



energie + umwelt zentrum
am deister

Reader

13th International BILDAIR-Symposium

June 2 and 3, 2023

Hannover Congress Centrum (HCC)
with accompanying trade exhibition



Sponsors



BlowerDoor GmbH
MessSysteme für Luftdichtheit



Tagungsband zum
13. Internationalen BUILDAIR-Symposium

**Luftdichtheit von Gebäuden, Thermografie
und Lüftungssysteme in der Praxis**

**2. und 3. Juni 2023
Hannover**

Reader to
13th International BUILDAIR Symposium

**Airtight Buildings, Thermography and
Ventilation Systems in Practice**

**June 2 and 3, 2023
Hannover**



energie + umwelt zentrum
am deister

Impressum

Herausgeber Energie- und Umweltzentrum am Deister GmbH
publisher 31832 Springe-Eldagsen, Deutschland

Redaktion Ursula Mellema
editorial staff

Titellayout Thomas Kupas, design@in-fluenz.de, Hannover,
cover Deutschland

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung auch von Teilen außerhalb des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen

Autoren, Herausgeber und redaktionelle MitarbeiterInnen und Herstellungsbetriebe haben das Werk nach bestem Wissen und mit größter Sorgfalt erstellt. Inhaltliche und technische Fehler sind jedoch nicht vollständig auszuschließen.

All rights to this work, including all or any of its parts, are reserved. Any use, even in part, outside of the copyright without previous authorization by the editor is illegal and punishable. This applies in particular to duplications, translations, microfilming, and storing and processing in electronic systems.

The authors, editors, editorial staff, and manufacturing companies have completed this work to the best of their knowledge and with the utmost care. However, errors in content or technical errors cannot be completely ruled out.

© 2023, Energie- und Umweltzentrum am Deister GmbH



energie + umwelt zentrum
am deister

Sponsoren / Sponsors



BlowerDoor GmbH
MessSysteme für Luftdichtheit

Generalvertretung für Minneapolis
BlowerDoor Messtechnik in Europa

- qualifizierte Beratung und Vertrieb modernster Messtechnik für Luftdichtheit
- Kalibrierung der MessSysteme
- umfangreiches Seminarangebot
- kontinuierliche Weiterentwicklung von Hard- und Software



Entwicklung, Produktion und Vertrieb
hochwirksamer Dichtungssysteme für
Wärmedämmkonstruktionen

- Luftdichtung innen
- Winddichtung außen
- Verbindungsmittel
- Fensteranschluss
- Seminare

Kooperationspartner / cooperation partners



Medienpartner / media partners



Inhalt / content

Aus den Ländern	7
Country reports	
Vorstellung des ab Dezember 2022 geltenden Nationalen Anhangs zur SN EN ISO 9972	8
Presentation of the National Annex to SN EN ISO 9972, effective December 2022	9
<i>Michael Wehrli, CH</i>	
Luftdichtheit und die griechische Mentalität	10
Airtightness versus local mentality in Greece	11
<i>Theodoros Sotirios Tountas, GR</i>	
Gebäudehülle dicht und gut	13
Good and airtight building envelopes	
Luftdichtheit im Bestand und entsprechende Anschlussdetails	14
Airtightness in existing buildings and installation specifications	16
<i>Stefan Hückstädt, D</i>	
Luftdichtheit von Abluftklappen für Dunstabzugssysteme	18
Airtightness of exhaust flaps for extractor systems	20
<i>Søren Peper, Kristin Bräunlich, D</i>	
Ungewöhnliches Verhalten von Dampfsperren	22
Unusual behavior of vapor barrier membranes	23
<i>Lars Due, DK</i>	
Effizienz der Lüftung	25
Efficiency of ventilation systems	
Volumenstrommessung an zwei paarweise, alternierend arbeitenden Lüftungsgeräten (Pendellüftern) unter Windeinfluss – Teil 2	26
Air flow measurements at two pairs of alternately operating air handling units (push/pull units) under wind impact – part 2	27
<i>Oliver Solcher, D</i>	
Versuch, die Funktion von Hochdruckinduktionsklimageräten zu verbessern – erste Fehlerdiagnose on a 23 years-old building	28
Attempt to improve the functioning of 257 high-pressure induction unit – first real diagnosis campaign	30
<i>Fabrice Richieri, Bassam Moujalled, F</i>	
Revitalisierte historische Lüftungsanlagen und neue Fenster in Schulräumen	32
Revitalized historical ventilation systems and new windows in classrooms	33
<i>Thomas Runzheimer, D</i>	
Energieeinsparung durch Fensterservice	34
Energy saving through window service	35
<i>Beda Bossard, Gregor Notter, Reto Gadula, CH</i>	
Energieverluste und Mängel an Lüftungsanlagen insbesondere im Ein- und Mehrfamilienhausbereich	36
Energy losses and defects in ventilation systems, especially in single and multi-family homes	37
<i>Theo Reuter, D</i>	

Qualitätssicherung	39
Quality assurance	
Schimmel auf der Baustelle	40
Mold at the construction site	41
<i>Theo Reuter, RA Andreas Fligg, D</i>	
Ergänzungen zur Standard-Messung	43
Additional information on standard measurements	
Prüfung großer Gebäude durch den Einsatz von Ventilatoren im Lüftungssystem	44
Testing of large buildings by using fans in the ventilation system	45
<i>Lars Due, DK</i>	
Anforderungen an die Luftdichtheit von Gebäuden in Spanien	46
Building airtightness requirements in Spain	47
<i>Irene Poza Casado, E</i>	
Lock-in-Thermografie mit Gebläse-Steuerung zur Ermittlung von Leckageströmen an Fassaden	48
Lock-In Thermography with Blower Excitation for air Leakage Detection at Facades	50
<i>Johannes Pempeintner, Benedikt Kölsch, Björn Schiricke, D</i>	
Änderung der ISO 9972: Vorschlag für eine verlässlichere Norm zur Messung des Leckagestroms	52
mit dem Differenzdruckverfahren	
Improvement of the ISO 9972: proposal for a more reliable standard to measure airleakage rate	53
using fan pressurization method	
<i>Benedikt Kölsch, Adeline Mélois, Valérie Leprince, F/D</i>	
Messung besonderer Gebäude	55
Measuring special buildings	
Luftdichtheitsmessungen an einem besonders dichten und ungewöhnlichen Objekt "Betonhalle zur CO ₂ -Speicherung in Recycling-Beton"	56
Air pressure measurements at a particularly airtight and unusual building: "Concrete shell for CO ₂ storage in recycled concrete aggregates"	57
<i>Michael Wehrli, CH</i>	
Dauer des Druckaufbaus bei der Messung sehr dichter Gebäude und von Gebäuden mit flexiblen Luftdichtheitsschichten	58
Pressurization time for measuring very airtight buildings and buildings with flexible airtight layers	59
<i>Joachim Zeller, D</i>	
Auswertung von Zonenmessungen am Beispiel von Wohnungen	60
Zone measurements and their analysis as carried out in apartments	61
<i>Gregor Notter, CH</i>	
Messung der Luftdichtheit von Hochhäusern über 100 Meter (Projekterfahrungen) – Teil 2	62
Measuring airtightness of 100-meter high-rise buildings (lessons learned) – part 2	63
<i>Stefanie Rolfmeier, D</i>	
Aussteller	65
Exhibitors	

Aus den Ländern

Country reports

Vorstellung des ab Dezember 2022 geltenden Nationalen Anhangs zur SN EN ISO 9972

Michael Wehrli

Gutachterbüro Wehrli & theCH Thermographie und Blower-Door Verband Schweiz,
Oberdorf 21, 8460 Marthalen, Schweiz

T: +41 52 3015460 oder +41 78 7110180, michael@wehrli-online.de

Der nationalen Anhang NA dient neben einer verbesserten Begriffs- und Definitionsklärung dazu, ein Verfahren 3 einzuführen. Einerseits soll das eine gute Praktikabilität des Messverfahrens in der Schweiz sicherstellen und andererseits eine gute Qualität der Luftdichtheit von Gebäuden gewährleisten. Beispielsweise die Gebäudepräparation weicht dabei in einigen Punkten vom früheren Usus ab. Es dürfen tendenziell weniger Bauteile abgeklebt werden, um gute Bauausführungen zu fördern.

In diesem Zusammenhang ein Exkurs zu einem in 2023 geplanten Minergie-Pilotprojekt: Fortschritte bei der Fabrikation und Montage kritischer Bauteile ermöglichen die Planung eines Pilotprojekts bei einem öffentlichen Bauvorhaben. Es geht um ein Industrie-Gebäude, dass für die kantonale Fahrzeugprüfung vorgesehen ist und eine grosse Anzahl und Fläche von Rolltoren aufweist. Üblicherweise weisen Rolltore konstruktionsbedingt viele Leckagen auf und dürfen, um die Einhaltung der Grenzwerte der Gebäudehülle zu prüfen, abgeklebt werden. Die technischen Standards der Luftdichtheit bei Rolltoren haben sich in den letzten 10 Jahren verbessert. Das macht es möglich, diese bei den LD-Messungen nicht mehr abzukleben. Dennoch ist eine leichte Anpassung der Grenzwerte notwendig. Diese werden dabei, abhängig von der installierten Torfläche, leicht erhöht angesetzt. Im Gegenzug wird die Luftdichtheit dieser Bauteile bei den Messungen mit geprüft. Sie müssen handwerklich sauber ausgeführt werden.

Im nationalen Anhang NB geht es um die Anzahl und Auswahl der Messzonen. Dort haben wir eine Stichprobenmessung für Mehrfamilienhäuser definiert. Da in der Schweiz in diesem Bereich in der Regel wohnungsweise gemessen wird, wurde ein minimal und maximal erforderliche Anzahl von Stichproben definiert und Kriterien für die Auswahl dieser Zonen definiert.

Presentation of the National Annex to SN EN ISO 9972, effective December 2022

Michael Wehrli

Gutachterbüro Wehrli & theCH Thermographie und Blower-Door Verband Schweiz,
Oberdorf 21, 8460 Marthalen, Switzerland
phone: +41 52 3015460 or +41 78 7110180, michael@wehrli-online.de

Aside from amending terms and definitions, the purpose of the national Annex NA is to introduce "Procedure 3". The annex has the purpose to ensure that the measuring method is feasible in Switzerland and that the airtightness quality in buildings is good. The building preparation, for instance, is slightly different compared to the previous method. There is a tendency to tape off fewer components to promote good workmanship.

In this context, I will digress briefly to comment on a Minergie pilot project planned for 2023: Thanks to progress made in the manufacture and assembly of critical components, it is now possible to plan a pilot project for a public works project. The project is an industrial building to be used for cantonal vehicles inspections and has a large number and area of roller shutter doors. Normally, roller shutter doors have many leaks due to their design and may be taped off in order to verify compliance with the limit values of the building envelope. Technical standards specifying the airtightness for roller shutter doors have improved over the last 10 years. It is thus no longer necessary to tape them off during airtightness measurements. Nevertheless, it is necessary to slightly adjust the limit values. They are set to a slightly higher value, depending on the installed shutter door surface. Accordingly, the components are also checked for airtightness during the measurements. The process has to be carefully planned and executed.

National Annex NB specifies the number and selection of measurement zones. We defined a sample measurement for multi-family dwellings in the annex. As apartments are normally measured individually in multi-family dwellings, we defined a minimum and maximum number of sample measurements as well as selection criteria for these zones.

