

Jahresbericht 2002

Optimierte Luftheizung für Passivhäuser (PH-Luft)

Autor und Koautoren	Viktor Dorer und Anne Haas, Heiri Huber ¹ ,
beauftragte Institution	EMPA Dübendorf, Abt. Energiesysteme/Haustechnik, ¹ HTA Luzern
Adresse	Überlandstr. 129, 8600 Dübendorf
E-mail, Internetadresse	viktor.dorer@empa.ch, www.empa.ch
BFE Vertrags-Nummer	82'469
Dauer des Projekts (von – bis)	1. Sept. 2001 bis 30. Sept. 2003

ZUSAMMENFASSUNG

In Passivhäusern werden Luftheizsysteme verwendet. Es bestehen aber noch Fragen des Komforts und der Wärmeverteilung. Zudem wird in der Praxis momentan sehr kontrovers diskutiert, inwieweit Luftheizsysteme auch in Minergie-Gebäuden sinnvoll einsetzbar sind. Ziel des Projektes ist es, auf Möglichkeiten und Grenzen von Luftheizungen einzugehen und sinnvolle Lösungen für die Luftheizung in Passivhäusern zu bestimmen.

Fragen des Komforts und der Luftqualität im Raum wurden mit Labormessungen evaluiert. Ergänzende CFD-Rechnungen sind vorgesehen. Spezifische Messungen in P+D-Objekten werden im Winter 2002/2003 durchgeführt.

Ein Simulationsmodell einer typischen Passivhauswohnung wurde erstellt. Damit wurden zunächst Häufigkeiten extremer Zuluftzustände untersucht. Untersuchungen bezüglich der Einbindung eines Holzofens wurden begonnen. Ergänzende Aspekte werden über die Auswertung von Messungen in P+D-Gebäuden einbezogen.

Für das geplante Design Handbook der IEA Solar Task 28 wurde ein Kapitel "Heating by Ventilation" erstellt. Dieses wurde bei der ersten Review der Technology Chapters vorgestellt und diskutiert.

Projektziele

Der Passivhausstandard für Gebäude orientiert sich an den Bestrebungen für eine nachhaltige Gebäudetechnologie und eine 2000 W-Gesellschaft. Gemäss Passivhausstandard erstellte Gebäude haben einen sehr geringen Heizenergiebedarf. Damit kann das (zwingend vorhandene) mechanische Wohnungslüftungssystem auch zur Deckung des Restwärmebedarfs eingesetzt werden. Die Luftmengen orientieren sich dabei am hygienischen Bedarf und sind somit viel niedriger als bei bisherigen Luftheizungen. Andererseits muss damit im Gegensatz zur reinen Lüftungsanlage die Zuluft je nach Wärmebedarf mit einer deutlich über der Raumtemperatur liegenden Temperatur zugeführt werden. Die Lüftungs- und die Heizungsfunktion stellen zum Teil gegensätzliche Anforderungen an Luftführung und Auslegung des Systems.

Verschiedentlich kommen zur Spitzenlastdeckung auch ergänzende Heizquellen (z.B. Holzöfen) im Raum zum Einsatz. Dabei können Probleme mit der Verteilung der Wärme auftreten. Eine Zusatzwärmequelle im Raum darf nicht zu Überhitzung und zu grossen Temperaturunterschieden in der Wohnung führen. Hier ist das Zusammenwirken mit der mechanischen Lüftung von grosser Bedeutung.

Neben der Energieeinsparung bedingt auch die Einhaltung einer angemessenen Luftfeuchte in den Räumen die Auslegung des Systems mit möglichst kleinen Luftmengen.

Ziel des Projektes ist es, diese Aspekte der Luftheizung in Passivhäusern näher zu untersuchen und Hinweise für die Planung zu geben.

PROJEKTZIELE 2002

1. Konkretisierung der geplanten Arbeiten in Zusammenarbeit mit der Begleitgruppe
2. Beginn der Messungen in P+D-Gebäude
3. Durchführung von Messungen in der Klimakammer der EMPA
4. Durchführung von CFD-Rechnungen und von Gebäudesimulationen
5. Klärung von Systemfragen
6. Konzept und Inhaltsübersicht für den Schlussbericht
7. Beitrag zum Handbuch IEA Solar Task 28

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

KONKRETISIERUNG DER GEPLANTEN ARBEITEN IN ZUSAMMENARBEIT MIT DER BEGLEITGRUPPE

Die Besprechungen mit der Begleitgruppe bestätigten den Bedarf für die Klärung der Fragen des thermischen Komforts und der Wärmeverteilung. Fragen der Luftverteilung und der Lüftungswirksamkeit bewertete sie als wichtiger als vom Projektteam eingestuft.

MESSUNGEN P+D-GEBÄUDE

Die HTA Luzern (Horw) führt an verschiedenen P+D-Objekten im Passivhausstandard Messungen durch. Durch die Kooperation mit der HTA Luzern können einige in situ Messungen für PH-Luft ohne allzu grossen Aufwand in diesen Gebäuden vorgenommen werden. Die Eignung der Gebäude für die vorgesehenen Messungen wurde geklärt und ein Messkonzept wurde erstellt. Die Messungen sollen überwiegend im Mehrfamilien Passivhaus in Stans durchgeführt werden, da es als einziges der P+D-Objekte über Maisonette-Wohnungen verfügt. Auch sind die Eigentümer einer Wohnung dort Mes-

sungen gegenüber sehr aufgeschlossen. Da zu Ende der Heizsaison 2001/2002 keine genügend kalten Perioden mehr auftraten, wurden die speziell für PH-Luft geplanten Messungen auf die Heizsaison 2002/2003 verschoben.

