

**Jahresbericht 2001**

# Energieeffiziente und bedarfsgerechte Abluftsysteme mit Abwärmennutzung (ENABL)

Autor und Koautoren	Viktor Dorer, Andreas Pfeiffer, EMPA; Peter Hartmann, Adrian Schatz, ZHW
Beauftragte Institution	EMPA Dübendorf, Abt. Energiesysteme/Haustechnik
Adresse	Überlandstr. 126, 8600 Dübendorf
Telefon, E-mail, Internetadresse	01 823 55 11, viktor.dorer@empa.ch, www.empa.ch
BFE Vereinbarungs-Nummer	79'945
Dauer des Projekts (von – bis)	1. Dezember 2000 bis 31. März 2002

## ZUSAMMENFASSUNG

Kontrollierte Wohnungslüftungen mit Zu- und Abluftsystem sind bei Gebäudesanierungen oft schwierig realisierbar. Das Projekt untersucht deshalb, inwieweit bestehende zentrale Abluftanlagen von Mehrfamilienhäusern optimiert werden könnten. Dazu werden vor allem die Komfort- und Schallsituationen im Raum für verschiedene Typen und Konfigurationen von Außenluftdurchlässe (ALD) durch Labormessungen und durch Luftströmungssimulationen untersucht und beurteilt. Die einzelnen ALD werden zudem strömungstechnisch und akustisch im Labor geprüft. In einem weiteren Projektteil werden in reellen Gebäuden das Systemverhalten und der thermische Komfort durch Messungen beurteilt.

Die Messungen im Mehrfamilienhaus *Leuenweg* sind abgeschlossen. Es zeigte sich, dass der Einfluss der Luftdurchlässigkeit des Gebäudes einen grossen Einfluss hat.

An der EMPA wurden für die verschiedenen Durchlässe die Strömungswiderstandscharakteristiken gemessen und im Raumklimalabor für verschiedene Einbausituationen die Strömungssituation visualisiert und mit detaillierten Messungen das Zugluftrisiko bestimmt. Diese Messungen wurden durch Luftströmungssimulationen ergänzt.

Die weiteren Schritte sind: Abschluss der Messungen und Rechnungen bezüglich Zugluftrisiko, akustische Messungen an ALD, Komfortmessungen im Objekt *Riedappel*, Systemuntersuchungen (vor allem Einfluss der Gebäudeluftdurchlässigkeit), Erstellung eines Konzeptes für benötigte Planungsunterlagen, Erstellen des Schlussberichtes.

## Projektziele

Bei Gebäuden im Passivhaus- und MINERGIE-Standard werden im Neubau Zu-/Abluftanlagen eingesetzt. Eine kostengünstige alternative Lösung dazu bieten reine Abluftanlagen mit einer Wärmerückgewinnung für den Warmwasser- und/oder Heizungsspeicher mittels Luft/Wasser-Wärmepumpe. Diese Systeme bieten insbesondere im Sanierungsfall verschiedene Vorteile. Es braucht keine Zuluftleitungen und die Abluft kann in bestehenden Schächten geführt werden. Kalte einströmende Außenluft kann jedoch zu Zugluftproblemen in der Nähe der Durchlässe führen

In diesem Projekt werden deshalb verschiedene Zuluftdurchlässe mit Labormessungen untersucht und das Zugluftrisiko im Raum mittels Messungen im Klimalabor und mittels Simulationen evaluiert. In reellen Bauten werden energetische Messungen durchgeführt und ebenfalls die Komfortaspekte untersucht. Daraus werden Grundlagen für die später zu erstellende Richtlinie für die Planung und den Betrieb von solchen Anlagen erstellt.

### PROJEKTZIELE 2001

Die Projektziele bis November 2001 waren:

1. Luftmengen-, Komfort- und Energiemessungen im Mehrfamilienhaus *Leuenweg* durchgeführt.
2. Messungen an den Außenluftdurchlässen (Volumenstromcharakteristik, akustische Messungen) sowie Untersuchungen bezüglich thermischem Komfort in der Raumklimakammer der EMPA durchgeführt und ausgewertet.
3. Begleitende Berechnungen mit CFD (detaillierte Strömungssimulation) durchgeführt.
4. Erste Messungen im Mehrfamilienhaus *Riedappel* durchgeführt.
5. Lay-Out und einen ersten unvollständigen Entwurf des Schlussberichtes erstellt.
6. Erste Begleitgruppensitzung durchgeführt.

## Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Dieser Jahresbericht gibt eine Übersicht über alle bisher geleisteten Projektarbeiten (nicht nur über diejenigen seit dem letzten Zwischenbericht) und Hinweise auf erste Resultate und Erkenntnisse.

### MESSUNGEN IM MEHRFAMILIENHAUS *LEUENWEG*

Die Messungen für die Energiebilanz Winter 2000/2001 konnten im Oktober 2000 begonnen werden. Die restlichen Messungen wurden im November 2000 begonnen.