Luftdichtheit und die griechische Mentalität

Theodoros Sotirios Tountas

FUV, 55 Parnithos Str., 11146, Galatsi, Athens, Griechenland
T: +30 697 3022673, fuv@fuv.gr

Diese Präsentation behandelt Aufzeichnungen der ersten 100 Luftdichtheitstests in Griechenland von 2010 bis heute. Die Tests wurden in renovierten und unrenovierten privaten Haushalten und großen Geschäftsgebäuden unterschiedlicher Baujahre in verschiedenen Städten und Inseln unseres Landes durchgeführt. Die meisten Tests fanden in der Region um Attika und in Athen statt. Aus den Aufzeichnungen lassen sich sehr nützliche Schlussfolgerungen zur Nachhaltigkeit, Energiebilanz und den Gewohnheiten der Bewohner ziehen, die in Gebäuden leben, die in den letzten 60 Jahren errichtet wurden. Gebäude, die Energie verschwenden, begünstigen Menschen und Gewohnheiten, die ebenfalls Energie verschwenden – mit dem Risiko, dass energetische Optimierungen, Energieeinsparungen und eine nachhaltige Verringerung der Energiebilanz scheitern werden. Die in der Vergangenheit verwendeten Bauweisen haben sich kaum weiterentwickelt, so dass aktuelle Baustoffe mit alten Bauweisen kombiniert wurden. Die neuen Baustoffe können daher ihre Funktion nicht erfüllen und führen zu Materialversagen. Letztlich verursachen sie daher mehr negative Folgen, statt die Probleme zu lösen, zu deren Bewältigung sie eingesetzt werden. Die Methode zur Protokollierung der Ergebnisse und die abschließenden Schlussfolgerungen werden am Ende des Papers beschrieben. Zusätzlich zur Protokollierung der Tests wurden die Bewohner, Ingenieure und Handwerker nach ihrer Meinung zu luftdichten Gebäuden gefragt.

Airtightness versus local mentality in Greece

Theodoros Sotirios Tountas

FUV, 55 Parnithos Str., 11146, Galatsi, Athens, Greece
phone: +30 697 3022673, fuv@fuv.gr

This presentation is the recording of the first 100 airtight tests in Greece, from 2010 until today. The inspections were carried out in private homes and in large-scale commercial buildings, of different construction dates, renovated or not, in various cities of the country and on islands. Most of the inspections were carried out in the area of Attica and in the city of Athens. From the above recording, very useful conclusions emerge about how energy sustainable the cities that have been built in the last 60 years are, their energy footprint and above all the habits of the population that lives in them. Wasteful buildings have created wasteful people and habits with the result that there is a risk of failure of energy upgrade moves, energy savings and a substantial reduction of the energy footprint. The construction techniques used in the past have evolved little, resulting in the use of state-of-the-art materials with old techniques. This results in the failure of new materials and often has more negative consequences than the problems they are trying to solve. A specific method was followed to record the results and the final conclusions described at the end. In addition to recording the inspections, building users, engineers and craftsmen were interviewed on the subject of the airtight housing.

Ihre Notizen / Your notes

Gebäudehülle dicht und gut

Good and airtight building envelopes

Luftdichtheit im Bestand und entsprechende Anschlussdetails

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Hückstädt

MOLL bauökologische Produkte GmbH, Rheintalstraße 35-43, 68723 Schwetzingen, Deutschland
T: +49 6202-278245, stefan.hueckstaedt@proclima.de

Die luftdichte – bzw. physikalisch korrekt: ausreichend luftundurchlässige – Bauweise von Gebäuden entspricht bekanntermaßen dem aktuellen Stand bzw. den allgemein anerkannten Regeln der Technik. In Neubauten ist eine ausreichend luftundurchlässige Ausführung bei sorgfältiger Planung, Umsetzung und Qualitätskontrolle der Ausführung auch verhältnismäßig einfach erreichbar.

Anders stellt sich die Situation oft bei Modernisierungen bestehender Gebäude dar. Hier muss die luftdichte Hülle teilweise in bestehende Gebäudeteile nachträglich integriert werden. Dabei werden die einzelnen Bauteile unter Umständen nicht vollständig geöffnet. Dies ist beispielsweise bei Sanierungsmaßnahmen von außen der Fall, wo oft die Bewohner möglichst ungestört im Gebäude verbleiben sollen. Wenn vorhandene Luftdichtheitschichten weiter als solche genutzt werden sollen, ist deren Ausführungsqualität meist nicht klar. Anschlussverklebungen müssen auf bestehenden Oberflächen durchgeführt werden, wobei diese oft ohne weitere Behandlung nicht als Klebeuntergrund geeignet sind. Teilsanierungen führen dazu, dass nicht das gesamte Gebäude ertüchtigt und damit luftdicht abgedichtet wird, sondern eben nur der betroffene Sanierungsbereich. All diese Punkte und weitere führen bei der nachträglichen Luftdichtung von Bestandsgebäuden zu größeren Herausforderungen an alle Beteiligten und deren Arbeiten.

Obligatorisch sollte daher eine sorgfältige Bestandsaufnahme sein. Dabei können sowohl die bestehenden Bauteilaufbauten in der Fläche als auch deren Übergänge für die spätere Detailausbildung in Augenschein genommen werden. Auch der spätere Verlauf der Luftdichtung im Gebäudeschnitt bzw. das später beheizte Gebäudevolumen sollte berücksichtigt werden.

Im nächsten Schritt sollte dann eine sorgfältige Planung erfolgen. Für jedes Bauteil wird die Luftdichtheitsebene festgelegt. Zu beachten sind hierbei unter anderem bauphysikalische und konstruktive Besonderheiten, beispielsweise, wenn die Luftdichtung von außen in die Konstruktion eingebracht werden soll.

Besonderes Augenmerk gilt auch einem bisher unausgebauten Dachraum. Generell stellt sich hier die Frage, ob dieser Bereich mit in das beheizte / luftdichte Gebäudevolumen aufgenommen werden soll oder nicht. Abhängig davon sowie abhängig von der Herangehensweise (von innen oder außen) ergeben sich Besonderheiten hinsichtlich Ausführung und Detailausbildung.

Für gemauerte Außenbauteile gilt es zu beachten, dass hier meist der Innenputz die geforderte Luftdichtheit erzeugt. Demzufolge müssen auch alle entsprechenden Bauteile über eine vollflächige und geschlossene Putzschicht verfügen. Dies ist jedoch teilweise hinter Vorwandinstallationen, hinter Kniestockwänden oder im Dachspitz nicht der Fall, weswegen dort oft nachgearbeitet werden muss.

Eine Vielzahl luftdichter Abdichtungen wird durch Verklebungen hergestellt, wobei sich entsprechende Anforderungen an den Klebe-Untergrund ergeben, die jedoch gerade im Gebäudebestand nicht oft gegeben sind. Daher sollte eine Grundreinigung vor Verklebung eigentlich obligatorisch sein. Unter Umständen müssen Bauteilschichten gar ergänzt werden – z. B. Mauerwerk oder Putz. Leichter oberflächlicher Staub kann vor Verklebung

mithilfe eines sog. Haftprimers gebunden werden. Nicht standfeste, abbröckelnde Oberflächen sind nicht geeignet für Verklebungen.

Als Alternative zu den „klassischen“ Verklebungen können Anschlüsse bei komplizierter Geometrie oder schwierigen Oberflächeneigenschaften auch mit Flüssigdichtstoff abgedichtet bzw. angeschlossen werden. Diese Dichtstoffe haften auf den meisten bauüblichen Materialien und sind relativ einfach und zeitsparend durch Aufsprühen oder Aufstreichen applizierbar.

Zu guter Letzt ist auch bzw. insbesondere bei Arbeiten im Bestand eine baubegleitende Qualitätssicherung sinnvoll, da der Teufel hier im wahrsten Sinne des Wortes oft im Detail steckt.

Airtightness in existing buildings and installation specifications

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Hückstädt

MOLL bauökologische Produkte GmbH, Rheintalstraße 35-43, 68723 Schwetzingen, Germany
phone: +49 6202-278245, stefan.hueckstaedt@proclima.de

We all know that the airtight or sufficiently air-impermeable (which is the physically correct term) building design is state-of-the-art, i.e., complies with the "Recognized and Generally Accepted Good Engineering Practices". It is relatively easy to achieve a sufficiently air-impermeable design for new buildings when ensuring that it is carefully planned and executed and that the design is quality-controlled.

When modernizing existing buildings, the situation is often different. Here, parts of the airtight envelope have to be incorporated into the existing building during retrofitting. In some cases, certain components are not opened up entirely during the process, e.g., when renovating buildings from the outside where residents expect to stay in the building with minimum hassle. If clients want to retain existing airtightness layers, it is often difficult to assess the workmanship. The surface of the "old" airtight barrier has to be used for bonding even though it is often not suited for such a purpose and has to be primed prior to bonding. During partial renovations only the affected part of the building is upgraded and sealed airtight, and not the entire building. These and several other aspects are major challenges for all parties involved while retrofitting an existing building with an airtight layer.

For the reasons cited above, it should be mandatory to conduct a careful survey of the building before starting the renovation. Especially surfaces and butt joints of existing superstructures should be inspected to ensure that they are fit for subsequent joining and bonding. The air seal to be installed should be identified in the building's sectional view and the building volume to be heated after completion should also be taken into account.

Then, careful planning should start during which an airtight layer is defined for each component. When retrofitting the air barrier from the outside, building physics and the design of the building have to be considered as well.

If the attic hasn't been converted so far, the question arises as to whether the attic will be part of the heated / airtight building volume, or not. Depending on this decision and the method applied (retrofitting from the inside or outside), contractors have to consider certain aspects during execution and while sealing the joints.

When dealing with exterior brick walls, it should be noted that the interior plastering usually provides for the required airtightness. Accordingly, all components affected have to be plastered across the entire surface. More often than not, however, this is not the case behind pre-wall installations, sill walls or in the garret, which is why these areas often require rework.

Many airtight seals are achieved by bonding the surfaces. The substrate has to meet certain requirements which is often not the case in existing buildings. Cleaning the surfaces is thus a must and should be made obligatory before starting with bonding. In some cases, layers, e.g., masonry or plaster, have to be added to some components. Light superficial dust can be removed by using an adhesive primer. Unstable, crumbling surfaces are not fit for bonding.

When dealing with joints with complicated or difficult surface geometries a liquid sealant can be applied instead of "classic" adhesives. These sealants adhere to most conventional materials and you can spray or apply them easily and quickly - thus saving quite some time.

Last but not least, quality assurance during retrofitting is also useful, especially when working in existing buildings, because, as the saying goes, the devil lies in the details.

Luftdichtheit von Abluftklappen für Dunstabzugssysteme

Søren Peper¹, Kristin Bräunlich²

¹ Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt, Deutschland
T: +49 6151 82699-18, F: +49 6151 82699-11, soeren.peper@passiv.de

² Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt, Deutschland
T: +49 6151 82699-0, F: +49 6151 82699-11

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Wie groß ist der energetische Beitrag für energieeffiziente Gebäude aufgrund der Undichtheit von Abluftklappen für Dunstabzugssysteme?

Wie groß ist der Beitrag solcher Klappen für eine Blower Door Messung.

Methode der Herangehensweise

Prüfstand-Messungen und Berechnung

Inhalt des Vortrags

Abluftklappen von Abluftdunstabzugssystemen stellen eine dauerhafte Durchdringung der thermischen Gebäudehülle dar, obwohl die Dunstabzugshaube den größten Zeitanteil (etwa 23,5 h pro Tag) außer Betrieb ist. Undichte Abluftklappen können in diesem Zustand nennenswerte Infiltrationen hervorrufen, die wesentliche Wärmeverluste verursachen können. Mit Hilfe des Messgeräts MLM wurden Leckagemessungen an unterschiedlichen Abluftklappen (Mauerkästen) durchgeführt. Zur Bestimmung der Leckage jedes Prüflings wurde sowohl eine Unterdruckmessung als auch eine Überdruckmessung durchgeführt. Der ermittelte Volumenstrom entspricht der Leckage des Prüflings inklusive Prüfstand. Mit Hilfe einer „Nullmessung“ im Vorfeld jeder Messung kann durch Verschließen des Prüfstands ohne Prüfling die Prüfstandleckage bestimmt werden. Diese wird bei der anschließenden Messung der Komponente in Abzug gebracht. Für jede Klappe wurden mehrere Messungen durchgeführt bei verschiedenen Differenzdrücken zwischen 0 und 200 Pa Unter- und Überdruck an der geschlossenen Klappe. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Ergebnisse über eine Ausgleichsfunktion auf jeweils gleiche Bedingungen umgerechnet.

Ergebnisse und Beurteilung

Für den Vergleich wurden die Differenzdruckstufen 5 und 50 Pa gewählt. Der niedrige Druck von 5 Pa wird hier als Referenz für reale Betriebsbedingungen herangezogen.