Die Messungen in P+D-Gebäuden werden vor allem zu Fragen durchgeführt, die nicht oder nicht verlässlich genug mit Labormessungen oder mit Simulationen geklärt werden können. Dies sind:

1. Luftfeuchte in den Wohnräumen während der Heizsaison

Diese hängt neben dem Luftwechsel sehr stark von dem Aufnahmeverhalten der Wände und der Feuchteproduktion in der Wohnung ab.

Erste Ergebnisse liegen aus den Langzeitmessungen vor [1]. Die Grafik zeigt die Korrelation der Innenraum- und der Aussenluftfeuchte für eine Wohnung im MFH Stans.

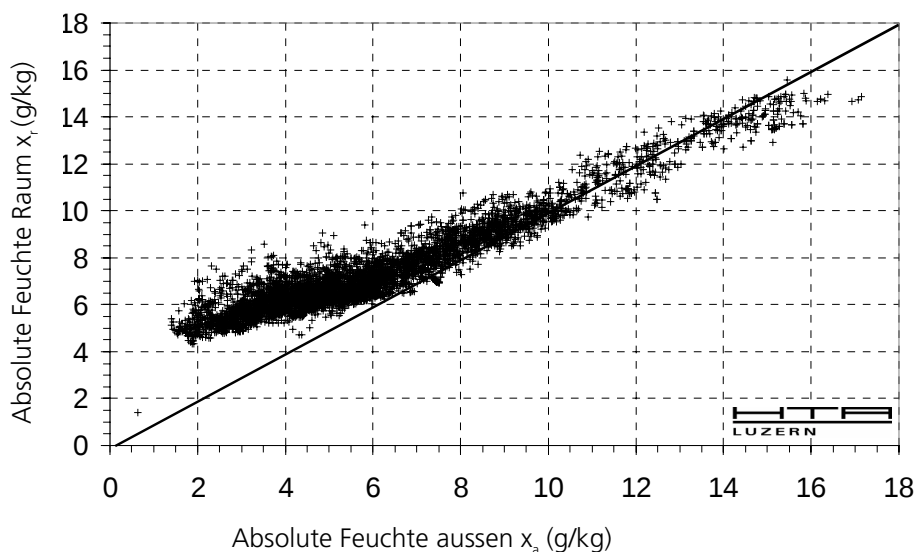


Fig. 1: Korrelation von Raumluftfeuchte und Aussenluftfeuchte (Grafik: HTA Luzern)

Den sehr häufigen Werten der absoluten Feuchte im Innenraum von 5 g/kg bis 8 g/kg entsprechen bei üblichen Raumtemperaturen relative Feuchten von etwa 30 % bis 50 %. Die Werte liegen damit relativ tief, aber noch im akzeptablen Bereich. Die Luftmengen im MFH Stans sind relativ hoch bemessen (Luftwechselzahl ca. 0.5), was die niedrigen Werte erklären kann.

Detaillierte Messungen über einen Zeitraum von ca. 3 Wochen wurden am 19. November 2002 gestartet.

2. Thermischer Komfort bei den eingesetzten Zuluftdurchlässen

In der Luftströmkammer der EMPA wurden zwei wandmontierte Zuluftdurchlässe untersucht (siehe Messungen Klimakammer). Boden- oder deckenintegrierte Durchlässe wurden nicht berücksichtigt, wegen des erheblichen Aufwands für den Einbau in der Klimakammer. Im MFH Stans gibt es in den Boden integrierte Durchlässe, sodass entsprechende Messungen ergänzend dort durchgeführt werden können (Jan./Feb. 2003).

3. Temperaturschichtung, vor allem in mehrgeschossigen Wohnungen

Detaillierte Messungen über einen Zeitraum von ca. 3 Wochen wurden am 19. November gestartet.

Im Jan./Feb. 2003 soll noch eine spezielle Messung zur konvektiven Verteilung hoher Wärmelasten durchgeführt werden.

4. Korrelation des Heizwärmebedarfs mit dem Aussenklima

Die im nächsten Kapitel erwähnte Häufigkeit der Betriebszustände wird auch für die P+D-Objekte überprüft. Daten zu diesen Fragestellungen stehen aus den laufenden P+D-Messungen zur Verfügung. Die Auswertung erfolgt bis Frühjahr 2003.

RAUMLUFTSTRÖMUNG

Ziel

Die Lüftung / Luftheizung muss sicherstellen, dass (evtl. bis auf wenige Stunden im Jahr), einerseits die Wärme gleichmässig im Raum verteilt wird und andererseits belastete Luft schnell genug abgeführt wird. Dabei sollen die Bedingungen für thermischen Komfort (Temperaturen, Zugluftrisiko) eingehalten werden.