#### ***Messkonzept, Schwerpunkte***

- Detaillierte "Abnahmemessung", insbesondere zum Verhalten der Lüftungsanlage
- Funktion Lüftungsanlage (Luftströme, Lüftungsfunktion, Komfort generell, WRG)
- Energiehaushalt Gebäude/Wohnungen
- Benutzerbefragung
- Folgerungen für Planung, Installation, Abnahme, Betrieb

#### ***Stand der Messungen gemäss oben genannten Schwerpunkten***

##### Abnahme

Die Abnahme wurde im November 2000 durchgeführt. Diskrepanzen zwischen Planungs- und Effektivwerten wurden festgestellt bei Luftströmen, aber auch Raumlufttemperaturen. Da sich die in der Folge verlangten Garantiearbeiten verzögerten, wurde noch nicht ein zweites Mal kontrolliert.

### Funktion Lüftungsanlage

Die Zuluftmenge durch die Durchlässe war viel kleiner als erwartet und diejenigen durch die Gebäudehülle höher. Außerdem war die totale Abluftmenge geringer als der Planungswert. Der Außenluftstrom der einzelnen Räume war somit nicht zuverlässig einstellbar.

Die Funktion der WRG und die entsprechende Arbeitszahl wurde ausgemessen (siehe Figur 1).

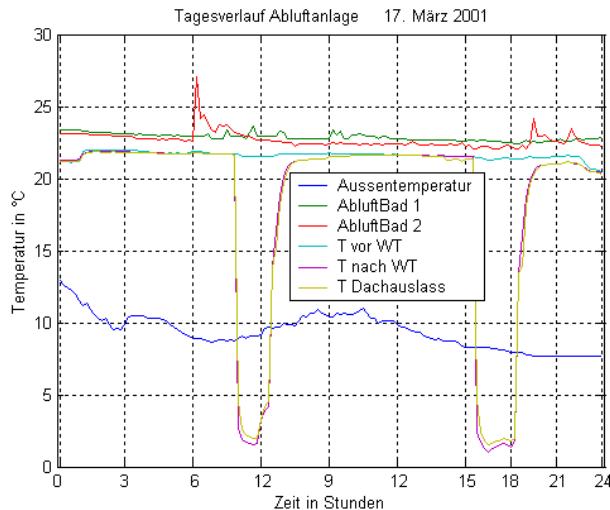


Fig. 1: Darstellung der Luftzustände über den Pfad der Lüftungsanlage bei einer respektive ausgeschalteter Wärmepumpe (Wärmerückgewinnung)

Die Temperaturverläufe in Figur 1 zeigen, dass die Lufttemperaturen in der Regel um 22 °C liegen. Die gesammelte Luft erreicht mit geringer Abkühlung das WRG-Element im Keller (Kurve "T vor WT"). Ist die Wärmepumpe in Betrieb, so vermag sie die Luft bis auf etwa 2 °C abzukühlen. Mit entsprechender Temperatur tritt die Fortluft übers Dach ins Freie. Bei gestoppter Wärmepumpe tritt die Luft mit etwa 21 °C ins Freie.

### Thermischer Komfort

Es wurden keine gravierende Komfortprobleme festgestellt ( nur teilweise Überheizung wegen mangelhafter Regelbarkeit)

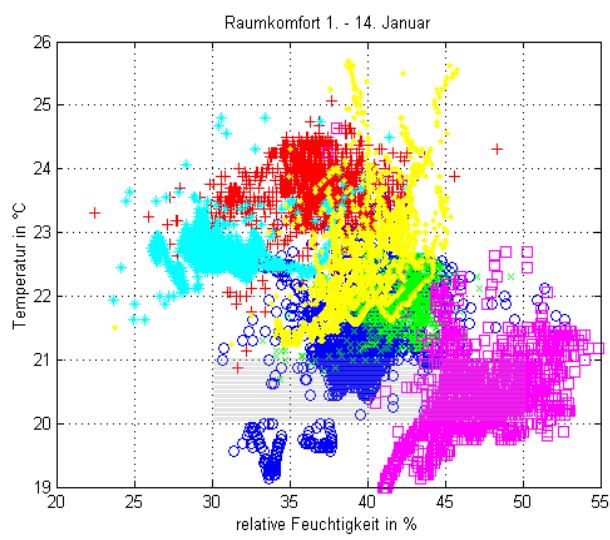


Fig. 2 Komfortzustände im „Zentrum“ der sechs Wohneinheiten (hellgrün: empfohlener Komfortbereich gemäß SIA Norm 180)

Figur 2 zeigt während der Periode 1. – 14. Januar 2001 die Wertpaare für die Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte im zentralen Korridorbereich.

Empfehlungen zur Lufttemperatur lauten auf etwa 20 – 21 °C, jene für die Luftfeuchtigkeit auf 30 – 50 % für den Winter (SIA Norm 180, [2]).

Die „Werte-Wolken“ liegen zwar nicht alle am selben Ort, bezüglich der Luftfeuchtigkeit aber mit etwa 90% der Werte im akzeptablen Bereich.