Es wurden deutliche Unterschiede in der Leckagerate bei 50 Pa Differenzdruck festgestellt. Die Variante „Lüftungsgitter (Vogelschutz)“ stellt eine Referenz dar, da diese Variante zumindest im Bestand noch vorzufinden ist. Bei den untersuchten Mauerkästen stechen vor allem zwei Klappen aus dem Baumarkt heraus: Diese Rückstauklappen waren so undicht, dass sie im Überdruck schon ab geringen Differenzdrücken nahezu vollständig öffnete. Die Prüfstandmessungen konnten bei diesen Klappen nur bis zu einem Überdruck von ca. 10 Pa vermessen werden, da das Gebläse des Prüfstandes bei dieser hohen Leckage keinen höheren Differenzdruck erzielen konnte. Bei ca. 10 Pa Überdruck wurden bereits Leckagen zwischen 5 und 30 m³/h gemessen. Die Leckagen der anderen vermessenen Klappen lagen bei einem Differenzdruck von 50 Pa unterhalb von 10 m³/h. Jedoch gab es auch hier deutliche Unterschiede: Während eine Klappe mit motorischem Antrieb bei 50 Pa Leckagen unter 1 m³/h erzielte, lag die Leckage einer weiteren Rückstauklappe bei über 5 m³/h.

Bei 5 Pa liegen die Leckagen der Mauerkästen alle unterhalb von 5 m³/h. Eine Rückstauklappe aus dem Baumarkt und eine weitere aus einer höheren Preiskategorie weisen jedoch, mit Leckagewerten von ca. 2 m³/h, Leckagen auf, die mehr als doppelt so hoch sind wie die Leckagen der anderen Mauerkästen. Fünf der neun untersuchten Mauerkästen erzielten Leckagevolumenströme unter 1 m³/h, drei der Abluftklappen sogar unter 0,6 m³/h. Bemerkenswert dabei ist, dass der Schließmechanismus hierbei kein Kriterium für die Qualität der Leckage zu sein scheint, denn unter den besten drei Klappen befindet sich auch eine Federrückschlagklappe.

Airtightness of exhaust flaps for extractor systems

Søren Peper¹, Kristin Bräunlich²

¹ Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt, Germany
phone: +49 6151 82699-18, fax: +49 6151 82699-11, soeren.peper@passiv.de

² Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt, Germany
phone: +49 6151 82699-0, fax: +49 6151 82699-11

Purpose of the work

To which extent do leaky exhaust air dampers in extractor systems impact energy-efficient buildings?

To which extent do such dampers influence Blower Door tests?

Method of approach

Measurements at the test stand and calculation

Content of the contribution

Exhaust air dampers are part of an extraction system and a permanent penetration in the thermal building envelope, even though the vent is out of operation most of the time (about 23.5 hours per day). Exhaust air dampers with air leakages can cause considerable infiltrations resulting in significant heat losses. We used the MLM measuring system to detect leakages at different exhaust air dampers (masonry boxes). Depressurization and pressurization tests were carried out to determine the air leakage at each test specimen. The resulting air flow corresponds to the leakage of the test specimen plus the test stand. The test stand leakage is determined prior to each measurement by closing the test stand without the test specimen to conduct a "baseline measurement". This baseline is then deducted from the results obtained when measuring the component. Several measurements were carried out for each damper at varying differential pressures ranging from 0 to 200 Pascal at the closed damper. Using a compensation function, the results were converted to the same condition to allow for a better comparability.

Results and assessment of their significance

The comparison was made at differential pressures of 5 and 50 Pascal, respectively. In this case, the low pressure of 5 Pascal is used as a reference for real operating conditions.

The leakage rate varied significantly at a differential pressure level of 50 Pascal. The variant "ventilation grille (bird protection)" constitutes a reference, since the building stock still has this variant. After having investigated all masonry boxes, two dampers from the DIY store stood out: These backdraft dampers were so leaky that they almost opened up fully during pressurization as soon as low differential pressures occurred. Test stand measurements attained a mere pressurization of up to approximately 10 Pascal, because a higher differential pressure was not feasible at the test stand fan due to this high leakage. A pressurization of 10 Pascal already indicated leaks ranging from 5 to 30 m³/h. When applying a differential pressure of 50 Pascal, the leakages at the other dampers were below 10 m³/h. Again, there were distinct differences between the dampers: A motorized damper had a leakage rate below 1 m³/h, whereas another backdraft damper had a rate above 5 m³/h at 50 Pascal.

Leakage rates of all masonry boxes are below 5 m³/h at 5 Pascal. However, one backdraft damper from the DIY store and another more expensive backdraft damper had leakage rates

of approximately $2 \text{ m}^3/\text{h}$ which are more than twice as high than the leakage rates of the other masonry boxes. Five of the nine investigated masonry boxes have leakage rates below $1 \text{ m}^3/\text{h}$, three of the exhaust air dampers even below $0.6 \text{ m}^3/\text{h}$. It is noteworthy that the closing mechanism does not seem to be a criterion for the quality of the leakage, because a spring-loaded backdraft damper was one of the three best dampers.

Ungewöhnliches Verhalten von Dampfsperren

Lars Due

Isolink, Korsør Landevej 500, 4242 Boeslunde, Dänemark
info@isolink.dk

In Dänemark hat ein Hersteller und Händler von Dampfsperrbahnen ein ungewöhnliches Verhalten beobachtet. Die Membranen wurden in einem kleinen Haus installiert und zeigen, dass das System zunächst dicht ist. Interessant ist, dass sich der Airleak-Bereich mit der Zeit ändert und ca. über zwei Monate doppelt so undicht ist, danach flacht die Kurve wieder ab und verstetigt sich.

Der Vortrag präsentiert die Beobachtungen, er ist eine Einladung an alle, mehr über dieses ungewöhnliche Verhalten herauszufinden

Unusual behavior of vapor barrier membranes

Lars Due

Isolink, Korsør Landevej 500, 4242 Boeslunde, Denmark
info@isolink.dk

In Denmark, a manufacturer and dealer of vapor barrier membranes has observed unusual behavior. The membranes were installed in a small house and show that the system can be set up and be tight. What is interesting is that the airleak range changes over time, and becomes approx. twice as leaky over two months, but then the curve also flattens out, and becomes fixed.

The observation will be presented, and the presentation is an invitation that others might want to do more research into this.

Sprühen statt kleben

AEROSANA® VISCONN

Sprühbare Luftdichtung mit feuchtevariablem s_d -Wert

Einfach aufsprühen

Fläche und Details

Holzbau, Mauerwerk, Beton

Übergänge schneller dicht



Schadstoffgeprüft
nach
AgBB



**ZERTIFIZIERTE
KOMPONENTE**
Passivhaus Institut

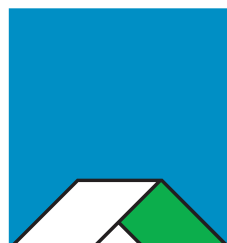


Schlauchbeutel
für Druckluft
sprühen

Einfach an Kompressor
anschießen und los.

proclima.de

... und die Dämmung ist perfekt



pro clima®

Effizienz der Lüftung

Efficiency of ventilation systems

Volumenstrommessung an zwei paarweise, alternierend arbeitenden Lüftungsgeräten (Pendellüftern) unter Windeinfluss – Teil 2

Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher

Ingenieurbüro für Wärmetechnik, Friedenstraße 17, 10249 Berlin, Deutschland
T: +49 172 973 8016, mail@oliversolcher.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung

In der 2019 vorgestellten Untersuchung an paarweise, alternierend arbeitenden Lüftungsgeräten (Pendellüftern) wurde festgestellt, dass aufgrund der Windlasten in der Spitze bis 100 Pa Differenzdruck auf die Lüftungsgeräte wirken können und diese Lüftungsgeräte aber nur bis 20 Pa Druckempfindlichkeit geprüft werden. Bauaufsichtliche Zulassungen des DIBt geben den Einsatzbereich dieser Geräte mit 0 Pa Differenzdruck an. In der Fortsetzung dieser Untersuchung wurden nun die Kennlinien der Geräte unter simulierten Windlasten bei allen Betriebsstufen aufgenommen. Es erfolgt zudem eine Auswertung der Häufigkeit der windinduzierten Differenzdrücke und darauf basierend eine Abschätzung, welche Lüftungseffizienz bei verschiedenen Betriebsstufen unter Windeinfluss mit diesen Lüftungsgeräten gegeben ist. Letztendlich soll die Frage beantwortet werden, ob paarweise, alternierend arbeitende Lüftungsgeräte aufgrund ihrer Windempfindlichkeit für eine energieeffiziente Lüftung von Wohngebäuden geeignet sind.

Methode der Herangehensweise

In einen freistehenden Prüfkörper werden zwei paarweise, alternierend arbeitende Lüftungsgeräte eingebaut. Es erfolgt eine kontinuierliche Messung des Volumenstroms des Lüftungsgerätepaars unter simulierten steten Windlasten bei allen Betriebsstufen. Basierend auf der Häufigkeit der windinduzierten Differenzdrücke werden Aussagen zur Lüftungseffektivität abgeleitet.

Inhalt des Vortrags

- Darstellung der Fragestellung
- Darstellung des Messaufbaus
- Darstellung der Messergebnisse
- Auswertung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Ergebnisse und Beurteilung

Paarweise arbeitende Lüftungsgeräte sind nur auf der höchsten Betriebsstufe in der Lage bis 20 Pa windinduziertem Differenzdruck eine Volumenstromabweichung von 30 % einzuhalten. Bei 75 %, 50 % und 25 % des Maximalvolumenstroms geht die Druckstabilität bis auf annähernd 0 Pa zurück. Da die Auswertung der Windlasthäufigkeit noch nicht erfolgte, kann noch keine Aussage getroffen werden, wie häufig ein Betrieb in Disbalance gegeben ist.

Schlussfolgerungen

Folgendes kann jedoch schon jetzt gesagt werden: Da diese Geräte aufgrund der Schallemission in der Regel auf der kleinsten Betriebsstufe laufen, ist schon ein Differenzdruck von 2 Pa ausreichend, einen energieeffizienten Betrieb dieses Lüftungssystems empfindlich zu stören.

Air flow measurements at two pairs of alternately operating air handling units (push/pull units) under wind impact – part 2

Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher

Ingenieurbüro für Wärmetechnik, Friedenstraße 17, 10249 Berlin, Germany
phone: +49 172 973 8016, mail@oliversolcher.de

Purpose of the work

The study presented in 2019 on paired, alternating air handling units (push/pull units) found that wind load peaks can have an impact of up to 100 Pascal of differential pressure on air handlers. Yet, these units can only be tested up to a pressure sensitivity of 20 Pascal. The building authority DIBt specifies in its technical approvals that the range of application is set to a differential pressure of 0 Pascal of for these devices. During the follow-up investigation, we captured the characteristic curves of the air handlers at all speeds under simulated wind loads. In addition, we analyzed how often wind-induced differential pressures occurred and used these findings to estimate the ventilation efficiency of air handlers running at different speeds under wind load. Ultimately, we are seeking an answer to the question as to whether a pair of alternately operating air handling units is fit for energy-efficient ventilation of residential buildings due to its sensitivity to wind.

Method of approach

Two push/pull units working in pairs are installed in a stand-alone specimen. The air flow of the pair of push/pull units is continuously measured while simulating constant wind loads at all air handler speeds. The frequency of the wind-induced differential pressures is then used to draw conclusions on the ventilation efficiency of these air handlers.

Content of the contribution

- Present the issue
- Present the measurement setup
- Present the test results
- Evaluation of results and conclusions

Results and assessment of their significance

Air handling units operating in pairs will only be able to maintain an air flow deviation of 30 % at a wind-induced differential pressure of 20 Pascal when running at the highest speed. At 75%, 50 %, and 25 % of maximum air flow, their pressure stability drops to nearly 0 Pascal. Since the evaluation of the wind load frequency hasn't been carried out yet, we are not yet able to state how often the air handlers are unbalanced.

Conclusions

Nevertheless, we can make the following statement: Since these devices generally run at the lowest speed due to their noise emissions, a differential pressure of 2 Pascals is sufficient to seriously disrupt an energy-efficient operation of this ventilation system.