Verschiedene Messungen an gebauten Objekten, z.B. [2], [3], weisen darauf hin, dass im Heizfall keine kritischen Situationen auftreten. Diese Ergebnisse sollen unter reproduzierbaren Bedingungen in der Luftströmkammer der EMPA überprüft werden und um Aussagen zum Fall Lüftung mit minimaler Zulufttemperatur ergänzt werden.

Häufigkeit der Betriebszustände

Für eine Beurteilung der Relevanz kritischer Betriebszustände ist nicht nur das Mass an zu erwartendem Diskomfort von Bedeutung, sondern auch, wie häufig das Auftreten solcher Zustände zu erwarten ist. Diese Frage wurde anhand von Simulationsrechnungen untersucht. Den Rechnungen zugrunde liegt das vereinfachte Modell einer Wohnung im Passiv-Mehrfamilienhaus "Am Wechselacker", Stans. Als Solltemperatur der Aufenthaltsräume wurde 21 °C vorgegeben. Die Zuluft wird (ohne Begrenzung der Leistung) soweit aufgeheizt, dass diese Solltemperatur erreicht wird. Nach unten ist die Zulufttemperatur nur begrenzt durch die Ausgangstemperatur der Wärmerückgewinnung (Annahme 80 % Wirkungsgrad). Als Luftraten wurden zunächst die (allerdings relativ hohen) Planungswerte eingesetzt.

Fig. 2 zeigt die kumulierten Häufigkeiten der Temperaturdifferenz zwischen Zuluft und Wohnzimmer im Zeitraum Oktober bis März für zwei Standorte. Für den Standort Kloten sind die Temperaturdifferenzen zu etwa 10 % bis 20 % der Zeit kleiner oder gleich - 4 K, zu etwa 40 % kleiner oder gleich 0 K. Davon treten 85 % bis 90 % bei Heizleistung Null, also reinem Wärmetauscherbetrieb, auf. Temperaturdifferenzen über +20 K treten merklich nur in Davos (rund 10 % der Zeit) auf.

Damit decken die durchgeführten Messungen tatsächlich die Extremfälle ab, und Probleme mit Komfort oder Luftverteilung sind bei sorgfältiger Auslegung – wie nachfolgend dargelegt – an keinem der betrachteten Standorte zu erwarten.

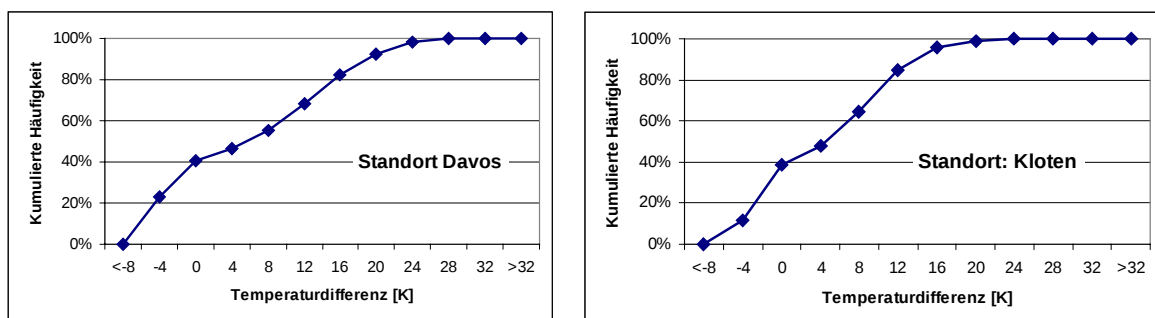


Fig. 2: Kumulierte Häufigkeit der Temperaturdifferenz zwischen Zuluft und Wohnzimmer; Zeitraum Oktober bis März für die Standorte Davos und Kloten (Grafik: EMPA).

Messungen Klimakammer

Messkonfiguration

Der Messraum ist in Fig. 3 skizziert. Der Zuluftdurchlass (ZLD) wurde mittig in der Wand über der Tür eingesetzt mit einem Abstand Mitte ZLD – Decke von 0.20 m. Die Tür kann offen stehen oder geschlossen sein, mit wahlweise einem Türspalt oben oder unten. Die Abluft verlässt den Raum durch die Türöffnung oder den Türspalt. Im Vorraum wird die Zuluft gefasst, konditioniert und über den ZLD dem Messraum zugeführt.

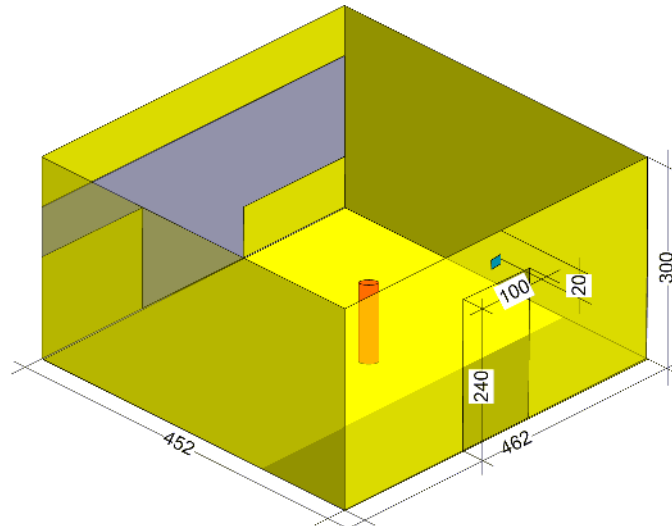


Fig. 3: Messraum (Raumklimakammer der EMPA)

