



ERHÖHUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ VON KLEINLÜFTUNGSANLAGEN

PERSPEKTIVEN FÜR GEBÄUDE DER 2000 W GESELLSCHAFT

Jahresbericht 2010

Autor und Koautoren	Beat Frei
beauftragte Institution	Hochschule Luzern – T&A, Zentrum für Integrale Gebäudetechnik
Adresse	Technikumstrasse 21 6048 Horw
Telefon, E-Mail, Internetadresse	041 349 32 74, beat.frei@hslu.ch , http://www.hslu.ch/zig
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	103227 / 154250
BFE-Projektleiter	Andreas Eckmanns
Dauer des Projekts (von – bis)	1.09.2009 – 30.06.2011
Datum	11.12.2010

ZUSAMMENFASSUNG

Heutige Kleinlüftungsanlagen – auch Komfortlüftungen genannt – verfehlen mehrheitlich die im SIA Merkblatt 2023 festgelegten Ziel- und Grenzwerte für den spezifischen elektrischen Leistungsbedarf p_{SFP} .

Hohe Druckverluste im Luftverteilsystem sowie interne und externe Leckagen im Lüftungssystem führen dazu, dass die Ziel- und Grenzwerte auf Anlagen noch bedeutend schlechter als bei der Geräteprüfung (Deklaration) an der Hochschule Luzern ausfallen.

Markante Verbesserungen am Prüfstand für Kompaktlüftungsgeräte der HSLU zeigen mit Tracer-gasmethode die wesentlichen internen und externen Leckagen an Kompaktlüftungsgeräten.

Die Untersuchungen an einer Pilot- und Musteranlage weisen den Weg, wie der Grenzwert für den spezifischen elektrischen Leistungsbedarf p_{SFP} eingehalten werden kann. Der realisierte p_{SFP} –Wert von $0.31 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ liegt unter dem Grenzwert aus SIA Merkblatt 2023. Die internen Leckagen des Kompaktlüftungsgeräts liegen im Bereich der Prüfstandsmessungen der HSLU. Dank sorgfältiger Abdichtung und guter Ausführung liegen die externen Leckagen im Luftverteilnetz bei rund 2%. Da die externen Druckverluste vergleichsweise niedrig sind, liegt das Optimierungspotenzial bei den Lüftungsgeräten selbst. Nur so kann der Zielwert den spezifischen elektrischen Leistungsbedarf p_{SFP} von $0.22 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ überhaupt erreicht werden.

Die Messkampagne an 20 ausgeführten Anlagen mit Seriengeräten wird 2011 zeigen, wo weitere Potenziale für die Effizienzsteigerung von Komfortlüftungen liegen.

Zudem wird die Untersuchung der Geruchsübertragung im Labor Antworten auf häufige Kundenfragen liefern. Bis heute liegen nur Messungen an grösseren Wärmeübertragern vor.

Projektziele

In 2000-Watt-Gesellschaft-kompatiblen Gebäuden sind energieeffiziente Lüftungsanlagen von zentraler Bedeutung. Interne Leckagen in Kompaktlüftungsgeräten und externe Leckagen in Luftverteilsystemen führen zur merklichen Minderung der Energieeffizienz und zu empfindlichen Komforteinbussen bei Geruchsübertragung. Bei zukünftig verstärktem Einsatz von Kleinlüftungsanlagen besteht somit ein grosses Effizienzsteigerungs-Potenzial.

Die bereits im BFE Jahresbericht 2009 definierten Arbeitsschritte zur Erreichung der Projektziele wurden aufgrund neuer Erkenntnisse wie folgt angepasst:

Arbeitsschritt 1: Der Prüfstand für Kompaktlüftungsgeräte wird für die vollumfängliche Bestimmung von Leckagen nach Nordtest Methode VVS 130 [1] ertüchtigt. Leckagen sollen unmittelbar im eingebauten Zustand während den thermodynamischen Prüfungen mit Tracergasmethoden geortet und quantifiziert werden.