Versuch, die Funktion von 7 Luftversorgungskanälen zu verbessern, die an 257 Hochdruck-Induktionsklimageräte angeschlossen sind - erste Diagnose an einem 23 Jahre alten Gebäude

PhD Fabrice Richieri ¹, PhD Bassam Moujalled ²

¹ SNIA/Département spécialisé Bâtiment, 12 Avenue Pythagore, BP 70285, 33697 Mérignac Cedex, Frankreich, T: +33 556 138811, fabrice.richieri@aviation-civile.gouv.fr

² CEREMA - BPE Research Team, 46, rue St Théobald, 38081 L'Isle d'Abeau, Frankreich
T: +33 474 275155, bassam.moujalled@cerema.fr / LOCIE - Université Savoie Mont Blanc, CNRS UMR5271, 73376 Bourget Du Lac, Frankreich

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Dieser Artikel stellt die Ergebnisse einer HLK-Diagnose vor, die in einem großen Bürogebäude durchgeführt wurde. Das System besteht aus 257 Hochdruck-Induktionsgeräten (Spilotair®), die an sieben Zuluftanlagen angeschlossen sind, und wird für das Heizen, Kühlen und Lüften verwendet. Es befindet sich in Frankreich in der Nähe des Flughafens Bordeaux-Mérignac und hat während der 23 Betriebsjahre noch nie ordnungsgemäß funktioniert. Wie der Name schon sagt, muss ein Hochdruck-Induktionsgerät mit Druckluft (höher als 250 Pa) – vorgewärmt oder vorgekühlt durch eine balancierte Lüftungsanlage – versorgt werden. Das gesamte Kanalsystem ist daher hohen Drücken ausgesetzt, was es umso anfälliger für mögliche undichte Stellen in den Kanälen macht.

Methode der Herangehensweise

Dieser Vortrag stellt die ersten Ergebnisse einer im Oktober 2022 begonnenen HLK-Diagnose vor, mit der sich alle Fehlfunktionen der Anlage ermitteln lassen. Die Methode und die Ergebnisse basieren auf einem experimentellen Ansatz mit Vor-Ort-Messungen (Druck und Volumenstrom im Kanalsystem, Luftdichtheitsmessungen an den Kanälen), Berechnung des Druckabfalls sowie Beobachtungen vor Ort (Leckageortung in den Kanälen), um die Ursachen für die Fehlfunktion der HLK-Anlage zu ermitteln.

Inhalt des Vortrags

Heiz- und Kühllast der HLK-Anlage entsprechen den derzeitigen Anforderungen des Gebäudes. Bei der Diagnose wurden jedoch festgestellt, dass die mangelhafte Leistung der Zu- und Abluftkanäle auf eine Kombination aus unverhältnismäßigem Druckabfall und Leckagen zurückzuführen ist. Diese Analyse lieferte die Erklärung sowohl für die von den Gebäudeverwaltern beobachtete schlechte Leistung der HLK-Anlage als auch für das von den Nutzern berichtete thermische Unbehagen.

Ergebnisse und Beurteilung

Die Diagnose zeigte, dass die Minderleistung der sieben Zuluftkanäle das Hauptproblem ist und nicht auf eine vermuteten Unterdimensionierung der sieben Lüftungsanlagen zurückzuführen ist, die sich unmittelbar auf den ordnungsgemäßen Betrieb sämtlicher Hochdruckinduktionsgeräte ausgewirkt hätte. Die SNIA wird als Generalunternehmer des Projekts Überholungsmaßnahmen einschließlich der fast vollständigen Überholung der Kanäle vorschlagen.

Schlussfolgerungen

In dieser Präsentation möchte ich folgendes erläutern und begründen:

1. Die Diagnose eines fehlerhaften HLK-Systems erfordert eine vollständige Prüfung, die

auch die Luftdichtheit des gesamten Kanalsystems und nicht nur einen Austausch des Lüftermotors umfasst, wie häufig vorgeschlagen wird.

2. Die Prüfung vor Inbetriebnahme nach den Bauarbeiten kann für eine Überprüfung der gesamten Anlage genutzt werden. Im vorgestellten Fall hat es noch nie eine umfassende Überprüfung der Lüftungsanlagen gegeben.
3. Wenn die Konstrukteure der Lüftungskanäle einige Grundregeln (insbesondere geringe Druckverluste und eine sehr gute Luftdichtigkeit), wie vom SPILOTAIR®-Hersteller empfohlen, beachten, dann funktioniert die Theorie (Soll-Luftdurchsatz $\approx$ gemessener Luftdurchsatz) auch in der Praxis sehr gut!

Attempt to improve the functioning of 7 air-supply ductworks connected to 257 high-pressure induction units – first real diagnosis campaign on a 23 years-old building

PhD Fabrice Richieri ¹, PhD Bassam Moujalled ²

¹ SNIA/Département spécialisé Bâtiment, 12 Avenue Pythagore, BP 70285, 33697 Mérignac Cedex, France
phone: +33 556 138811, fabrice.richieri@aviation-civile.gouv.fr

² CEREMA - BPE Research Team, 46, rue St Théobald, 38081 L'Isle d'Abeau, France
phone: +33 474 275155, bassam.moujalled@cerema.fr / LOCIE - Université Savoie Mont Blanc, CNRS
UMR5271, 73376 Bourget Du Lac, France

Purpose of the work

This article presents the results of an HVAC diagnosis carried out in a large office building consisting of 257 high-pressure induction units (Spilotair®) connected to seven air-supply ductworks. This system is used for heating, cooling and ventilating purposes. This installation is located in France near the Bordeaux-Mérignac Airport and has never functioned properly for 23 years. As the name suggests, a high-pressure induction unit must be supplied with high pressure air (more than 250 Pa) - preheated or pre-cooled by a balanced Air Handling Unit. The entire ductwork is therefore subject to high pressures, which makes it all the more sensitive to possible air leakage from the ducts.

Method of approach

This paper presents the first results of an HVAC diagnosis started in October 2022 and allows to identify all the dysfunctions of the installation. The method and results are based on an experimental approach with on-site measurements (pressure and airflow rate in the ductwork, airtightness testing of the ductwork), pressure drop calculation and on-site observations (search for leaks in ductwork) in order to identify the causes of the HVAC malfunction.

Content of the contribution

The design heating and cooling loads of the HVAC system are in line with current needs of the building. However, the diagnosis showed that the major problem is due to both disproportionate pressure drops and leakage resulting in poor performance of the supply and extract ducts. This analysis helped to explain both the poor performance of the HVAC system observed by the building managers and local thermal discomfort reported by occupants.

Results and assessment of their significance

The diagnosis showed that the major problem is due to the poor performance of the 7 supply ductworks, and is not related to an undersizing of the 7 AHU, with a direct impact on the proper functioning of all high-pressure induction units. Reconditioning measures will be proposed by SNIA which has become the main contractor for the project, including the almost complete redonditionning of the ducts.

Conclusions

This presentation aims to show:

1. Why the diagnosis of a malfunctioning HVAC system would require a full audit including the airtightness of the whole ductwork and not just a replacement of the fan motor as is often proposed.

2. Why the commissioning test after works can be useful to check all the installation - surprisingly, in this case, there has never been a global check of the installation.
3. When the ductwork designers respect some basic rules (especially low pressure drops and a very good airtightness) as recommended by the SPILOTAIR® manufacturer, the theory (target airflow $\approx$ measured airflow) works very well!

Revitalisierte historische Lüftungsanlagen und neue Fenster in Schulräumen

Dipl.- Ing. (FH) Thomas Runzheimer

E-Haus Ingenieurbüro, Pestalozzistrasse 1, 35435 Wettenberg, Deutschland
T: 06406-75513, F: 06406-831866, e-haus@gmx.net

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Schlechte Luft in Schulräumen ist ein bekanntes Problem. Mit Fensterlüftung in der kalten Jahreszeit eine gute Luftqualität zu erreichen, erfordert viel Aufmerksamkeit und Zeit, in welcher kein konzentrierter Unterricht möglich ist. Die hierzu erforderlichen Luftwechsel in Klassenräumen können nicht ohne erhebliche Einschränkungen des thermischen Komforts erreicht werden. Bei einem Fensteraustausch in Schulgebäuden ist die meist praktizierte Fensterlüftung kritisch zu hinterfragen, bessere Konzepte sind zu entwickeln.

Methode der Herangehensweise

Die Erkenntnisse bezüglich Lüftung in Krankenhäusern und Schulen des Max von Pettenkofer führten in der zweiten Hälfte des 18.Jhd. bereits zu Verordnungen und Erlassen, welche "Ventilationskamine" in Schulzimmern forderten. Der Luftkamin diente der Ableitung der verbrauchten Luft im Schulzimmer, die Frischluftnachströmung erfolgt über verstellbare Oberlichter. Mit diesen, in den historischen Schulen noch vorhandenen Bauwerken, können mit moderner Lüftungstechnik kombiniert, sehr gut funktionierende Lüftungssysteme realisiert werden.

Inhalt des Vortrags

Im Zusammenhang mit dem Fensteraustausch in einer Schule in Mittelhessen (Bj. 1904) wurde ein derartiges Lüftungssystem revitalisiert. Für die Umsetzung waren im Vorfeld umfangreiche Untersuchungen an dem weitgehend noch vorhandenen, jedoch in der Vergangenheit stillgelegten Lüftungssystem notwendig. Die tatsächlich bei der Nutzung der Räume auftretenden Kohlendioxidkonzentrationen wurden aufgenommen. Auch wurde die im Bestand und nach der Sanierung vorherrschende Luftdichtheit der Klassenräume messtechnisch ermittelt, insbesondere, um die internen Leckagen zu quantifizieren. Im Vortrag werden die Ergebnisse der Untersuchungen sowie auch die Planung und Umsetzung der Gesamtmaßnahme praxisnah vorgestellt.

Ergebnisse und Beurteilung

Mit den nach dem tatsächlichen Bedarf in den Klassenräumen geregelten Luftmengen konnte in Verbindung mit zeitgemäßer Ventilatorentechnik und den historischen Lüftungskanälen ein sehr effizientes und gut funktionierendes System realisiert werden.

Schlussfolgerungen

Fensterlüftung in Schulräumen führt zu erheblichen Beeinträchtigungen des Unterrichtes bei gleichzeitig sehr geringem thermischen Komfort der Nutzer. Bessere Lösungen wurden bereits Mitte des 18. Jahrhunderts realisiert und sollten heute eine Selbstverständlichkeit bei der Errichtung und Sanierung von Schulgebäuden sein.

Revitalized historical ventilation systems and new windows in classrooms

Dipl.- Ing. (FH) Thomas Runzheimer

E-Haus Ingenieurbüro, Pestalozzistrasse 1, 35435 Wettenberg, Germany
phone: 06406-75513, fax: 06406-831866, e-haus@gmx.net

Purpose of the work

Poor air quality in classrooms is a well-known problem. Achieving good air quality with window ventilation during the cold season requires a great deal of attention and time to the detriment of school lessons. Delivering appropriate air exchange rates for classrooms is only possible by sacrificing some thermal comfort. When replacing school windows, one should take a critical look at the typical window ventilation strategy and come up with better solutions.

Method of approach

The insights of Max von Pettenkofer on ventilation strategies in hospitals and schools lead to ordinances and decrees as early as in the 18th century requiring "vent chimneys" in school rooms. The vent chimney had the purpose to remove stale air from the classroom, while adjustable skylights provided for fresh air. These structures still exist in historical school buildings and are excellent ventilation systems when combining them with modern ventilation technology.

Content of the contribution

Such a ventilation system was revitalized while replacing the windows of a school building in Central Hesse (built in 1904). The ventilation system - which had been shut down but was still installed in the building - was analyzed in depth prior to implementation. Actual carbon dioxide concentrations were captured that had built up during occupancy. Airtightness of the classrooms was measured before and after renovation with a special focus on quantifying indoor leaks. The presentation will discuss the test results as well as the design and practical execution of the entire retrofit.

Results and assessment of their significance

A modern ventilation system was incorporated into the historical ventilation ducts and is now used as a very efficient and well-functioning system which delivers the air volume that is actually required in the classrooms.

Conclusions

Window ventilation in school rooms disrupts school lessons and reduces thermal comfort significantly. More efficient solutions had been implemented as early as in the mid-18th century and should be standard practice nowadays when erecting and renovating school buildings.