### Energiehaushalt

Messdaten sind monatlich, teilweise wöchentlich erfasst worden. Die Auswertung ist im Gang. Die teilweise überheizten Räume lassen vermuten, dass der MINERGIE-Zielwerte möglicherweise überschritten werden. Andererseits werden einzelne Wohnungen klar "unternutzt". Durch die Verzögerungen bei Abnahme und definitiver Einstellung der Anlage werden die Aussagen bezüglich Energie mit Vorsicht zu interpretieren sein.

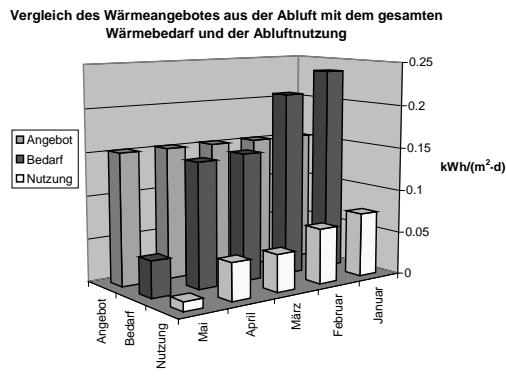


Fig. 3: Abschätzung des Abwärmeangebots der Fortluft, des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasserzwecke und schliesslich des Bezuges aus genutzter Abluftwärme (Säulen von hinten nach vorne, je Monat)

Das Abwärmeangebot der Fortluft, der Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser und schliesslich der Bezug aus genutzter Abluftwärme wurde eingehender abgeschätzt. Es zeigt sich (Figur 3), dass die Abwärme nur zu Teilen genutzt wird, obwohl diese warme Luft mit 22 °C eine sehr günstige Quelle ist. Weit grössere Energiebeträge wurden – wohl mit schlechterem Nutzungsgrad – mit der zweiten Wärmepumpe (Quelle Erdsonde) produziert.

### Benutzerbefragung

Bei nach wie vor pendenter Ausführung von Garantiearbeiten wird die Benutzerbefragung über Komfort und Wohlbefinden noch zurückgestellt, aber für nächsten Winter ins Auge gefasst.

### **Einige Kernaussagen Erkenntnisse**

Siehe Unterkapitel "Zusammenfassung der bisherigen Erkenntnisse" weiter unten.

## **VERSUCHE IN DER RAUMKLIMAKAMMER DER EMPA**

### **Ziele der Versuche**

Mit Versuchen in der Raumklimakammer der EMPA sollen für verschiedene Durchlassarten die Komfortsituation bezüglich Zugluft (Draft Risk) untersucht werden. Dabei soll der Einfluss von Position, Wärmeabgabesystem (FHB, Heizkörper) sowie Fensterbrüstung und Gardinen bestimmt werden. Die Versuche wurden meist mit einer Zulufttemperatur von 0 – 2 °C durchgeführt.

### **Versuchsaufbau**

Die Zone wurde als Raum mit Außenwand und Fenster simuliert, mit einem Zuluftdurchlass oberhalb resp. unterhalb der Fensterfläche. Die Strömungssituation bei den einzelnen Konfigurationen wurde mittels Nebel visualisiert und die Lufttemperaturen und -geschwindigkeiten in verschiedenen Punkten detailliert ausgemessen. Für den Abgleich mit den Luftströmungssimulationen wurde für ausgewählte Fälle das Temperatur- und Geschwindigkeitsfeld mittels Sensorbaum und Traversensystem detailliert erfasst, für die Erfassung des Zuglufrisikos wurde teilweise auch nur an 3 bis 6 Punkten in kritischen Bereichen im Raum gemessen (Figuren 4 und 5).



Fig. 4: Ansicht der Raumklimakammer der EMPA

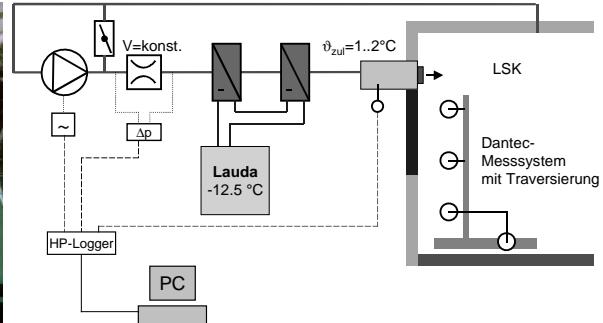


Fig. 5: Versuchseinrichtung mit Zuluftkühlung und Messsystem

### Resultate

Figur 6 zeigt Resultate der Strömungsvisualisierungen für eine Auswahl von Durchlassstypen.