Arbeitsschritt 2: Es wurde erkannt, dass die Leckageuntersuchungen von 20 bis 30 Anlagen aufwendig werden. Angestrebt wird, dass die Anlagen während einer zeitlich und örtlich konzentrierten Messkampagne mit allen vier IR-Spektroskopie Messgeräten sowie den zugehörigen Mehrpunktsamplern untersucht werden können.

Arbeitsschritt 3: Die Quantifizierung der Geruchsübertragung erfolgt über Tenax-Röhrchen sowie Gaschromatografie/Massenspektrometer anstelle Fouriertransformations-IR-Spektroskopie (infolge vorhandener Nachweisgrenzen).

Arbeitsschritt 4: Bereits im BFE Projekt *Reduktion des Elektrizitätsverbrauchs von Kleinlüftungsanlagen* [2] untersuchte Anlagen mit Musterpotenzial werden im laufenden BFE Projekt auf interne und externe Leckagen untersucht und im Erfolgsfall als Musteranlagen deklariert. Die Umsetzung von Musteranlagen wäre im festgelegten Projektzeitrahmen nicht möglich gewesen.

Arbeitsschritt 5: Input „Vertiefte Weiterbildung Komfortlüftung“ energy-cluster/HSLU erfolgt laufend, nicht erst nach Abschluss des BFE Projekts.

Aus diesen Anpassungen wurden für den Projektverlauf folgende Massnahmen abgeleitet:

- Substanzieller Upgrade des Prüfstandes für Kompaktlüftungsgeräte zur vollumfänglichen Leckagebestimmung während der thermodynamischen Geräteprüfung.
- Vorgängige Leckagebestimmung auf einer Pilotanlage, die als Musteranlage bezeichnet werden kann, damit ein Prüfmodell für die Messkampagne erstellt werden kann.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Substanzieller Upgrade des Prüfstandes für Kompaktlüftungsgeräte für die Leckagebestimmung

Kompaktlüftungsgeräte werden in der Schweiz vorteilhaft auf dem Prüfstand für Kompaktlüftungsgeräte untersucht und aufgrund der Resultate an der Hochschule Luzern deklariert. Diese Geräte-deklaration wird seit November 2008 betrieben und ermöglicht einen Produktequervergleich in Sachen Energieeffizienz, Akustik und Hygiene.

An der Hochschule Luzern stellt sich bei der Geräteprüfung auf dem Prüfstand für Kompaktlüftungsgeräte immer wieder folgende Frage: Entsprechen die untersuchten und damit auch deklarierten Kompaktlüftungsgeräte denjenigen aus der Serie? Schon seit längerer Zeit besteht die Vermutung, dass für die Deklaration nicht nur Seriengeräte bereitgestellt werden.

Die vollumfängliche Leckagebestimmung erfolgt am besten während der thermodynamischen Geräteprüfung. Bei den nach Prüfreglement einzustellenden Betriebspunkten können die Leckagen nach der Nordtest Methode VVS 130 [1] quantifiziert werden. Abb.1 zeigt die Prüfanordnung für die Leckagebestimmung mit einem üblichen Tracergas wie Schwefelhexafluorid (SF_6) oder Lachgas (N_2O). Die Konzentrationsmessung erfolgt mit IR-Spektroskopie und Mehrpunktsamplern.

Die Bezeichnungen am Kompaktlüftungsgerät beziehen sich auf folgende Luftströme:

1 Aussenluft **2** Zuluft **3** Abluft **4** Fortluft

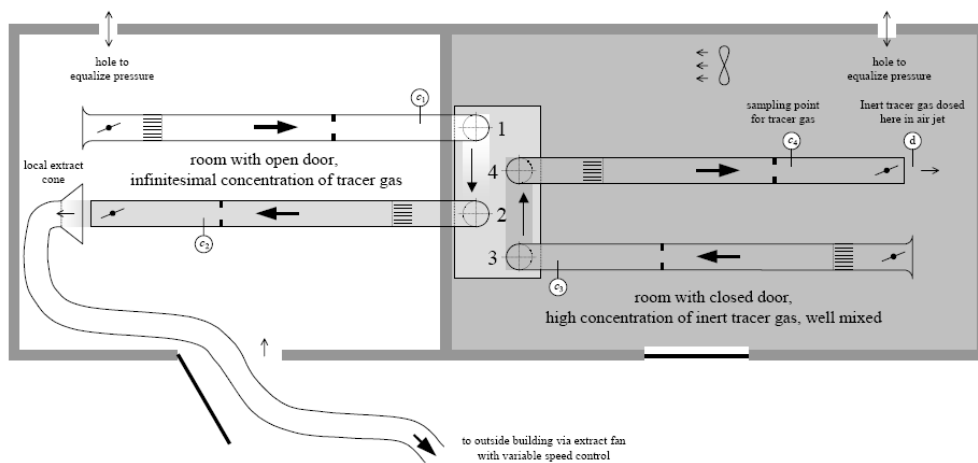


Fig. 1: Prüfanordnung für die Leckagebestimmung aus Nordtest Methode NT VVS 130 [5].

Die vorgängige Prüfanordnung nach Nordtest in Figur 1 wurde für den Prüfstand für Kompaktlüftungsgeräte modifiziert und erweitert (siehe Fig.2). Unsere Anforderungen bedingen den parallelen Einsatz der beiden Tracergase Schwefelhexafluorid (SF_6) und Lachgas (N_2O), da gleichzeitig auch die Leckage über die Gerätegehäusewand quantifiziert wird. Hierzu wird Lachgas (N_2O) in den Geräteaufstellungsraum (Kammer rechts in Fig. 2) eindosiert und die Konzentration mit der entsprechenden Tracergasmethode konstant gehalten. Gleichzeitig wird Schwefelhexafluorid (SF_6) in den geschlossenen ABL-FOL Kreis eindosiert und die Konzentration ebenfalls konstant gehalten. Durch Messung der N_2O -Konzentration in der Zuluft (2) kann die Leckage über die Gehäusewand unter Berücksichtigung undichter ABL-Leitungen im Geräte-Aufstellungsraum quantifiziert werden. Durch Messung der SF_6 -Konzentration in der Zuluft (2) kann die Übertragung von Abluft auf die Zuluft ebenfalls quantifiziert werden.

Zur Bestimmung der Übertragung von Aussenluft auf die Fortluft wird Schwefelhexafluorid mit konstanter Rate in die Aussenluft (1) emittiert. Die resultierenden Konzentrationen in der Aussenluft (1) und in der Fortluft (4) ergeben die aus Effizienzgründen unerwünschte direkte Übertragung von Aussenluft in die Fortluft.

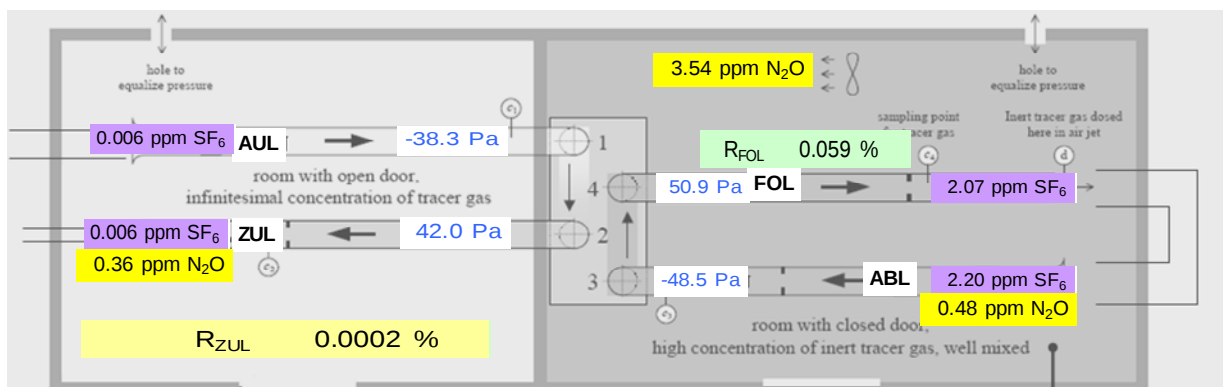


Fig. 2: Prüfanordnung für die Leckagebestimmung im Prüfstand für Kompaktlüftungsgeräte der Hochschule Luzern (mit fiktiven Zahlenwerten).