Energieeinsparung durch Fensterservice

Beda Bossard ¹ Gregor Notter ², Reto Gadola ³

Hochschule Luzern - Technik & Architektur, Institut für Gebäudetechnik und Energie, Technikumstrasse 21, 6048 Horw, Schweiz

¹ T: +41 41 349-3457, beda.bossard@hslu.ch

² T: +41 41 349-3358, gregor.notter@hslu.ch

³ T: +41 41 349-3278, reto.gadola@hslu.ch

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Fenster werden vor dem Bezug eines Gebäudes eingestellt / einreguliert. Mit dem täglichen Gebrauch und durch mechanische oder andere Einflüsse während der Nutzungsphase können sich die Fenstereinstellungen verändern. Mittels Fensterservice werden die Fenster nachjustiert.

Mit dem Projekt wird untersucht, wie gross das energetische Einsparpotenzial bezüglich Luftinfiltration und wie gross die Energieeinsparung ist.

Die Untersuchung wird an Einfamilienhäusern sowie in Wohnungen durchgeführt. Im Projekt ist vorgesehen, dass 20 Einheiten gemessen werden.

Methode der Herangehensweise

Mit Luftdichtheitsmessungen vor und nach dem Fensterservice werden die Volumenströme ermittelt. Anhand der Differenz wird berechnet, wie gross die Einsparung der Lüftungsverluste pro Quadratmeter Energiebezugsfläche resp. Laufmeter Fensterfuge ist.

Inhalt des Vortrags

- Ermittlung der Volumenstromdifferenz der einzelnen Objekte.
- Ergebnisse bezogen auf Quadratmeter Energiebezugsfläche resp. Laufmeter Fensterfuge.
- Einsparung Endenergie unter Berücksichtigung des Wärmeerzeugers.
- Kosteneinsparungen pro Jahr und die Pay-Back-Zeit.

Energy saving through window service

Beda Bossard ¹ Gregor Notter ², Reto Gadola ³

Hochschule Luzern - Technik & Architektur, Institut für Gebäudetechnik und Energie, Technikumstrasse 21, 6048 Horw, Switzerland

¹ phone: +41 41 349-3457, beda.bossard@hslu.ch

² phone: +41 41 349-3358, gregor.notter@hslu.ch

³ phone: +41 41 349-3278, reto.gadola@hslu.ch

Purpose of the work

Windows are positioned / adjusted before occupants moving into a building. Their settings may change due to their daily use and mechanical or other impacts during their service life. A window service readjusts the windows.

The project investigates potential savings in terms of air infiltration and energy savings as such. The investigation is carried out in single-family dwellings and condominiums. 20 dwellings will be measured during the project.

Method of approach

Air flow is measured before and after window service, using airtightness tests. The resulting difference is used to calculate ventilation loss savings per square meter of energy reference area or running meter of the window seal.

Content of the contribution

- Air flow difference is determined for each object.
- Results are based on square meter of energy reference area / running meter of window seal.
- Final energy savings, taking into account the heating system.
- Cost savings per year and payback period.

Energieverluste und Mängel an Lüftungsanlagen insbesondere im Ein- und Mehrfamilienhausbereich

Theo Reuter

Baudiagnostik-Reuter, Ohlenbuschweg 6, 27777 Ganderkesee, Deutschland
T: +49 174 4660000, theo.reuter@gmx.de

Luftdichtheit ist Pflicht und damit auch Lüftungskonzepte. Heute ein Haus ohne Lüftungsanlage zu bauen / sanieren, ist energetisch nicht sinnvoll. Ebenfalls dürfen der Mindestluftwechsel und auch der Feuchteschutz nicht vernachlässigt werden. Mehr als 75 % aller Lüftungsanlagen sind nach meiner Erfahrung als Sachverständiger mit erheblichen Planungsfehlern und auch Fehlern in der Einstellung zu beanstanden, die zu erheblichen Energieverlusten führen. Leider ist in vielen Häusern allein schon der Aufstellort einer KWL-Anlage falsch gewählt und eine Volumenstrommessung wurde nicht richtig ausgeführt. Als ein häufiges Argument bei Bauherren gegen eine KWL-Anlage werden Ängste vor Schimmel in den Rohrleitungen angeführt. Machen Lüftungsanlagen wirklich krank? Wie es um die Hygiene in einer KWL-Anlage wirklich steht, zeigen hier ebenfalls Erfahrungen und Untersuchungen aus der Praxis. Eine richtige Planung von Lüftungskonzepten / Lüftungsanlagen und die Einbindung von unterstützenden Fachleuten, z. B. Hersteller und auch Sachverständige, helfen dabei, mögliche Fehler frühzeitig zu vermeiden. Es gibt keine relevanten Punkte, die dazu führen könnten, auf eine Lüftungsanlage beim Neubau oder im Rahmen einer Altbausanierung zu verzichten.

Der Vortrag zeigt die typischen Planungsfehler und die Ausführungsprobleme aus der Praxis eines Sachverständigen. Aus dem Inhalt lässt sich eine einfache Planungs-Checkliste für Architekten, Bauunternehmer oder auch Energieberater erstellen.

Energy losses and defects in ventilation systems, especially in single and multi-family homes

Theo Reuter

Baudiagnostik-Reuter, Ohlenbuschweg 6, 27777 Ganderkesee, Germany
phone: +49 174 4660000, theo.reuter@gmx.de

Airtightness is mandatory, as are ventilation concepts. Today, the construction/renovation of a building without a ventilation system is impractical in terms of energy efficiency. The minimum air change rate and moisture protection should not be neglected either. According to my experience as an expert in this field, more than 75 %percent of all ventilation systems have significant design faults and maladjustments, leading to significant energy losses. For starters, the controlled mechanical ventilation (CMV) system is installed in the wrong location in many buildings and the air flow rate is not properly calibrated. Clients who are against a CMV system often put forward the argument that they are afraid of mold infesting the ducts. Do air ventilation systems really make people sick? Experiences and analyses in the field provide insights into real-life hygienic conditions in CMV systems. Potential errors can be avoided early on by ensuring a proper design of the ventilation concepts / ventilation systems and by enlisting the support of specialists, such as manufacturers and other experts. There are no relevant issues that would make it inadvisable to install a ventilation system in a new building or as part of a renovation.

The presentation points out typical design errors and execution problems based on the practical experience of an expert in the field. Architects, contractors, and even energy consultants can use this presentation to compile a checklist for their next ventilation system project.

Ihre Notizen / Your notes

Qualitätssicherung

Quality assurance

Schimmel auf der Baustelle

Theo Reuter¹, RA Andreas Fligg²

¹ Baudiagnostik-Reuter, Ohlenbuschweg 6, 27777 Ganderkesee, Deutschland
T: +49 174 4660000, theo.reuter@gmx.de

² Anwaltspartnerschaft von Appen, Prof. Dr. Fischer, Prof. Schonebeck mbB, An der Kolckwiese 6,
26133 Oldenburg, Deutschland, T. +49 441 92675, anders.fligg@rae-vonappen.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Was ist zu tun bei einem visuellen Schimmelbefall auf der Baustelle?

Wie kann ich einen verdeckten Schimmelbefall lokalisieren?

Welche Maßnahmen sind bei einer Schimmelsanierung zu beachten?

Juristische Aspekte hinsichtlich Gewährleistung, Schadensersatzansprüchen und Mängelrügen

In einem Vortrag mit zwei Referenten werden technische und juristische Aspekte erörtert.

Auf Grund fehlender und unzureichender Planung sowie Bauleitung kommt es gerade in der kalten Jahreszeit zu Schimmelbildung auf der Baustelle / bei Sanierungsvorhaben.

Es werden unter anderem Methoden zur Lokalisierung und Beprobung von Schimmel aufgezeigt, in der auch ein Differenzdruckgebläse zu Einsatz kommt. Darüber hinaus wird auch die Notwendigkeit von Schimmelsanierung-Konzepten sowie Vorgehensweise einer Schimmelbeseitigung dargestellt.

Im Rahmen des Vortrags werden auch die Richtlinien für Schimmel / Schimmelsanierung sowie deren Maßstäbe / Anforderungen erklärt.

Ebenfalls werden die rechtlichen Aspekte hinsichtlich Gewährleistungen und Haftung angesprochen. Es wird hier versucht, auch auf europäische Rechtsprechung und Normen einzugehen.

Ergebnisse und Beurteilung

Den Umgang mit Schimmelproblemen besser einschätzen und bewerten sowie Lösungen für eine Sanierung erarbeiten. Welche Richtlinien und Maßstäbe sind anzusetzen? Es werden juristische Anforderungen sowie rechtliche Aspekte und Vorgehensweisen angesprochen. Auch mit einem Differenzdruckgebläse ist es möglich, u. a. verdeckte Schimmelproblematiken zu lokalisieren.

Schlussfolgerungen

Den Teilnehmern werden juristische und technische Maßnahmen, die bei einem Schimmelschaden oder auch Sanierung zu beachten sind, vorgestellt.

Mold at the construction site

Theo Reuter ¹, RA Andreas Fligg ²

¹ Baudiagnostik-Reuter, Ohlenbuschweg 6, 27777 Ganderkesee, Germany
phone: +49 174 4660000, theo.reuter@gmx.de

² Anwaltpartnerschaft von Appen, Prof. Dr. Fischer, Prof. Schonebeck mbB, An der Kolckwiese 6,
26133 Oldenburg, Germany, phone. +49 441 92675, andreas.fligg@rae-vonappen.de

Purpose of the work

What to do with visible mold infestation at the construction site?

How can I locate a hidden mold infestation?

Which aspects have to be considered during mold renovations?

Legal aspects regarding warranty, claims for damages and notices of defects.

The two speakers will discuss technical and legal aspects.

Mold occurs especially during cold seasons at the construction site / during renovation projects due to wrong and inadequate planning and poor site management.

We will present methods for localizing and sampling mold, using a blower operated at differential pressure. In addition, we will explain why mold remediation guidelines are important and how to clean up mold.

During this presentation we will also explain procedures for mold remediation and the standards / requirements that have to be met.

We will also address legal aspects with regard to warranty and liability matters, and attempt to cover European precedents and standards.

Results and assessment of their significance

We will provide pointers for easier assessments and evaluations of mold problems and develop mold restoration solutions. Which guidelines and standards should be applied? We will address legal requirements as well as legal aspects and approaches. Hidden mold infestation and defects can also be located by using a fan operated at differential pressure.

Conclusions

Participants will learn more about legal and technical measures which have to be observed in the event of mold damage or remediation.



The experience of airtightness testing!



Dichtheitsmessgeräte für Gebäude und Lüftungsanlagen



Der Luftdichtheitsmessgeräte-Shop

Inhaber: Gerd Ott

Tel: +49 (0) 73 35/ 18 90 545

Mail: info@blower-door-systeme.de

www.blower-door-systeme.de



Ergänzungen zur Standard-Messung

Additional information on standard measurements

Prüfung großer Gebäude durch den Einsatz von Ventilatoren im Lüftungssystem

Lars Due

Isolink, Korsør Landevej 500, 4242 Boeslunde, Dänemark, info@isolink.dk

Beim Testen großer Gebäude ist es mit dem Minneapolis-System möglich, den Durchfluss von Lüftungsventilatoren zu kalibrieren. Der Test wird mit den Drucksensoren im Minneapolis-System durchgeführt und überprüft, und die zur Kalibrierung verwendeten Ventilatoren können problemlos zusammen mit dem Luftstrom des Lüftungsventilators betrieben werden.

Mit dieser Methode wurde ein 400.000 Kubikfuß großes Gebäude mit nur 9 Minneapolis-Fans getestet.

Testing of large buildings by using fans in the ventilation system

Lars Due

Isolink, Korsør Landevej 500, 4242 Boeslunde, Dänemark, info@isolink.dk

When testing large buildings, it is possible to calibrate the flow of ventilation fans with the Minneapolis system. The test is run and checked with the pressure sensors in the Minneapolis system and the fans used for calibration can easily be run together with flow from the ventilation fan.

By using this method, a 400,000 cubic foot building was tested with only 9 Minneapolis fans.