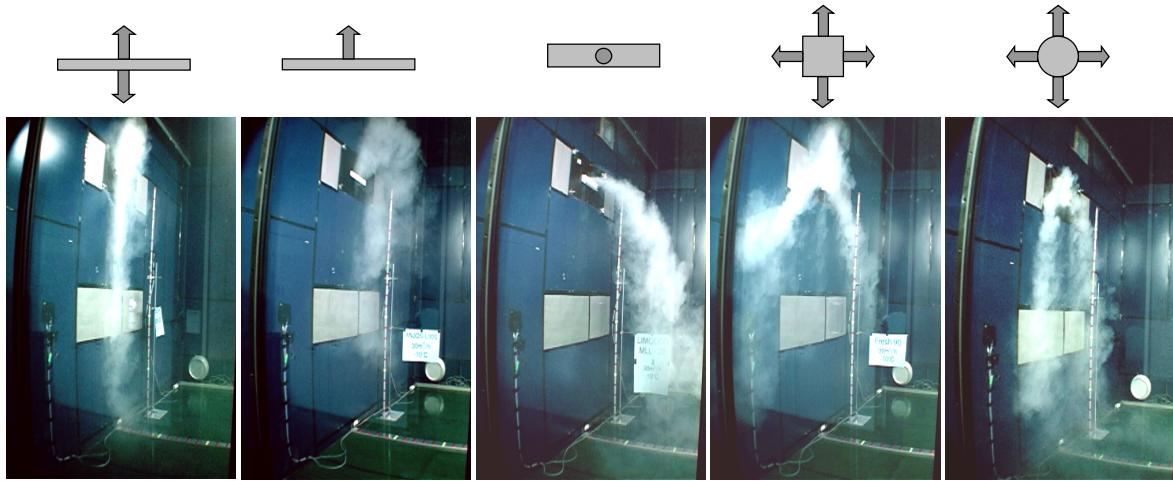
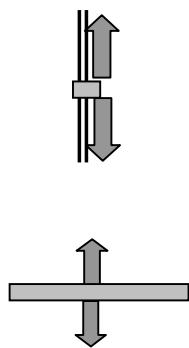


Fig. 6: Strömungsmuster für verschiedene Außenluftdurchlässe (Temperaturdifferenz Innen-/Außenluft ca. 18 K)

Figuren 7 und 8 zeigen für zwei unterschiedliche Durchlassstypen Resultate der detaillierten Messungen bezüglich Draft Risk sowie den Vergleich mit der Strömungsvisualisierungen.

Durchlass-Typ



Messresultat Draft Risk, Symmetriearchse

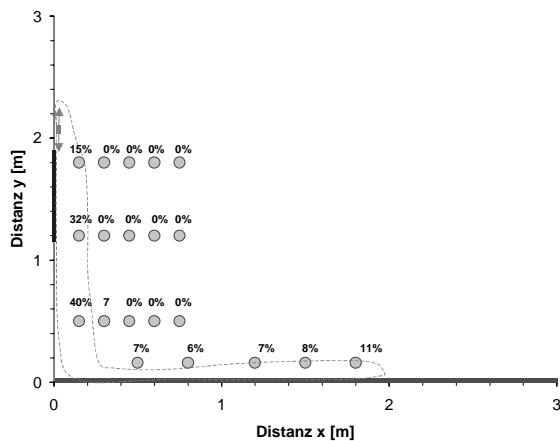
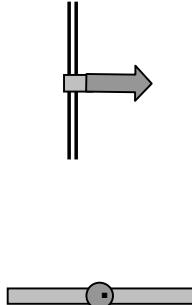


Fig. 7: Dieser ALD Typ weist eine relativ kleine Diskomfortzone auf, da der Luftstrahl nach oben und unten umgelenkt wird (Prallplattenprinzip), Wärmequelle: FBH

Luftdurchlass-Typ



Messresultat Draft Risk, Symmetriearchse

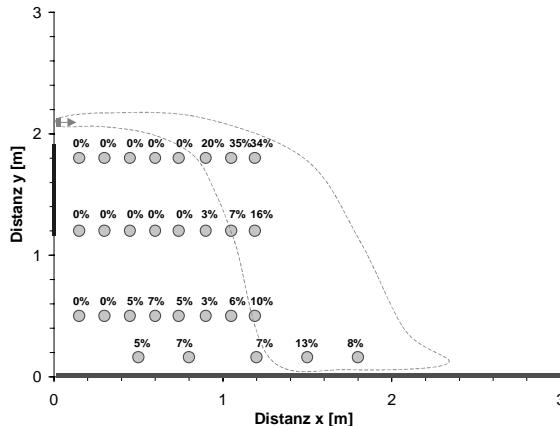


Fig. 8: Bei diesem ALD Typ entsteht eine grosse Diskomfortzone, da dieser ALD den Luftstrahl mit hoher Austrittsgeschwindigkeit direkt die Aufenthaltszone lenkt, Wärmequelle: FBH

## CFD BERECHNUNGEN (LUFTSTRÖMUNGSSIMULATIONEN)

Mittels CFD-Berechnungen mit dem Programm FLOVENT wurden weitere Varianten berechnet sowie das Zugluftrisiko (Draft Risk) für eine Zulufttemperatur von  $-10^{\circ}\text{C}$  bestimmt. Figur 9 zeigt ein typisches Resultat einer CFD Berechnung und Figur 10 den entsprechenden Versuch.