Das Upgrade des Prüfstandes erfordert den Einsatz zahlreicher IR-Spektroskopie Messgeräte und Mehrpunktsamplern (siehe Fig. 3). Die Anwendung von zwei Tracergasen (Schwefelhexafluorid und Lachgas) und von zwei Tracergasmethoden (konstante Emission und konstante Konzentration) stellt hohe Anforderungen. Die Prüfanordnung hat sich aber bei der ersten Geräteprüfung bewährt und wird nun weiter verbessert.



Fig. 3: IR-Spektroskopie Messgeräte mit Mehrpunktsamplern für die Bestimmung von Leckagen bei Kompaktlüftungsgeräten.

Interne und externe Leckagebestimmung an einer Pilotanlage im Knonauer Amt

Im abgeschlossenen BFE Projekt *Reduktion des Elektrizitätsverbrauchs von Kleinlüftungsanlagen* [2] wurden Feldmessungen zur Bestimmung des spezifischen elektrischen Leistungsbedarfs p_{SFP} und der Druckverluste im Luftverteilnetz vorgenommen. Hierbei konnte eine Anlage im Knonauer Amt gefunden werden, deren Eigentümer bereits in der Bauphase Wert auf möglichst niedrige Druckverluste und damit hohe Energieeffizienz der Luftförderung gelegt hat. Der realisierte spezifische elektrische Leistungsbedarf p_{SFP} von $0.31 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ für die Luftförderung liegt unter dem SIA 2023 Grenzwert von $0.34 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$, aber noch deutlich über dem SIA 2023 Zielwert von $0.22 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$. Somit sollte durch Tracergasmessungen vor Ort verifiziert werden, dass nicht unnötige interne und externe Leckagen zur Minderung des p_{SFP} -Wertes beitragen.



Fig. 4: Die Pilotanlage im Knonauer Amt mit einem spezifischen elektrischen Leistungsbedarf p_{SFP} von $0.31 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$.

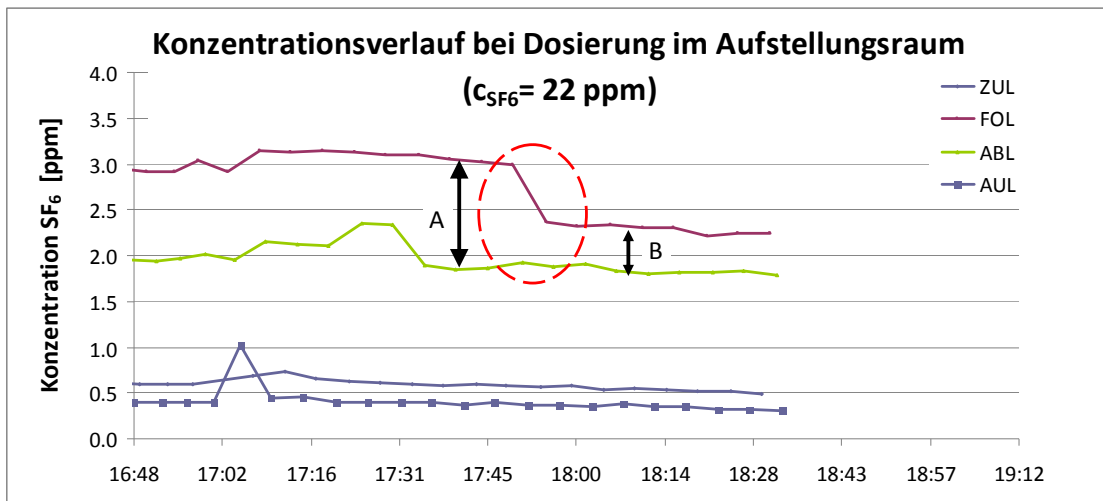


Fig. 5: Bestimmung von internen und externen Leckagen des Lüftungssystems der Pilotanlage im Knonauer Amt.