Anforderungen an die Luftdichtheit von Gebäuden in Spanien

PhD Irene Poza-Casado

GIR Arquitectura & Energía, Dpto. Construcciones Arquitectónicas, Ingeniería del Terreno y Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras
Universidad de Valladolid. E.T.S. de Arquitectura, Avenida Salamanca, 18, 47014, Valladolid, Spanien
T: +34 983 423 073, irene.poza@uva.es

Heute steht außer Frage, dass die Gebäudeluftdichtheit die Energie- und Lüftungsleistung von Gebäuden beeinflusst. In Mittelmeerländern wie Spanien wird die Luftinfiltration jedoch traditionell als Belüftungsquelle angesehen, die die natürliche Belüftung und die von den Bewohnern bereitgestellte Fensterlüftung ergänzt. Die Verbesserung der Energieeffizienz und die Implementierung mechanischer Lüftungssysteme führten 2019 zur Einführung von Luftdichtheitsanforderungen für das gesamte Gebäude. Dieser erste Ansatz legte Luftdichtheitshöchstwerte für neue Wohngebäude in Abhängigkeit von ihrer Kompaktheit fest. Darüber hinaus wird die Luftdichtheit von Türen und Fenstern auch anhand der Klimazone des Gebäudes bestimmt. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die Luftdichtheitsprüfung nicht zwingend erforderlich ist, um die Einhaltung der Vorschriften nachzuweisen. Stattdessen können Referenzwerte zur Abschätzung der Luftdichtheit herangezogen werden. Insgesamt scheinen die derzeit festgelegten Höchstwerte im Vergleich zu den Anforderungen in anderen Ländern nicht zu streng zu sein, aber dieser erste Ansatz wird als Möglichkeit gesehen, das Bewusstsein in der Baubranche und unter Fachleuten zu schärfen. Es wird ein Trend zu Energieeffizienz und höheren Anforderungen erwartet, was zwangsläufig mit luftdichten Gebäuden einhergeht. Der Vortrag erläutert, welche Anforderungen an die Luftdichtheit verschiedener Gebäude auf nationaler Ebene gestellt werden und wie der Nachweis erbracht werden kann.

Literatur

Hoek, T., Poza-Casado, I. and Melgosa, S. (2022) 'Trends in building and ductwork airtightness in Spain', Ventilation Information Paper, AIVC, 45.2, pp. 1–8. Available at: <https://www.aivc.org/resource/vip-452-trends-building-and-ductwork-airtightness-spain>.

Ministerio de Fomento. Gobierno de España (2019) Código técnico de la Edificación (CTE). Documento básico HE 1: Limitación de la demanda energética. Available at: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>.

Building airtightness requirements in Spain

Irene Poza-Casado

GIR Arquitectura & Energía, Dpto. Construcciones Arquitectónicas, Ingeniería del Terreno y Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras
Universidad de Valladolid. E.T.S. de Arquitectura, Avenida Salamanca, 18, 47014, Valladolid, Spain
phone: +34 983 423 073, irene.poza@uva.es

Nowadays, it is unquestionable the fact that building airtightness impacts the energy and ventilation performance of buildings. However, in Mediterranean countries like Spain, air infiltration has traditionally been considered a source of ventilation, which complemented natural ventilation and window airing provided by the occupants. The improvement of energy efficiency and implementation of mechanical ventilation systems led to the introduction of whole-building airtightness requirements in 2019. This first approach established airtightness maximum values for new dwellings depending on their compacity. In addition, the airtightness of doors and windows is also determined based on the climate zone of the building. It is important to note, though, that airtightness testing is not mandatory to prove compliance with regulations. Instead, reference values can be used to estimate airtightness. Overall, compared to the requirements in other countries, the current maximum values set do not seem too stringent, but this first approach is seen as a way to rise awareness in the building sector and among professionals. A trend towards energy efficiency and more demanding requirements is expected, which necessarily involves airtight buildings. The lecture explains which requirements are placed on the airtightness of different buildings at national level and how the verification can be provided.

References

Hoek, T., Poza-Casado, I. and Melgosa, S. (2022) 'Trends in building and ductwork airtightness in Spain', Ventilation Information Paper, AIVC, 45.2, pp. 1–8. Available at: <https://www.aivc.org/resource/vip-452-trends-building-and-ductwork-airtightness-spain>.

Ministerio de Fomento. Gobierno de España (2019) Código técnico de la Edificación (CTE). Documento básico HE 1: Limitación de la demanda energética. Available at: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>.

Lock-in-Thermografie mit Gebläse-Steuerung zur Ermittlung von Leckageströmen an Fassaden

Dr.-Ing. Johannes Pernpeintner¹, Dr.-Ing. Benedikt Kölsch², Dr.-Ing. Björn Schiricke³

¹ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Linder Höhe, 51147 Köln, Deutschland
T: +49 2203 601 3181, F: +49 2203 601-4141, Johannes.Pernpeintner@dlr.de

² Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Karl-Heinz-Beckurts-Straße 13, 52428 Jülich, Deutschland, T: +49 2461 93730 214, F: +49 2203 601- 4170, Benedikt.Koelsch@dlr.de

³ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Linder Höhe, 51147 Köln, Deutschland
T: +49 2203 601 4507, F: +49 2203 601-4141

Ziel der Arbeit / Fragestellung

Für eine kosteneffiziente, energetische Sanierung im Bestand ist es enorm wichtig, zu wissen, wo sich Luftundichtheiten in der Gebäudehülle befinden und welches Ausmaß sie haben. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Messverfahren entwickelt. Der BlowerDoor-Test liefert eine genaue Integralmessung der Luftdichtheit eines Gebäudes. Zur Leckageortung werden jedoch in der Regel Rauchstifte verwendet, was langsam und umständlich ist. Es wurde zwar bereits von Methoden, die eine Gebläsetür und Thermografie kombinieren, berichtet, z. B. Differenzbilder oder Sequenzanalysen (Bau. Tools von BlowerDoor GmbH). Dennoch scheinen sie bislang keine breite Anwendung gefunden zu haben. Hier soll nun ein neuartiger Ansatz vorgestellt werden, der eine Gebläsetür als Anregung für die Phasenthermografie nutzt. Ziel ist eine schnelle und einfache Leckageortung, indem die Thermographie von Gebäudefassaden im Freien mit geringerem Einfluss der sich ändernden Witterung ermöglicht wird, wodurch sich das Zeitfenster für die Messungen vergrößert.

Methode der Herangehensweise

Um die Robustheit der Messung zu verbessern, verwendet dieser Ansatz im Gegensatz zu infraroten Differenzbildern, bei denen die Gebläsetür einmal eingesetzt wird, die Phasenthermografie, bei der das Gebläse in regelmäßigen Abständen aktiviert wird. Die Oberflächentemperatur in der Nähe der Leckagen ändert sich entsprechend in regelmäßigen Abständen, während die Fassade mittels Thermographie beobachtet wird. Anschließend wird die Zeitreihe der Thermogramme durch die Fourier-Transformierte an der Anregungsfrequenz analysiert. In der klassischen Phasenthermographie werden Bilder der Amplitude und des Phasengangs sowie Amplitudenbilder bei 0° und 90° zur weiteren Analyse verwendet. In diesem Fall zeigt das Amplitudenbild deutlich die Undichtigkeiten. Soll die Thermographie jedoch im Freien an der Fassade durchgeführt werden, können veränderte Witterungsbedingungen oder das allgemeine Strahlungsumfeld während der Messung zu unerwünschten Artefakten im Amplitudenbild führen. Diese Artefakte können jedoch unterdrückt werden, indem man die Leckagephase in ausreichendem Maß von der Artefaktephase trennt. Dies wird erreicht, indem man auf der Gauß'sche Zahlenebene eine skalare Multiplikation mit einem Evaluationsvektor durchführt.

Inhalt des Vortrags

Die beschriebene Methode wurde mit Messzeiten von vier Minuten nachgewiesen und mit der Methode der Differenzdruck-Thermografie verglichen. Außerdem wurde mit dem Skalarprodukt in der Gauß'schen Zahlenebene eine Methode zur Unterdrückung von Artefakten entwickelt.

Ergebnisse und Beurteilungen

Die Ergebnisse zeigen, dass das mit der Phasenthermografie gewonnene Bild im Vergleich zur Differenzdruck-Thermographie signifikant verbessert werden kann. Ferner wurde nachgewiesen, dass Artefakte als Ergebnis eines schwierigen, thermografischen Umfelds nachhaltig unterdrückt werden können.

Schlussfolgerungen

Die Phasenthermografie mit Anregung durch eine Gebläsetür eröffnet die Möglichkeit, Gebäudefassaden auch unter schwierigen Messbedingungen schnell zu vermessen.

Lock-In Thermography with Blower Excitation for Air Leakage Detection at Facades

Dr.-Ing. Johannes Pernpeintner¹, Dr.-Ing. Benedikt Kölsch², Dr.-Ing. Björn Schiricke³

¹ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Linder Höhe, 51147 Köln, Germany
phone: +49 2203 601 3181, fax: +49 2203 601-4141, Johannes.Pernpeintner@dlr.de

² Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Karl-Heinz-Beckurts-Straße 13, 52428 Jülich, Germany, phone: +49 2461 93730 214, fax: +49 2203 601- 4170, Benedikt.Koelsch@dlr.de

³ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Linder Höhe, 51147 Köln, Germany
phone: +49 2203 601 4507, fax: +49 2203 601-4141

Purpose of the work

Knowledge of air leakages in building envelopes, in location and magnitude, is essential for economical energy refurbishment of existing buildings. Hence, several measurement methods have been developed. The blower door test provides an accurate integral measurement of a building's airtightness. However, localisation of leakage is usually achieved with smoke sticks and, therefore, is slow and cumbersome. Methods combining a blower door and thermography, e.g., differential images or sequential analysis (Bautools by BlowerDoor GmbH), have been reported but seem not to have found widespread adoption yet. A novel approach shall be presented based on blower door as excitation for lock-in thermography with the goal to achieve a fast and easy localisation of leaks by enabling the thermography of building facades from the outside with reduced influence of changing weather conditions widening the window of days for measurement.

Method of approach

In order to improve the robustness of the measurement compared to differential IR-images, where the blower door is operated once, in this approach, lock-in thermography is realized by using the blower periodically. This creates periodic changes in the temperature of the surface near the leaks, while the facade is observed with thermography. Subsequently, the time series of the thermographic images is analysed by Fourier transform at the frequency of excitation. In classical lock-in thermography, images of amplitude and phase response and images of amplitude at 0° and 90° are used for further analysis. In this case, the image of amplitude clearly shows the leaks. However, if thermography shall be performed outside the façade, changes in weather conditions or the general radiation environment during the measurement can create detrimental artifacts in the amplitude image. These artifacts, however, can be suppressed if the phase of the leaks is sufficiently separated from the phase of the artifacts by scalar multiplication with an evaluation vector in the complex plane.

Content of the contribution

The described method was demonstrated with measurement times of four minutes and compared to the method of differential thermography. Furthermore, artifact suppression by scalar product in the complex plane was developed.

Results and assessment of their significance

Results show that lock-in thermography can significantly improve the image compared to differential thermography. Furthermore, it was demonstrated that the artifacts resulting from a difficult thermographic environment can be further suppressed.

Conclusions

Lock-in thermography with excitation by a blower door opens the possibility of quickly measuring building facades even under difficult measurement conditions for thermography.

Änderung der ISO 9972: Vorschlag für eine verlässlichere Norm zur Messung des Leckagestroms mit dem Differenzdruckverfahren

Dr.-Ing. Benedikt Kölsch ¹, PhD Adeline Mélois ², PhD Valérie Leprince ³

¹ Cerema, 2 rue Antoine Charial, 69426 Lyon Cedex 03, Frankreich/Deutschland
benedikt.kolsch@cerema.fr

² Cerema, 46 rue Saint-Theobald, 38080 L'Isle d'Abeau, Frankreich
phone: +33 671 331562, adeline.melois@cerema.fr

³ Cerema, 2 rue Antoine Charial, 69426 Lyon Cedex 03, Frankreich
phone: +33 764 759832, valerie.leprince@cerema.fr

Ziel der Arbeit/Fragestellung

ISO 9972 beschreibt das Messverfahren und die Berechnungsmethoden zur Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden mittels Differenzdruckverfahren. Neueste Untersuchungen haben klar gezeigt, dass die Zuverlässigkeit der in dieser Norm beschriebenen Methode zur Messung des Leckagestroms eines Gebäudes noch stark verbessert werden muss. Tatsächlich können die während des Tests auftretenden Umweltbedingungen, insbesondere Wind- und Temperaturunterschiede, erhebliche Abweichungen verursachen und somit Ungenauigkeiten verschlimmern. Ziel dieser Studie ist die Schaffung einer Grundlage, um eine Überprüfung der aktuellen ISO 9972 vorzuschlagen.