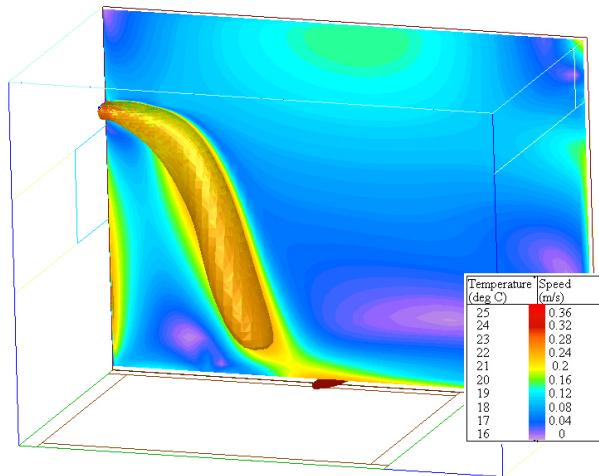


Fig. 9: CFD-Berechnung

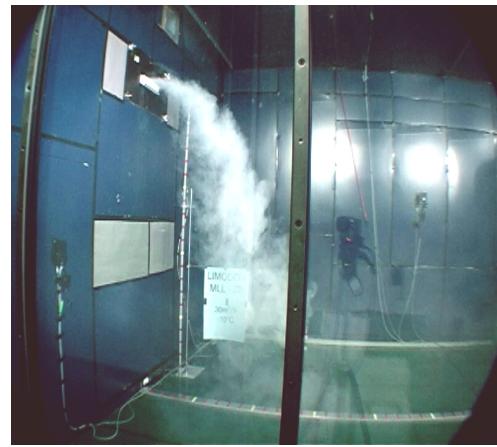


Fig. 10: Visualisierung in der Raumklimakammer

## CHARAKTERISIERUNG DER EINZELNEN DURCHLÄSSE

### Druck-Volumenstrom-Charakteristik

Zur Bestimmung der Druck-Volumenstrom-Charakteristik wurde eine separate Prüfeinrichtung aufgebaut. Es wurde festgestellt, dass eine eindeutige Charakterisierung eines Durchlasses Schwierigkeiten bereiten kann, da die Filter- und Schalldämmmeinsätze vom Hersteller nicht immer genau spezifiziert werden, diese aber einen grossen Einfluss auf die Strömungswiderstand haben (Figur 11).

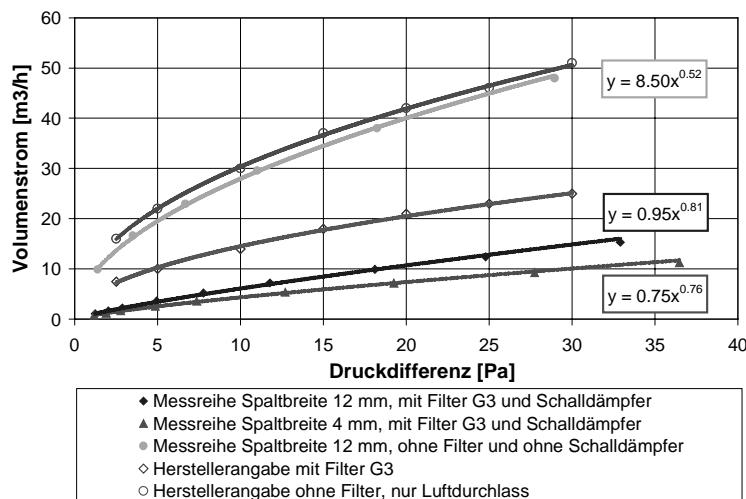


Fig. 11: Charakteristiken für ein typisches Produkt eines Außenluftdurchlasses

### Akustische Messungen

Akustische Messungen werden momentan durchgeführt. Bezuglich Filter/Schalldämmmeinsätze stellt sich teilweise das gleiche Problem wie bei den Messungen des Strömungswiderstands.

## EINFLUSS DER GEBÄUDELUFTDURCHLÄSSIGKEIT UND WEITERE SYSTEMASPEKTE

Bedingt durch Erkenntnisse aus den Messungen im Objekt Leuenweg wurde dem Einfluss der Gebäudeluftdurchlässigkeit auf das Systemverhalten erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt. Mithilfe des Rechenprogrammes COMIS wurden verschiedene Gebäudetypen untersucht.

Es zeigt sich, dass bei einem sehr dichten Gebäude ( $n_{L50} < 0.6 \text{ h}^{-1}$ ) mit ausreichend dimensionierten Durchlässen 90 - 100 %, bei einem Gebäude mit einem  $n_{L50}$  Wert von ca.  $2.0 \text{ h}^{-1}$  und knapp dimensionierten Durchlässen aber nur noch ca. 20 % der Außenluft über die Zuluftdurchlässe einströmt.

Durch die tiefen Druckniveaus ist zudem auch der Einfluss des Kamineffektes (Stackeffekt) im Gebäude recht gross. Figur 12 zeigt den Außenluft-Volumenstrom in Abhängigkeit des Druckniveaus für verschiedene Gebäudeluftdurchlässigkeiten (Beispiel: Erforderlicher Außenluvolumenstrom =  $150 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Wie häufig welche Druckdifferenzen über die Heizperiode auftreten kann aus der Figur 13 entnommen werden. In diesem Diagramm ist die Summenhäufigkeit der Wind- und thermisch induzierten Druckdifferenzen über die Fassade für den Standort Zürich dargestellt.