Untersucht werden sollten extreme Betriebszustände. Dies treten zum Einen an kalten, sonnigen Tagen auf, an denen aufgrund der solaren Gewinne gar keine Heizung benötigt wird, die Zuluft also etwa mit WRG-Temperatur in einen eher überdurchschnittlich warmen Raum gelangt. Zum anderen ist die maximale Heizleistung und damit die maximale Zulufttemperatur an trüben, mässig kalten Tagen oder nachts notwendig, um die normale Raumtemperatur zu halten. Die zugehörigen Randbedingungen für Zuluft, für Oberflächentemperaturen und für die Raumluft sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Lüftung		mit maximaler Heizleistung	nur mit WRG
Zuluft	Volumenstrom	Temperatur	Temperatur
	30 m ³ /h	40 °C	16 °C
Umschliessungsflächen		Temperaturdifferenz zu Raumluft	
WS Wand Stirnseite	gegen aussen	-0.5 K	-0.5 K
FS Fenster Stirnseite	gegen aussen	-2.5 K	-1.3 K
WL Wand links	gegen aussen	-0.5 K	-0.5 K
BS Boden bei Stirnseite	gegen Keller	-0.5 K	+1.5 K
Raumluft		22 °C	25 °C

Tab. 1: Randbedingungen für Zuluft, für Oberflächentemperaturen und für die Raumluft

Zwei Typen von ZLD wurden eingesetzt: Eine Weitwurfdüse mit einstellbarer Schlitzbreite, sowie ein einfaches Abdeckgitter ohne Einstellmöglichkeiten (Fig. 4). Der Durchmesser der Zuluftöffnung hinter dem Durchlass beträgt in beiden Fällen 100 mm.

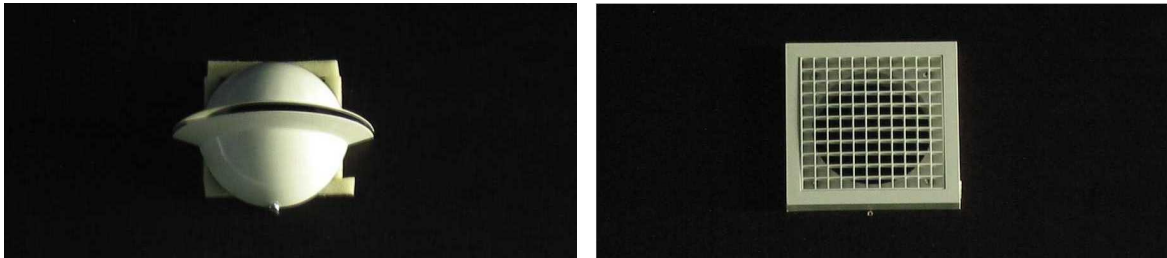


Fig. 4: Weitwurfdüse (links), Abdeckgitter (rechts) (Fotos: EMPA)

Bei Zulufttemperatur 40 °C findet bei beiden ZLD eine gleichmässige Ausbreitung der Zuluft in der Schicht zwischen Höhe ZLD und Decke statt. Die Luft gelangt direkt unter der Decke bis zur gegenüberliegenden Wand und strömt dann langsam absinkend in etwa in Höhe Oberkante Tür zurück.