Methode der Herangehensweise

Im vorgestellten Projekt werden Probleme mit dem aktuellen Standard aufgezeigt. Ferner wird eine Liste mit falschen oder irrelevanten Inhalten, Schwierigkeiten, die bei der Durchführung des Tests auftreten, Widersprüche zu anderen Normen (nationalen oder ASTM-Standards) sowie Punkte, die zur Klarstellung oder Behandlung neuer Aspekte hinzugefügt werden sollten, besprochen. CEREMA hat eine Expertengruppe zur Luftdichtheitsmessung von Gebäuden gegründet, die sich mit diesem Thema befasst. Sie wird eine detaillierte Liste der Probleme erstellen und besprechen, wie jedes Problem gelöst werden kann. Sobald sich die Gruppe geeinigt hat, wird ein neuer Formulierungsvorschlag unterbreitet. Erfolgt keine Einigung, sind weitere Untersuchungen und Studien erforderlich, um die relevanteste Lösung für Ergänzungen oder Änderungen der geltenden Norm zu finden.

Inhalt des Vortrags

Als Beitrag zu diesem Symposium wird die von der Expertengruppe erstellte Liste mit Problemen in Bezug auf die derzeit gültige Version der ISO 9972 vorgestellt, die entsprechend überarbeitet werden soll und die bisher getroffenen Beschlüsse vorstellen. Die Liste enthält auch einen Zeitplan mit den nächsten notwendigen Schritten zur Verbesserung der Norm.

Ergebnisse und Beurteilung

Das Projekt zur Vorlage eines Überarbeitungsvorschlags für die ISO 9972 startet im Januar 2023. Die ersten ausgearbeiteten Ergebnisse werden daher im Jahr 2023 vorliegen.

Schlussfolgerungen

Eine Überarbeitung und Verbesserung der ISO 9972 ist wichtig, da inzwischen mehr Erfahrung und neue wissenschaftlicher Erkenntnisse mit einer zuverlässigeren Anwendung und Umsetzung des Differenzdruckverfahrens gewonnen wurden. Diese Arbeit präsentiert die wesentlichen Erkenntnisse und größten Probleme, auf die bei einer Überarbeitung der Norm eingegangen werden sollte.

Improvement of the ISO 9972: proposal for a more reliable standard to measure airleakage rate using fan pressurization method

PhD Benedikt Koelsch ¹, PhD Adeline Mélois ², PhD Valérie Leprince ³

¹ Cerema, 2 rue Antoine Charial, 69426 Lyon Cedex 03, France/Germany
benedikt.kolsch@cerema.fr

² Cerema, 46 rue Saint-Theobald, 38080 L'Isle d'Abeau, France
phone: +33671331562, adeline.melois@cerema.fr

³ Cerema, 2 rue Antoine Charial, 69426 Lyon Cedex 03, France
phone: +33764759832, valerie.leprince@cerema.fr

Purpose of the work

ISO 9972 describes the measurement procedure and calculation methods for determining the air permeability of buildings using the fan pressurization method. However, recent works have strongly underlined the need to improve the method's reliability to measure a building's air leakage rate described in this standard. Indeed, environmental conditions during the test, more specifically wind and temperature differences, may cause a significant error and thus increase the resulting uncertainty. The goal of this study is to lay a foundation to propose a review of the current ISO 9972 standard.

Method of approach

The here presented project will point out issues with the current standard. Additionally, a list of incorrect or irrelevant contents will be provided, inducing difficulties in performing the test, inconsistencies with other standards (national standards or ASTM), or points that should be added for clarification or to cover new aspects. CEREMA sets up a working group of experts in the field of building airtightness testing to cover these things, defines the list of issues in detail, and discusses how each problem may be solved. If there is a general agreement, the process of rewriting starts on this issue. If not, it means that research is needed, and studies will be performed to identify the most relevant solution to additions or changes in the current standard.

Content of the contribution

The contribution to this symposium will consist in presenting the list of issues that the group of experts identified to improve the current version of ISO 9972 and the first decisions. Furthermore, it will outline a roadmap to further necessary steps to improve the standard.

Results and assessment of their significance

The project will start in January 2023 and lead to a review proposal for ISO 9972. Therefore, the first further defined results will be obtained in 2023.

Conclusions

A revision and improvement of ISO 9972 is important due to more experience and new scientific findings in a more reliable operation and implementation of the fan pressurization method. This work shows the essential findings and most relevant issues that should be addressed in a revision of this standard.

Ihre Notizen / Your notes:

Messung besonderer Gebäude

Measuring special buildings

Luftdichtheitsmessungen an einem besonders dichten und ungewöhnlichen Objekt "Betonhalle zur CO₂-Speicherung in Recycling-Beton"

Dipl.-Ing. Architekt Michael Wehrli

Gutachterbüro Wehrli, Oberdorf 21, 8460 Marthalen, Schweiz

T: +41 52 3015460 oder +41 787 110180, michael@wehrli-online.de

Aus praktischer Sicht möchte ich über Erfahrungen von zwei Messungen an einem speziellen, besonders dichten und ungewöhnlichen Objekt berichten: Es geht um eine "Betonhalle zur CO₂-Speicherung in Recycling-Beton".

Neben dem ungewöhnlichen Objekt und seiner Nutzung zur dauerhaften Speicherung von CO₂ in Abbruch-Beton, war auch das Messen am Objekt selbst „ungewohnt“. Der Ventilator wurde beispielsweise waagrecht in ca. 7 m Höhe über Grund in eine Holzbalken-Decke eingebaut. Während auf vier Seiten Betonwände und Böden für hohe Dichtheit sorgten, war auf der Vorderseite lediglich eine reversible schwere PVC-Plane für die Luftdichtheit verantwortlich. Seitlich war diese Plane durch Kederschienen fixiert, unten lag sie lediglich auf dem Betonboden auf und wurde mit ca. 5 Tonnen Recycling-Granulat beschwert. So war bei der ersten Messung die Durchlässigkeit der Konstruktion und eine möglichst hohe Dichtheit zwar erhofft, aber relativ ungewiss. Dadurch kam es, dass ich einige Fehler beim Druckaufbau gemacht habe und mir die zum Teil erstaunlichen Auswirkungen meiner Fehler erst im Nachhinein klarer wurden.

Die zweite, zusammen mit Joachim Zeller durchgeführte Messung war dann besser vorbereitet und die Fehler der ersten Messung konnten vermieden werden ...

Air pressure measurements at a particularly airtight and unusual building: "Concrete shell for CO₂ storage in recycled concrete aggregates"

Dipl.-Ing. Architekt Michael Wehrli

Gutachterbüro Wehrli, Oberdorf 21, 8460 Marthalen, Switzerland
phone: +41 52 3015460 or +41 787 110180, michael@wehrli-online.de

I would like to report on lessons learned in the field regarding two measurements at a special, particularly airtight and unusual building: A "concrete shell for CO₂ storage in recycled concrete aggregates".

Not only the building and its use for the permanent storage of CO₂ in demolition concrete was unusual, but also measuring the building as such was an "unusual" experience. The fan, for instance, was installed horizontally at a height of approximately 7m above ground in a wood-beamed ceiling. While concrete walls and floors provided for strong airtightness on four sides, the front side was covered with nothing more than a reversible heavy PVC tarpaulin to ensure airtightness. Channel rails on each side kept the tarpaulin in place. Part of it was spread out on the concrete floor and weighted down with about 5 tons of recycled granulate. During the first measurement we thus hoped that the design would be permeable while ensuring the highest possible airtightness. Nevertheless, we weren't really certain about the results. It was for this reason that I made some mistakes during pressure build-up and noticed only in hindsight that my mistakes had had an astonishing effect – at least to some degree.

I conducted the second measurement with Joachim Zeller. This time it was well-prepared and we were able to avoid the mistakes I had made with the first measurement ...

Dauer des Druckaufbaus bei der Messung sehr dichter Gebäude und von Gebäuden mit flexiblen Luftdichtheitsschichten

Dipl.-Phys. Joachim Zeller

Ingenieurbüro Zeller, Am Schnellbäumle 16, 88400 Biberach, Deutschland
T: +49 7351 14783, joachim.zeller@t-online.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Bei sehr dichten Gebäuden und bei Gebäuden mit flexiblen Luftdichtheitsschichten kann es nach dem Verstellen des Ventilators Minuten dauern, bis sich der Differenzdruck und der Volumenstrom praktisch nicht mehr ändern. Zu frühzeitiges Ablesen der Werte führt zu Messfehlern. Der Vortrag gibt Handlungsempfehlungen für Messteams, durch die derartige Messfehler vermieden werden.

Methode der Herangehensweise

Im Rahmen des Forschungsprojektes "Geduld vermeidet Messfehler" wurden Algorithmen zur Berechnung des Druckverlaufs hergeleitet. Gemessene Verläufe des Differenzdrucks an der Gebäudehülle wurden mit Berechnungen verglichen. Die Abhängigkeit von verschiedenen Parametern wie der Netto-Luftwechselrate bei 50 Pa, der Steigung der Ventilator-kennlinie oder der Größe der Ausbauchung einer flexiblen Luftdichtheitsbahn wurde untersucht. Dieses Projekt wurde gefördert vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen aus Mitteln der Zukunft Bau Forschungsförderung.

Inhalt des Vortrags

Wesentliche Ergebnisse des Forschungsprojektes werden beispielhaft vorgestellt:

- Die Gründe für die manchmal langsame Druckänderung nach dem Verstellen des Ventilators werden beschrieben.
- Der Einfluss der Steigung der Ventilator-kennlinie auf die Wartezeit und auf einen eventuellen Messfehler wird behandelt.
- Es wird gezeigt, wie sich die zusätzliche Wartezeit aufgrund einer flexiblen Luftdichtheits-schicht abschätzen lässt.

Ergebnisse und Beurteilung

Die erforderliche Wartezeit vom Verstellen des Gebläses bis zum Ablesen der Messdaten für den jeweiligen Messpunkt ergibt sich aus der schon beim BuildAir-Symposium 2021 beschriebenen Sieben-Sekunden Regel: die Zahl 7 dividiert durch den Zahlenwert der Netto-Luftwechselrate bei 50 Pa ergibt die Wartezeit in Sekunden. Bei flexiblen Luftdichtheitsschichten kommt dazu die Wartezeit für das "Befüllen" bzw. "Leeren" der Ausbauchung der Luftdichtheitsbahn: Man multipliziert die Zahl 20 mit der in Promille angegebenen Volumenänderung zwischen 0 Pa und 50 Pa und dividiert durch den Zahlenwert der Netto-Luftwechselrate bei 50 Pa um die zusätzliche Wartezeit in Sekunden zu erhalten. Die gesamte Wartezeit ergibt sich aus der Summe der beiden Einzelwerte.

Schlussfolgerungen

Das wichtigste Ergebnis aus dem Forschungsprojekt für die Messpraxis ist die Formel zur Abschätzung der zusätzlichen Wartezeit bei Gebäuden mit flexiblen Luftdichtheitsschichten. Wie praktikabel die Formeln sind, und wie gut es gelingt, die Größe der Lageänderung einer Luftdichtheitsbahn abzuschätzen, muss die Zukunft zeigen. Weiterhin offen bleibt die Frage nach dem Einfluss der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen.

Pressurization time for measuring very airtight buildings and buildings with flexible airtight layers

Dipl.-Phys. Joachim Zeller

Ingenieurbüro Zeller, Am Schnellbäumle 16, 88400 Biberach, Germany
phone: +49 7351 14783, joachim.zeller@t-online.de

Purpose of the work

When dealing with very airtight buildings and buildings with flexible airtight roofing felts it might take several minutes for the differential pressure and air flow to level out after having changed the fan speed. Taking premature readings of the values causes measuring errors. The lecture provides pointers for test teams to avoid such measuring errors.

