text" value="4"/> Stk.
Temperatur im Raum: <input type="text" value="21"/> °C	<input type="checkbox"/> oder <input type="text" value="genaue Eingabe"/>
Minimale Luftfeuchtigkeit: <input type="text" value="30"/> %	kleine Pflanzen: <input type="text" value="10"/> Stk.
Maximale Luftfeuchtigkeit: <input type="text" value="65"/> %	große Pflanzen: <input type="text" value="4"/> Stk.
Lüftung	Haustiere: <input type="text" value="4"/> kg
Wohnungsvolumen: <input type="text" value="851"/> m ³	Wäschetrocknen in WG: <input type="checkbox"/>
mech. Luftvolumenstrom: <input type="text" value="180"/> m ³ /h	Befeuchter: <input type="checkbox"/>
mech. Luftwechsel: <input type="text" value="0,275"/> 1/h	max. Leistung: <input type="text" value="100"/> l/d
n50-Wert: <input type="text" value="0,6"/> 1/h	Befeuchter aus bei: <input type="text" value="40"/> %
Einwirkungsseiten: <input type="text" value="mehrere Seiten"/>	spez. Befeuchtungsenergie: <input type="text" value="690"/> kWh
Abschirmung: <input type="text" value="mäßig"/>	WRG mit Feuchteübertragung: <input type="checkbox"/>
Fensterlüftung: <input type="text" value="konsequent keine"/>	Kennlinie WRG

Schliessen **Abbrechen**

Figur 2: Allgemeine Eingabedaten für das Berechnungsprogramm.

Eingabedaten Personenbelegung

Personen	nicht Zuhause	Ganzer Tag	Arbeitet
Person 1:	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Person 2:	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Person 3:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Person 4:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Person 5:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Person 6:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Schliessen **Abbrechen**

Figur 3: Eingabedaten zur Personenbelegung.

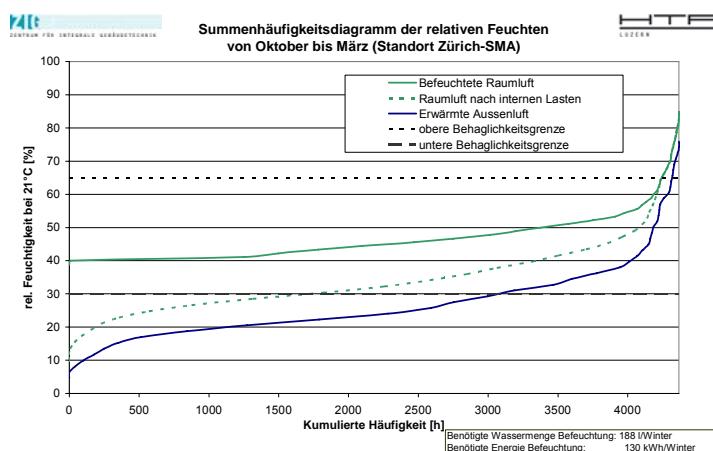
Eingabe WRG

Daten WRG mit Feuchteübertragung

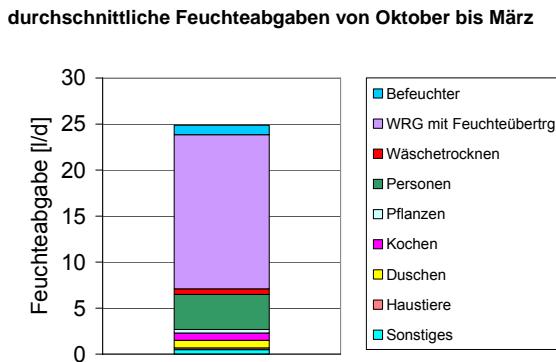
Aussentemperatur: -22 -20 -18 -16 -14 -12 -10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 °C
Feuchteübertragung: <input type="text" value="0.70"/> <input type="text" value="0.60"/>
Aussentemperatur: 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 °C
Feuchteübertragung: <input type="text" value="0.50"/> <input type="text" value="0.40"/> <input type="text" value="0.30"/> <input type="text" value="0.20"/> <input type="text" value="0.10"/> <input type="text" value="0.01"/>

Schliessen **Abbrechen**

Figur 4: Eingabedaten zur Kennlinie der Feuchteübertragung.



Figur 5: Die kumulierte Häufigkeit der relativen Feuchte als Ausgabe des Berechnungsprogramms.



Figur 6: Die durchschnittlichen Feuchteabgaben als weitere Ausgabe des Berechnungsprogramms.

Nationale Zusammenarbeit

Da im Projekt sieben Industriepartner mitarbeiten, ist ein reger Austausch mit der Industrie gewährleistet. Beim Kick-off Meeting wurde festgelegt, dass die Resultate der Industriepartner in der Projektpartnerrunde offen gelegt, diskutiert und anschliessend in Absprache mit dem jeweiligen Industriepartner veröffentlicht werden. Dadurch ist für alle Industriepartner gewährleistet, dass erzielte Fortschritte kommuniziert und für die eigene Entwicklung genutzt werden kann. Am Statusseminar 2006 konnten noch keine Beiträge eingereicht werden.

Internationale Zusammenarbeit

Durch die beiden Industriepartner aus Liechtenstein und Österreich fliessen länderspezifische Erfahrungen in das Projekt ein. Es ist vorgesehen, dass im nächsten Berichtsjahr die Konferenz *WellBeing Indoors Clima 2007* in Helsinki besucht und ein Paper präsentiert wird.

Bewertung 2006 und Ausblick 2007

Das Projekt hat seit Vertragszustellung Mitte September 2006 keine Verzögerungen mehr erhalten. Am 22. September 2006 fand in Horw an der HTA Luzern die Kick-off Sitzung statt, an der die wesentlichen Punkte im Projekt besprochen wurden und die Meilensteine vorgestellt wurden.

Erfahrungsgemäss werden die experimentellen Arbeiten länger als geplant andauern. Insbesondere interne und externe Leckagen an den Kompaktlüftungsgeräten und deren Behebung verzögern immer wieder vorgesehene und terminierte Arbeiten. Den Leckagen ist insbesondere bei der Bewertung der Feuchteübertragung Beachtung zu schenken. Da bisher auf dem Prüfstand für Kompaktlüftungsgeräte keine Feuchteübertragung untersucht wurde, mussten einige apparative Anpassungen vorgenommen werden.

Im neuen Berichtsjahr wird ein Dampflüfterzeuger eines Industriepartners an der Prüfstelle HLK experimentell untersucht. In einer ausgeführten Anlage in Einsiedeln wird das Regelverhalten eines stetig geregelten Dampflüfterzeugers eines Industriepartners untersucht.

Die Simulation der bedarfsgeregelten Zuluftvolumenströme wird mit der Modellanpassung, der Gebäudedaten-Erfassung und der Berechnung von vier Varianten im Berichtsjahr erfolgen können. In einem zweiten Schritt sollen 2007 weitere Varianten berechnet werden, die den Einfluss der Feuchterückgewinnung auf das Feuchteniveau im Gebäude zeigen.

Referenzen

- [1] A.Tschui, Th.Emmenegger: **Raumluftheuchte in Wohnungen**, Diplomarbeit, Studiengang Heizung-Lüftung-Klima-Sanitär, Hochschule für Technik+Architektur Luzern, Horw, 2000.