Daraus ist ersichtlich, dass gerade bei mehrgeschossigen Gebäuden dem Einfluss der natürlichen Druckkräfte infolge Temperaturunterschied innen-aussen und infolge Wind grosse Beachtung geschenkt werden muss. Entsprechende Planungsunterlagen fehlen, wären aber sicher dringend nötig.

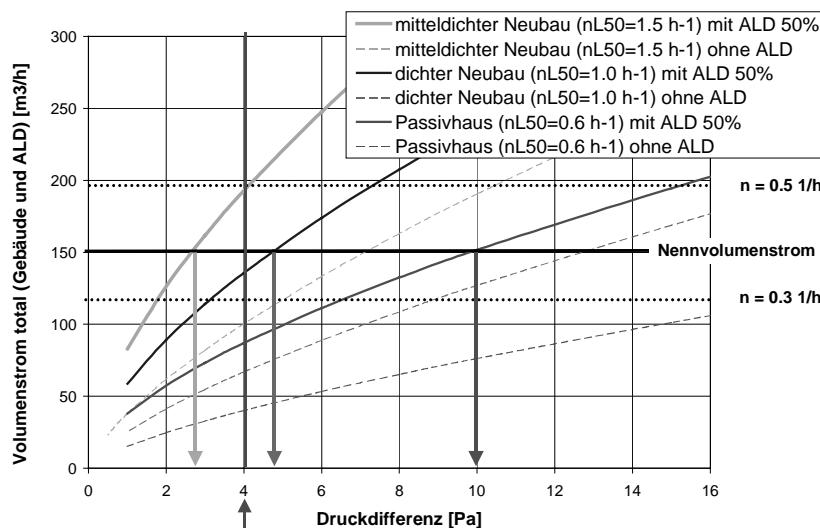


Fig. 12: Systemcharakteristik für ein EFH mit verschiedenen Luftdurchlässigkeiten und für verschieden grosse ALD. Max. Druckdifferenzen, bei denen für einen Nennvolumenstrom der Abluftanlage von  $150 \text{ m}^3/\text{h}$  50 % der Zuluft über die Gebäudeleckagen zugeführt wird

Aus Figur 12 ist ersichtlich, dass für einen Zuluftstrom von  $150 \text{ m}^3/\text{h}$  (entsprechend  $n = 0.38 \text{ h}^{-1}$ ) für einen mitteldichten Neubau (Luftdurchlässigkeitswert  $n_{L50} = 1.5 \text{ h}^{-1}$ ) bereits bei ca.  $2.5 \text{ Pa}$  Druckdifferenz 50% der Außenluft über die Gebäudeleckagen einströmt. Damit 80% über die ALD einströmen, müsste das Druckniveau sogar auf  $1 \text{ Pa}$  reduziert werden. Bei  $4 \text{ Pa}$  strömen rund  $2/3$  der Außenluft über die Undichtigkeiten ins Gebäude.

Für ein sehr dichtes Gebäude (z.B. Luftdichtheit gemäss Passivhausstandard,  $n_{L50} = 0.6 \text{ h}^{-1}$ ) können auch bei einer Druckdifferenz von  $10 \text{ Pa}$  über die Gebäudehülle noch 50 % über ALD zugeführt werden. Bei  $4 \text{ Pa}$  können 73 % der Zuluft über die ALD eingebracht werden, bei  $2.5 \text{ Pa}$  rund 80 %.

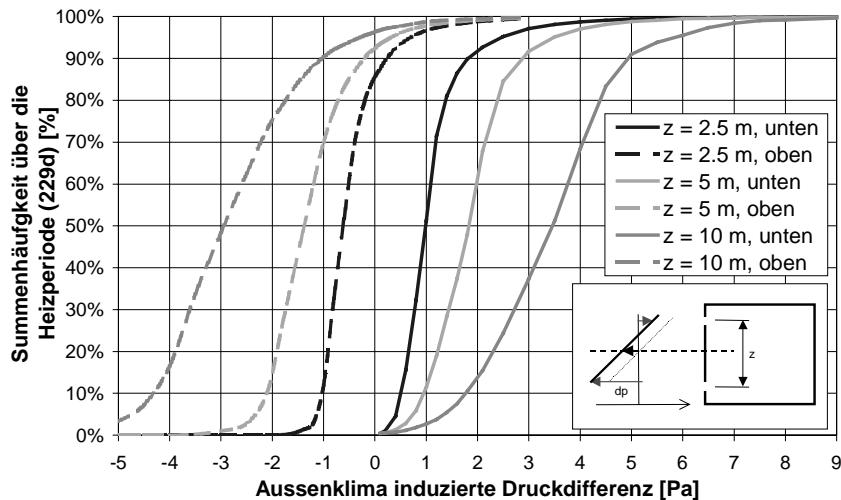


Fig. 13: Summehäufigkeit der Außenklima (Temperaturdifferenz, Winddruck) induzierten Druckdifferenz über die Fassade für drei verschiedenen Höhenpositionen und Gebäudestandort Zürich (positive Drücke wenn  $p_{\text{aussen}} > p_{\text{innen}}$ ).