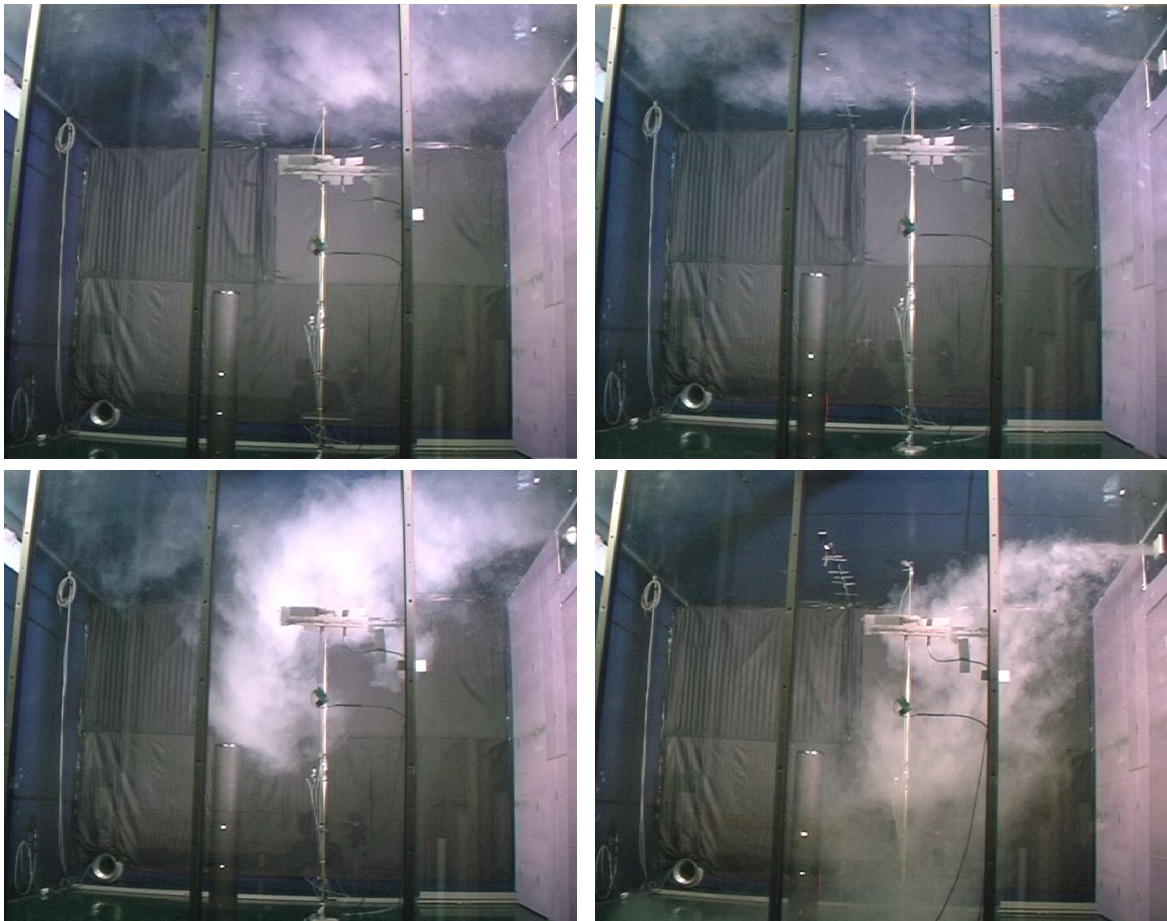


Fig. 5: Strömungsbilder (Fotos: EMPA)

Fotos oben "Lüftung mit maximaler Heizleistung", Zulufttemperatur 40°C

Fotos unten: "Lüftung nur mit WRG", Zulufttemperatur 16°C

Aufnahmen links mit Weitwurfdüse, rechts mit Gitter

Bei Zulufttemperatur 16 °C strömt die Zuluft durch die Weitwurfdüse zunächst Richtung Decke, fällt dann aber bald ab (bei 1.5 bis 2 m Entfernung vom Durchlass). Die Strömung durch das Gitter zeigt keine Tendenz zum Anlegen an die Decke, und fällt ab etwa 1.5 m Entfernung vom Durchlass ab. In beiden Fällen breitet sich die Zuluft nach dem Abfall in einer Bodenschicht aus und steigt dann allmählich auf. Gut zu beobachten ist auch die etwas ausgeprägtere Aufwärtsströmung rund um den beheizten Zylinder.

Thermischer Komfort

Eine Voraussetzung für thermischen Komfort ist die Abwesenheit von Zugserscheinungen. Das Zugluftrisiko (draft risk DR) nach EN ISO 7730 [4] beschreibt empirisch den Prozentsatz Unzufriedener,

$$DR = (34 - \vartheta_L)(\bar{v} - 0.05)^{0.62} (0.37 \cdot \bar{v} \cdot Tu + 3.14)$$

in Abhängigkeit von der Raumlufttemperatur ϑ_L , der mittleren Luftgeschwindigkeit $\bar{v}$ und dem Turbulenzgrad Tu . Als Grenze wird eine maximale Zahl Unzufriedener von 15% empfohlen.

Bei maximaler Zulufttemperatur treten grössere Geschwindigkeiten lediglich oberhalb der Türöffnung, ausserhalb des Aufenthaltsbereichs, auf. Für die Weitwurfdüse werden in 2.28 m Höhe Geschwindigkeiten unter 0.03 m/s, Temperaturen um 24 °C gemessen. Beim Gitter betragen die Geschwindigkeiten in 2.28 m Höhe unter 0.04 m/s (ausser direkt an der Tür), die Temperaturen um 24 °C. Bei diesen Luftgeschwindigkeiten ist das Zugluftrisiko praktisch vernachlässigbar. Damit ist das Zugluftrisiko auch im Aufenthaltsbereich nicht merklich.

Bei Zulufttemperatur 16 °C ergibt sich bei beiden Durchlässen ein messbares Zugluftrisiko im Kaltluftabfall, aber auch an den Aussenwänden. Für die Weitwurfdüse ergeben sich an den Aussenwänden sogar die grösseren Werte. Im Kaltluftabfall zeigt das Gitter erwartungsgemäss die grösseren Werte ($DR = 10\%$). Allerdings erreichen sie nirgends eine kritische Grösse ($DR = 15\%$). Fig. 6 zeigt das Zugluftrisiko an verschiedenen Orten im Messraum.