Fazit aus der Leckagemessung auf der Pilotanlage im Knonauer Amt:

- Insgesamt visuell gute Ausführung mit sorgfältiger Abdichtung.
- Interne Leckagen im Lüftungsgerät liegen im Bereich der Prüfstandsmessungen
- Externe Leckagen im Luftverteilnetz auf der Unterdruckseite Aussenluft sind relativ gering (2%), dies trotz Filter- und Vorwärmerbox.
- Externe Leckagen im Luftverteilnetz auf der Unterdruckseite Abluft sind mit 5% relativ gross (siehe Fig.5, Position A). Nach korrekter Syphonierung liegt die Leckage bei 2% (siehe Fig. 5, Position B).
- Bei Leckagewerten über 5% sind Detailabklärungen vorzunehmen.



Fig. 6: Durch die korrekte Syphonierung (rechts) wird keine Umgebungsluft mehr über den Kondensatablauf in das Kompaktlüftungsgerät eingesogen.

Nationale Zusammenarbeit

Es besteht eine Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Nordwestschweiz respektive mit der dort angegliederten Minergie®-Agentur Bau.

Praxisrelevante Erfahrungen aus dem BFE Projekt werden in der vertieften Weiterbildung Komfortlüftung des Energy Cluster, welche zweimal im Jahr durchgeführt wird, weitergegeben.

Internationale Zusammenarbeit

Im Januar 2010 wurde eine D-A-CH Gruppe für Komfortlüftung gegründet. Die Energieeffizienzsteigerung von Komfortlüftungsanlagen wird in dieser Gruppe schwerpunktmässig behandelt. Das nächste Treffen ist für Frühling 2011 vorgesehen.

Bewertung 2010 und Ausblick 2011

Die Musteranlage im Knonauer Amt zeigt, worauf es bei der Realisierung energieeffizienter Anlagen ankommt. Es braucht den Einsatz und das Interesse aller Beteiligten, um diese anspruchsvolle Aufgabe lösen zu können. Das fängt bei der Dimensionierung und Verlegung des Luftverteilnetzes an und hört wohl beim Kondensatsyphon auf. Der realisierte p_{SFP} -Wert von $0.31 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ weist aber auch darauf hin, dass nur mit strömungstechnisch verbesserten Kompakt-lüftungsgeräten der SIA 2023 Zielwert von $0.22 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ überhaupt in Realisierungsbereich kommt.

In der nächsten Phase des laufenden BFE Projekts wird 2011 die grossangelegte Messkampagne der HSLU durchgeführt. Im Einsatz sind vier komplette IR-Spektroskopie Messgeräte mit Mehrpunktsamplern zur Bestimmung interner und externer Leckagen. Wo immer möglich wird der spezifische elektrische Leistungsbedarf p_{SFP} berechnet, um einen noch besseren Überblick über den derzeitigen Stand der Energieeffizienz bei Kleinlüftungsanlagen zu erhalten.

Ebenso wird die Geruchsübertragung bei Kompaktlüftungsgeräten untersucht werden. Diesbezügliche Vergleichswerte eigener Untersuchungen an grösseren Lüftungsgeräten und Vergleichswerte eines deutschen Instituts liegen bereits vor.

Die Bestimmung von Leckagen bei der thermodynamischen Prüfung von Kompaktlüftungsgeräten wird nach der Einarbeitung eines neuen wissenschaftlichen Mitarbeiters wieder aufgenommen.

Infolge der gewonnenen Erkenntnisse über die realen Leckagewerte von installierten serienmässigen Kompaktlüftungsgeräten wird die Gerätedeklaration an der Hochschule Luzern aussagekräftiger werden.

Referenzen

- [1] **Erhöhung der Energieeffizienz von Kleinlüftungsanlagen**, Jahresbericht BFE Projekt Nr. 103227, Bundesamt für Energie, Bern 2009.
- [2] **NORDTEST Method NT VVS 130**: Aerodynamic and thermal performance testing and calculations, Nordisk Innovations Center, Norwegen 2006.
- [3] R. Furter et al., **Reduktion des Elektrizitätsverbrauchs von Kleinlüftungsanlagen**, Schlussbericht BFE Projekt 101977, Horw 2009.