## ZUSAMMENFASSUNG DER BISHERIGEN ERKENNTNISSE

Auch bei relativ kleiner Luftdurchlässigkeit des Gebäudes werden erhebliche Anteile der Zuluft nicht über die ALD, sondern über die Gebäudeleckagen angesogen.

ALD sind deshalb auf eine tiefe Druckdifferenz zu dimensionieren (ca. 4-10 Pa). Damit steigt aber andererseits die Beeinflussung durch natürliche treibende Kräfte (infolge von Wind und vor allem dem Kamineffekt).

Überströmöffnungen (Durchlässe, Türspalt) sind auf noch tiefere Druckdifferenzen auszulegen (1-3 Pa).

Durch den Kamineffekt tendiert die Luft (im Winterfall) unten ein- und oben im Gebäude auszuströmen. Um diesen Einfluss klein zu halten, ist in mehrgeschossigen Gebäuden eine möglichst gute geschossweise Luftdichtung nötig. Es ist eine geschossweise Dimensionierung der ALD vorzunehmen oder es sind volumenstrombegrenzende ALD einzusetzen.

Der Abluftstrom ist praktisch nur durch abluftsysteminterne Faktoren (z.B. Verschmutzung Filter) beeinflusst. Der momentane Luftdurchsatz durch den einzelnen ALD kann andererseits stark schwanken; er ist abhängig vom Außenklima, vom Einbauort des ALD im Gebäude, aber auch von der Konstellation der einzelnen Räume zueinander im Bezug auf Strömungswiderstände (Fenster, Türen offen oder geschlossen, Art der Überströmöffnungen). Sind in einem Raum einer Wohneinheit Fenster und Türe offen, wird über die ALD in den restlichen Zimmern sicher keine Luft mehr angesogen!

Bezüglich thermischem Komfort (Zugluft) ergaben horizontal ausblasende ALD erwartungsgemäß die grössten Eindringtiefen der kalten Zuluft in den Raum. Für solche ALD, auf Brüstungshöhe, bringt ein unterhalb montierter Heizkörper nicht unbedingt eine Verbesserung. Für oberhalb des Fensters montierte ALD mit wandparalleler Ausblasung sind zugluftbedingte Komfortprobleme nur Nahe der Außenwand und ggf. entlang des Bodens zu beobachten. Unterhalb montierte Heizflächen reduzieren das Zugluftrisiko meistens. Mit transparenten Gardinen können zudem etwaige Zuglufterscheinungen stark reduziert werden.

Es wurde festgestellt, dass die Produktebeschreibungen der einzelnen ALD Produkte von sehr unterschiedlicher Qualität sind. Ggf. eingesetzte Filter sind schlecht deklariert, haben auf die Volumenstromcharakteristik eines ALD aber einen entscheidenden Einfluss.

### Messobjekt Leuenweg

Die betrachteten Lüftungssysteme sind generell weit empfindlicher auf Mängel bei Planung, Ausführung und auch spätere Betriebsbedingungen, als das an sich einfache Systemkonzept erwarten liesse.

Die Kenntnisse bei Planern, aber auch die verfügbaren Planungs-/Komponentenunterlagen sind noch ungenügend. Eine entsprechend qualifizierte Planung müsste erbracht werden, lässt sich aber beim vorhandenen Kostendruck (ohne entsprechend nachdrückliche Kontrolle) kaum erbringen.

Nur eine sehr tiefe Luftdurchlässigkeit der Hülle lässt das System in der geplanten Art und Weise arbeiten, d.h. die erforderlichen Luftströme je Raum erzwingen.

Die Kombination von Einströmöffnungen und Wärmeabgabeelementen, ist vertieft zu untersuchen und zu optimieren.

Eine eingehende Einregulierung und Abnahme solcher Abluftsysteme ist dringend. Dies erfordert eine rasche Integration der EN-Normen in CH-Normen und eine baldige Verbesserung der Planungshandbücher.

## **Zusammenarbeit**

Eine Zusammenarbeit findet vor allem im Projektrahmen statt. Inputs zu den Projektarbeiten kommen aber auch von Begleitgruppenmitgliedern sowie von Arbeiten im Ausland.

Ebenso werden in der Projektarbeit die Aktivitäten und Bedürfnisse bezüglich des MINERGIE-Standards berücksichtigt.

## **Umsetzung**

### **BEGLEITGRUPPENSITZUNG**

Eine erste Begleitgruppensitzung hat am 7. Juni 2001 stattgefunden. Es wurden Resultate präsentiert und diskutiert und auch schon die in Phase 2 des Projektes geplanten Richtlinien skizziert. Damit ist eine praxisgerechte Festlegung der Ziele und der Resultate des Projektes gewährleistet.

Von Planerseite kam der Wunsch, nicht vor allem kritische Systemkonfiguration im Detail zu untersuchen, sondern vor allem gute und sinnvolle Systemlösungen zu erarbeiten und zu dokumentieren. Dieser Aspekt wurde bei der Planung der weiteren Messungen berücksichtigt.