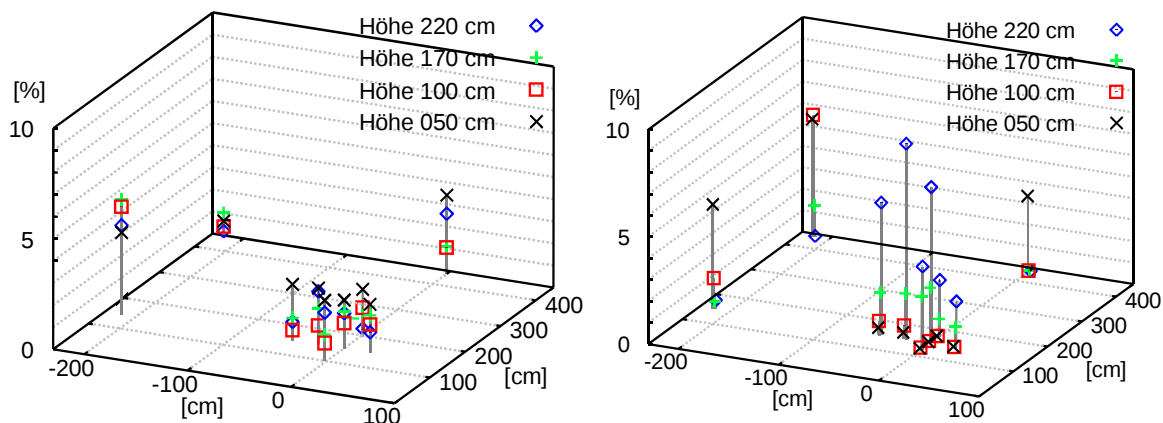


Fig. 6 Zugluftrisiko für Zuluftdurchlässe (Grafik: EMPA)

Bei der Weitwurfdüse und beim Gitter beträgt die Temperaturdifferenz zwischen 0.05 m und 2.20 m Höhe immer weniger als 1 K. Damit ist auch der Temperaturgradient im Komfortbereich.

Lüftungseffizienz

Für die Lüftungseffizienz ist der kritische Fall die Zuführung der Luft mit Übertemperatur, weil die Luft länger im oberen Bereich des Raums verbleibt. Für diese Konstellation wurden mehrere Messungen durchgeführt. Gemessen wurde der Verlauf der Konzentration eines Tracergases, das der Zuluft beigemischt wurde, sowie das Abklingen der Konzentration nach Ende der Dosierung. Daraus lässt sich der Luftaustauschwirkungsgrad η_a als Mass für die Lüftungseffizienz bestimmen.

In Tabelle 2 sind diese Werte für den Luftaustauschwirkungsgrad aufgeführt. Sie liegen alle recht nahe beim Wert für vollständige Durchmischung, $\eta_a = 0.5$.

	Weitwurfdüse		Abdeckgitter	
Zulufttemperatur [°C]	40	16	40	16
Luftaustauschwirkungsgrad η_a				
Türspalt unten, mit interner Wärmequelle	0.52		0.51	
Türspalt oben, mit interner Wärmequelle	0.49	0.51	0.45	0.52
Türspalt oben, ohne interne Wärmequelle	0.51		0.54	

Tab. 2: Luftaustauschwirkungsgrade

Für Zulufttemperatur 40 °C ergeben sich mit offenem Türspalt unten für beide Durchlässe leicht bessere Werte, mit offenem Türspalt oben etwas schlechtere Werte als für vollständige Mischlüftung. Die Luftaustauschwirkungsgrade für Türspalt oben sind mit interner Wärmequelle schlechter als ohne zusätzliche interne Wärmequelle. Lokal ergeben sich allerdings mit interner Wärmequelle für die Weitwurfdüse die besseren Kennzahlen als ohne. Das bedeutet, dass die Wärmequelle zu einer stärkeren Durchmischung zwischen Deckenschicht und Aufenthaltszone führt. Das Gitter zeigt ohne interne Wärmequelle die besseren Werte. Dafür konnte noch keine plausible Interpretation gefunden werden.

Die lokal gemessenen Werte der Luftaustauschkennzahl liegen grundsätzlich unter dem Wert für vollständige Durchmischung. Dies zeigt, dass die warme Luftschicht unter der Decke eine leichte Tendenz zur Ausbildung einer Kurzschlussströmung hat, insbesondere wenn die Luft den Raum in Höhe dieser Schicht verlassen kann.

Für Zulufttemperatur 16 °C ergeben sich mit offenem Türspalt oben für beide Durchlässe leicht bessere Werte als für vollständige Mischlüftung. Die lokal gemessenen Werte der Luftaustauschkennzahl liegen sehr nahe beim Wert für vollständige Durchmischung.

Fazit zum thermischen Komfort und zur Lüftungseffizienz

- Beide ZLD gewährleisteten unter den getesteten Bedingungen einen sehr guten Komfort und einen guten Luftaustausch.
- Die Weitwurfdüse zeigt leichte Vorteile bei den Komfortwerten im Lüftungsbetrieb nur mit WRG-Temperatur.
- Im Heizfall ist der Luftaustauschwirkungsgrad etwas besser, wenn die Abluft durch den Türspalt unten geführt wird.
- Wenn der Türspalt oben offen ist, und interne Wärmequellen im Raum vorhanden sind, führt im Heizfall die Weitwurfdüse zu besseren Luftaustauschwirkungsgraden.
- Bei grösseren und/oder tieferen Räumen bzw. grösseren Volumenströmen sind deutlichere Vorteile für die Weitwurfdüse gegenüber dem Gitter zu erwarten.