Ebenso wurde mit der Begleitgruppe auch ein erstes Konzept für die im Detail in Phase 2 des Projektes zu erarbeitenden Richtlinie erarbeitet.

### **VERANSTALTUNGEN**

Ein im Rahmen der Weiterbildungskurse HTA/ZEN geplanter Kurs zum Thema Abluftsysteme mit Abwärmenutzung wurde in Absprache mit dem Projektbegleiter BFE zurückgestellt, da die Voraussetzung dafür (nahtloser Übergang in die Phase 2 des Projektes, in der Richtlinien und darauf basierende Kursunterlagen erstellt werden könnten) im Moment noch nicht gegeben sind.

## Bewertung 2001 und Ausblick 2002

Die Inputs der Begleitgruppe wurden bei der weiteren Planung für das Projekt und damit vor allem bei der Überarbeitung des Messplanes berücksichtigt. Die Messungen werden fokussiert auf kritische resp. sinnvolle Konfigurationen, andererseits wird den Systemaspekten (Gebäudeeinfluss) einen grösseren Stellenwert eingeräumt.

### **BEWERTUNG 2001**

Ziel (siehe	Zielerfüllung
Luftmengen-, Komfort- und Energiemessungen im Objekt Leuenweg durchgeführt	ja
Messungen an den Aussenluftdurchlässen (Volumenstromcharakteristik, akustische Messungen) sowie Untersuchungen bezüglich thermischem Komfort in der Raumklimakammer der EMPA durchgeführt und ausgewertet.	ja
Begleitende Berechnungen mit CFD (detaillierte Strömungssimulation) durchgeführt.	ja
Erste Messungen im Objekt Riedappel durchgeführt	geplant Nov./Dez. 01
Lay-Out und einen ersten unvollständigen Entwurf des Schlussberichtes erstellt.	ja
Erste Begleitgruppensitzung durchgeführt	ja

### **ARBEITSPLAN 2002**

#### ***Messungen Leuenweg***

Die Messungen müssen noch fertig ausgewertet werden. Weitergehende Analysen (z.B. Gebäudeundichtigkeiten mittels IR Aufnahmen, sowie eine Benutzerbefragung) werden kaum durchgeführt.

#### ***Messungen Riedappel***

Es sind Komfort- und Aussenluftdurchflussmessungen in einer Wohnung im Nov./Dez. 2001 vorgesehen. Je nach Resultat sind ggf. noch IR-Aufnahmen für Charakterisierung von Luftundichtigkeiten zu machen.

#### ***Labormessungen***

Durch die Erkenntnisse im Laufe des Projektes wurden im Messplan gewisse Änderungen vorgenommen. Diese betreffen die Auswahl der Produkte, die Messanordnung sowie die zu messenden Konfigurationen. Die Durchlässe wurden gemäss Strömungsmuster gruppiert und die Messvarianten entsprechend neu beurteilt und geplant (siehe Messplan im Anhang des Projektzwischenberichtes I-2001 [1]).

Die Strömungsversuche im Raumklimalabor sind abgeschlossen. Momentan werden noch die akustischen Messungen sowie die Schlagregenprüfungen durchgeführt.

#### ***Konzept Richtlinie***

Für die Ausarbeitung des Konzeptes für Richtlinie und Planungsunterlagen sollen ausgewählte Mitglieder der Begleitgruppe beigezogen werden. Das Konzept bildet dann auch die Basis für die Erstellung der Offerte für die Phase 2 des Projektes.

## ZEITPLAN

Der Zeitplan ist im wesentlichen unverändert (Änderungen in grün).

Projektphasen und Arbeiten	2000				2001				2002			
	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III
Projekt Phase 1												
Projekt Phase 2												
1 Projektleitung												
2 Begleitgruppe												
3 Messungen Gebäude												
Leuenweg Energie												
Leuenweg Komfort												
Riedappel Komfort												
4 Evaluation Durchlässe												
Messungen Charakteristik												
Messungen Klimakammer												
Messungen Akustik												
CFD Rechnungen												
Ermittlung Kenngrößen												
Optimierung Durchlässe												
5 Systemevaluation												
Einfluss natürliche Kräfte												
Einfluss Betrieb, Regelung												
5 Systemevaluation												
Konzept Richtlinie												
Erstellung Richtlinie												
7 Dokumentation												
Projektberichte												
Publikationen (Status-Seminar)												
Kurs/Abschlussveranstaltung												

## SCHLUSSBERICHT

Der Schlussbericht ist in einen eher knapp gehaltenen Hauptteil und einen Anhang mit den detaillierten Untersuchungsresultaten unterteilt. Produkte werden im Hauptteil mit einem Schlüssel, im Anhang mit dem Produktenamen identifiziert. Ein erster unvollständiger Entwurf (Hauptteil und Anhang) schon liegt vor.

## Referenzen

- [1] V. Dorer, P. Hartmann, A. Pfeiffer: **Energieeffiziente und bedarfsgerechte Abluftsysteme mit Abwärmennutzung (ENABL)**. Projekt-Zwischenbericht zuhanden des BFE. Mitte 2001.
- [2] Norm SIA 180 **Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau**. SIA Zürich, 1999