Bezüglich Auswahl des Typs und der Positionierung der ZLD im Raum gibt es also aus Gründen des Komforts kaum Einschränkungen. Andere Aspekte wie Minimierung der Kanallänge, Akustik, Ästhetik etc. können bei der Entscheidung Priorität haben.

Ergänzende CFD-Rechnungen

Bisher wurde ein Modell der Weitwurfdüse erstellt und erste vergleichende Berechnung zu den Messungen durchgeführt.

OFENHEIZUNG

Nach dem Einheizen eines Ofens wird die Lüftung im reinen Lüftungsbetrieb laufen. Dies kann zu einer Überhitzung und gleichzeitig zu einer relativ grossen Untertemperatur der Zuluft in dem Raum führen, in dem der Ofen steht. Nicht direkt vom Ofen beheizte Räume dagegen werden zu kühl sein. Wenn nicht spezielle Massnahmen vorgesehen werden, muss die Wärme mit der Luft in die anderen Räume weiter verteilt werden. Dies ist nur in begrenztem Mass möglich, da die Temperaturdifferenzen zwischen dem beheiztem Raum und Ablufträumen höchstens etwa 5 ... 7 K betragen können. Damit ist mit dem mechanisch ausgeprägten Luftstrom nur etwa ein Viertel der über die Luftheizung einbringbaren Leistung transportierbar.

Das oben genannte Simulationsmodell wurde erweitert. Im Wohnraum wurde eine zusätzlich Wärmequelle definiert (50 % radiativ, 50 % konvektiv), die den typischen zeitlichen Verlauf der Wärmeabgabe eines Ofens aufweist, und im Mittel über 24 h genau die in der Wohnung benötigte Heizwärme abgibt. Zunächst wurde untersucht, welche Temperaturen sich einstellen, wenn die Ofenwärme aus dem Wohnraum lediglich mit der mechanischen Lüftung verteilt werden kann. Dies entspricht dem Fall, dass alle Zimmer durch geschlossene Türen abgetrennt sind.

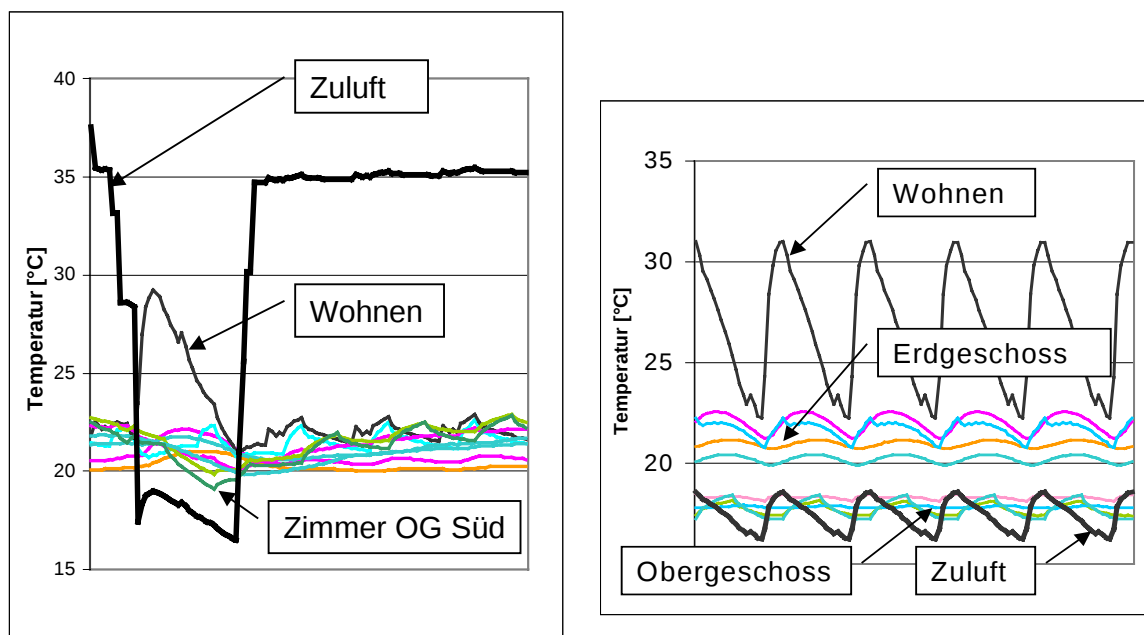


Fig. 7: Temperaturverlauf in einer 2-geschossigen Wohnung mit Ofen im Wohnraum im EG (Grafik: EMPA).
Links: einmaliges Einfeuern; rechts: eine Einfeuerung pro Tag, Luftheizung nicht in Betrieb

Fig. 7 zeigt, dass bei einmaligem Einheizen des Ofens lediglich die Überhitzung des Wohnraums problematisch ist. Wird der Ofen allerdings regelmässig eingefeuert, stellen sich daneben im Obergeschoss unkomfortable Temperaturen ein, da über die Lüftung keine Wärmezufuhr mehr erfolgt.

In weiteren Simulationen werden nun verschiedene Massnahmen zur Reduktion der Überhitzung und dem Temperaturausgleich zwischen Ober- und Erdgeschoss untersucht.

SYSTEMFRAGEN

Die Systemfragen betreffen vor allem die Wärmeverteilung mit dem Lüftungssystem, die örtliche und zeitliche Divergenz von Wärme- und Frischluftbedarf, und die Optionen der Wärmebereitstellung unter den Randbedingungen "Passivhaus".

BEITRAG ZUM HANDBUCH IEA TASK 28

Im Rahmen der Task wird ein Handbuch erstellt, das Technologien und Strategien für nachhaltige Solargebäude vorstellt. Das Kapitel "Heating by Ventilation" ist der Beitrag aus dem Projekt PH-Luft an das IEA Projekt. Im Frühjahr 2002 lag es als Entwurf vor. Am Projekt-Meeting in Göteborg im September 2002 wurde das ausformulierte Kapitel diskutiert und akzeptiert.

Nationale Zusammenarbeit

Zusammenarbeiten bestehen mit der HTA, die im Rahmen der P+D-Projekte umfangreiche Messungen und darauf aufbauend eine vergleichende Auswertung der Projekte durchführt. Auch bezüglich der Frage des Einsatzes von Holzöfen in Passivhäusern besteht ein Erfahrungsaustausch mit der HTA. Kontakte im Rahmen des im Sommer abgeschlossenen Projektes "Minergie und Passivhaus – Zwei Gebäudestandards im Vergleich" zur FHBB und zur ZHW konnten zum Erfahrungsaustausch genutzt werden. Die Erfahrungen im Bereich Gebäude mit extrem niedrigem Heizwärmebedarf konnten auch in die Arbeitsgruppe "Absenkpfad" des SIA eingebracht werden.

Internationale Zusammenarbeit

Durch den Beitrag zum Handbuch und der Teilnahme an einem Meeting bestehen Kontakte zur IEA – Solar Task 28 "Sustainable Solar Housing", insbesondere zu Mitarbeitern des Passivhaus-Instituts, der GH Siegen und des ISE Freiburg.

Bewertung 2002 und Ausblick 2003

BEWERTUNG

Ziel	Zielerfüllung
1. Konkretisierung der geplanten Arbeiten	ja, mit Änderung bezüglich Schlussbericht
2. Messungen P+D-Gebäude	teilweise (spezifische Messungen erst im Winter 2002/2003)
3. Messungen Klimakammer	ja, weitere Messungen können allerdings nicht mehr durchgeführt werden.
4. CFD-Rechnungen	teilweise (Durchlassmodell)
5. Gebäudesimulation	ja
6. Systemfragen	ja
7. Schlussbericht	teilweise. Das Berichtskonzept muss den neuen Randbedingungen angepasst werden
8. Beitrag zum Handbuch IEA Solar Task 28/38	ja (vorgezogen)

ARBEITSPLAN 2003

Projektphasen und Arbeiten		2001		2002				2003			
		III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Projekt											
	Projektleitung										
	Begleitgruppe										
1	P+D-Gebäude										
	Messung (u.a. Feuchte)										
	Auswertung										
2	Messungen Klimakammer										
	Durchführung, Auswertung										
3	CFD Rechnungen										
	Systemdefinition										
	Simulation										
4	Gebäudesimulation										
	Systemdefinition										
	Simulation										
5	Systemfragen										
	Erfahrungen aus der Praxis										
6	Dokumentation										
	Publikationen										
	Schlussbericht Projekt										
7	IEA Task 28										
	Beitrag Handbook										
	Teilnahme an Meetings										

Veröffentlichungen

- Anne Haas, Viktor Dorer: **Luftheizung im Passivhaus — Aspekte der Wärme- und Luftverteilung im Passivhaus**, 12. Schweizerisches Status-Seminar „Energie- und Umweltforschung im Bauwesen“, S. 95-102, 2002, zu beziehen bei ZEN, Zentrum für Energie und Nachhaltigkeit im Bauwesen, EMPA, Dübendorf
- Anne Haas, Viktor Dorer: **Luftheizung im Passivhaus**, Artikel in *Gebäudetechnik* Nr. 5, S. 44 - 49, 2002

Referenzen

- [1] Beat Frei, Heinrich Huber: **Erfahrungen aus messtechnischen Untersuchungen an Passivhäusern**, 12. Schweizerisches Status-Seminar „Energie- und Umweltforschung im Bauwesen“, S. 103 - 110, 2002, zu beziehen bei ZEN, Zentrum für Energie und Nachhaltigkeit im Bauwesen, EMPA, Dübendorf
- [2] Schnieders, Jürgen et al.: **CEPHEUS Wissenschaftliche Begleitung und Auswertung. Endbericht**. CEPHEUS-Projektinformation Nr. 22, Passivhaus Institut. Darmstadt, Juli 2001

- [3] Schwarz, M.: **Numerische Simulation von Luftströmungen in Wohnräumen mit mechanischer Lüftungsanlage**, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 17 "Dimensionierung von Lüftungsanlagen in Passivhäusern, Passivhaus Institut. Darmstadt, 1999
- [4] EN ISO 7730: **Gemässigttes Umgebungsklima – Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung der bedingungen für thermische Behaglichkeit**, Ausgabe 1995