Method of approach

The research project "Patience avoids measurement errors" derived algorithms for calculating the pressure curve. Differential pressure variations measured at the building envelope were compared against calculations. The project analyzed the dependence on various parameters such as the net air exchange rate at 50 Pa, the slope of the fan characteristic or the size of a bulge in flexible roofing felt. It was funded by the Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Research on behalf of the Federal Ministry for Housing, Urban Development, using funds granted by the research initiative "Zukunft Bau" (Future Buildings).

Content of the contribution

A few examples of the key results of the research project:

- Reasons why pressure changes sometimes take time to take effect after having adjusted the fan speed.
- The fan characteristic's gradient impact on latency and potential measuring errors.
- How to estimate additional latencies caused by flexible roofing felt.

Results and assessment of their significance

After having adjusted the fan speed, operators will have to wait for a certain amount of time until they can read the results measured at each data point. This seven-second rule had already been described at the Buildair Symposium 2021: The numerator 7 divided by the denominator of the net air exchange rate at 50 Pa will produce the waiting time in seconds. When handling flexible roofing felt, the waiting time for "filling" or "emptying" the bulge in the felt is added: The number 20 is multiplied by the volume change between 0 Pa and 50 Pa stated in parts per thousand and divided by the numerical value of the net air exchange rate at 50 Pa to provide the additional waiting time in seconds. Adding up these two values yields the total latency.

Conclusions

The most important lesson learned in this research project for testing in the field is the formula for estimating the additional waiting time for buildings with flexible airtight roofing felts. Time will show whether the formulas will work in the field and to which extent it will be possible to estimate any changes in the position of the airtight roofing felt. The impact of the temperature differential (inside/outside) remains an open question.

Auswertung von Zonenmessungen am Beispiel von Wohnungen

Gregor Notter

Hochschule Luzern – Technik & Architektur Institut für Gebäudetechnik und Energie, Technikumstrasse 21,
6048 Horw, Schweiz

T: +41 41 349-3358, gregor.notter@hslu.ch

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Für die beiden schweizerischen Energiestandards Minergie-P und Minergie-A werden bei der Luftdichtheit die einzelnen Nutzeinheiten als Messzonen betrachtet, egal ob Neubau oder Erneuerung / Modernisierung. Im Vordergrund steht der Komfort zwischen den Nutzungseinheiten nebst den energetischen Verlusten durch Infiltration.

Werden bei Zonenmessungen die Anforderungen eingehalten? Welcher Anteil erfüllt die Anforderungen nicht?

Methode der Herangehensweise

Als Zertifizierungsstelle für die vorgenannten Labels prüfen wird die Messberichte der Luftdichtheit. Anhand dieser Prüfberichte sehen wir ob die Anforderungen an die Luftdichtheit bei den einzelnen Nutzeinheiten eingehalten sind. Mit der Auswertung der Prüfberichte wird aufgezeigt, dass Zonenmessungen realisiert und die Anforderungen eingehalten werden können.

Inhalt des Vortrags

- Definition der Zonenmessungen bei Minergie-P/A und Anzahl durchzuführender Messungen.
- Auswertung der Messergebnisse $qE50$ bei Unter- und Überdruck sowie dem Mittelwert, verglichen mit den Anforderungen.
- Auswertung der Messergebnisse bezüglich des Strömungsexponenten n (bei Messungen nach EN 13829 und ISO 9972) sowie dem Bestimmtheitsmass r^2 (bei Messungen nach ISO 9972).
- Zusammenhang zwischen dem Strömungsexponenten n und der Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle $qE50$.
- Hinweise auf oft vorgefundene Leckagen.
- Hinweis auf Vorgehen bei Nicht-Wohnbauten.

Ergebnisse und Beurteilung

Zonenmessungen sind bei Minergie schon seit 2007, sowie der SIA-Norm 180;2014, gefordert. Die Messresultate zeigen, dass Zonenmessungen durchführbar sind und die Anforderungen grösstenteils eingehalten werden können.

Schlussfolgerungen

Mit guter Planung und Umsetzung der Luftdichtheit können die Anforderungen auch bei Zonenmessungen eingehalten werden.

Bei Erneuerungen / Modernisierungen ist die Einhaltung der Anforderungen schwieriger, weil oft die Anschlüsse der Zwischendecken nicht optimal ausgeführt werden können.

Zone measurements and their analysis as carried out in apartments

Gregor Notter

Hochschule Luzern – Technik & Architektur Institut für Gebäudetechnik und Energie, Technikumstrasse 21,
6048 Horw, Switzerland
phone: +41 41 349-3358, gregor.notter@hslu.ch

Purpose of the work

According to the two Swiss building standards Minergie-P and Minergie-A, individual dwelling units are considered measuring zones for airtightness, irrespective of whether they are in a new, renovated or modernized building. The Minergie standards focus on comfort between the dwelling units and the energy losses caused by infiltration.

Do zone measurements meet relevant requirements? Which requirements do the zone measurements fail to meet?

Method of approach

We are a certification body and grant the aforementioned labels after reviewing airtightness test reports. Based on these test reports we can ascertain whether individual dwelling units meet airtightness requirements. Analyses based on the test reports indicate that zone measurements have been made in compliance with our requirements.

Content of the contribution

- Definition of zone measurements according to Minergie-P/-A and number of measurements to be performed.
- Evaluation of the measurement results $qE50$ at negative and positive pressure and mean value checked against requirements.
- Evaluation of test results with regard to the air flow exponent n (for measurements according to EN 13829 and ISO 9972) and the coefficient of determination r^2 (for measurements according to ISO 9972).
- Ratio between air flow exponent n and air permeability of the building envelope $qE50$.
- Guidance in the event of many leakages.
- Guidance for non-residential buildings.

Results and assessment of their significance

Minergie has specified requirements for zone measurements since 2007 as does the SIA standard 180:2014. The test results indicate that zone measurements are feasible and that the requirements have been met for the most part.

Conclusions

If airtightness is well-designed and well-executed, these requirements can also be met when conducting zone measurements.

After renovations / modernizations it is not that easy to comply with these requirements, because joints in false ceilings often cannot be sealed well enough.

Messung der Luftdichtheit von Hochhäusern über 100 Meter (Projekterfahrungen) – Teil 2

Dipl.-Ing. Stefanie Rolfsmeier

BlowerDoor GmbH, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe-Eldagsen, Deutschland
T: +49 4725 640499, rolfsmeier@blowerdoor.de

Weltweit steigt die Nachfrage nach Luftdichtheitsprüfungen von hohen Gebäuden mit einer Höhe ab ca. 100 m. Dieser Bericht informiert über das Planungs- und Messkonzept zur Prüfung des gesamten Gebäudes als „Single-Zone“ und stellt die Ergebnisse und Erkenntnisse der Luftdichtheitsprüfungen vor. Der Prüfaufbau und die Prüfungen als solche basieren auf dem Leitfaden des Passivhaus Instituts zur Vermessung von Hochhäusern [5], der Empfehlungen enthält, die über die Norm ISO 9972 hinausgehen. Das Team führte zusätzliche Tests durch und zeichnete sie auf, um mehr über den Prozess beim Testen hoher Gebäude auf Luftdichtheit zu erfahren.

Dabei konzentrierte sich das Team auf folgende Punkte:

- Hohe Gebäude erfordern ein Messkonzept sowohl für den Versuchsaufbau als auch für die Vorbereitung des Gebäudes. Für diese ersten Schritte sollte ausreichend Zeit – in manchen Situationen 2 bis 3 Tage – eingeplant werden.
- Die Installation der Messventilatoren über die gesamte Gebäudehöhe ist erforderlich, wenn die Gebäudehülle eine sehr hohe Luftdurchlässigkeit aufweist und / oder wenn das Gebäude sehr kleine Luftströmungswege, d. h. „Flaschenhälse“ aufweist. Diese Vorbereitungen sorgen dafür, dass der Gebäudedruck nicht unter 10 % sinkt.
- Zusätzliche Differenzdruckmesser sollten im Erdgeschoss und im obersten Standardgeschoss installiert werden, um den Einfluss von Schornsteineffekt und Wind auf die Gebäudedruckdifferenz zu sehen.
- Ausgehend von den Gebäudedruckunterschieden im Erdgeschoss und Obergeschoss können die Datenpunkte der Mehrpunktprüfungen so angepasst werden, dass das gesamte Gebäude vollständig drucklos bzw. vollständig druckbeaufschlagt ist.
- Randbedingungen für das Wetter während der Tests sind maximal 1000 - 1250 mK und eine Windstärke kleiner oder gleich 3 Beaufort.

Basierend auf den Erkenntnissen können Prüfaufbau und -verfahren verbessert werden, um zukünftig zuverlässige und wiederholbare Messergebnisse bei der Prüfung von hohen Gebäuden auf Luftdichtheit zu erzielen.

Measuring airtightness of 100-meter high-rise buildings (lessons learned) – part 2

Dipl.-Ing. Stefanie Rolfmeier

BlowerDoor GmbH, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe-Eldagsen, Germany
phone: +49 4725 640499, rolfmeier@blowerdoor.de

Worldwide, the demand for airtightness tests of tall buildings with a height of approximately 100 m is increasing. This report provides information on the planning and measurement concept for testing the entire building as a "single-zone" and presents the results and findings of the airtightness tests. The test set-up and the tests as such are based on the Passive House Institute's Guide to Measuring Tall Buildings [5] which includes recommendations that go beyond the ISO 9972 standard. The team conducted and recorded additional tests to learn more about the process when testing tall buildings for airtightness.

The team focussed on the following points:

- High buildings require a measurement concept for the test set-up as well as for preparing the building. Sufficient time - in some situations 2 to 3 days - should be allotted for these first steps.
- Installing the measuring fans throughout the entire building height is necessary if the building envelope exhibits a very high air permeability and / or if the building has very small airflow paths, i.e. "bottlenecks". These preparations ensure that the building pressure does not drop below 10%.
- Additional Differential pressure gauges were installed on the ground floor and the top standard floor to see the impact of stack effect and wind on the building pressure difference.
- Based on the building pressure differences on the first and top floor, the data points of the multipoint tests can be adjusted in such a way that the entire building is fully depressurized or fully pressurized.
- Boundary conditions for the weather during the tests are a maximum of 1000 - 1250 mK and a wind force equal to or less than 3 Beaufort

Based on the findings, the test set-up and procedure can be improved to achieve reliable and repeatable measurement results when testing tall buildings for airtightness in future.

Ihre Notizen / your notes

Aussteller

Exhibitors

ACIN Instrumenten BV

Handelskade 76
 2288 BG Rijswijk
 Niederlande
 Fon: +31 70 3070703
 info@acin.nl
 www.acin.nl
 Anwendungstechnik/Vertrieb: Niek-Jan Bink

BlowerDoor GmbH**MessSysteme für Luftdichtheit**

Zum Energie- und Umweltzentrum 1
 31832 Springe
 Deutschland
 Fon: +49 5044 975-40
 Fax: +49 5044 975-44
 info@blowerdoor.de
 www.blowerdoor.de
 Anwendungstechnik/Vertrieb: Alexander Kiß



BlowerDoor GmbH
 MessSysteme für Luftdichtheit

Büro für Bauphysik und Energieberatung Wilfried Walther

Zum Energie- und Umweltzentrum 1
 31832 Springe
 Deutschland
 Fon: +49 5044 975-33
 Fax: +49 5044 975-66
 walther@e-u-z.de
 www.energieberater-tools.de

Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen (FLiB) e. V.

Storkower Straße 158
 10407 Berlin
 Deutschland
 Fon: +49 30 2903-5634
 Fax: +49 30 2903-5772
 info@flib.de
 www.flib.de
 Geschäftsführer: Oliver Solcher

pro clima**Moll bauökologische Produkte GmbH**

Rheintalstraße 35–43
 68723 Schwetzingen
 Deutschland
 Service: +49 6202 2782-0
 Technische Hotline: +49 6202 2782-45
 info@proclima.de
 www.proclima.de
 Anwendungstechnik: Michael Förster
 Vertrieb: Thomas Lösch



Regel-air Becks GmbH & Co. KG

An der Seidenweberei 12
47608 Geldern-Walbeck
Deutschland
Fon: +49 2831 977990
Fax: +49 2831 9735337
kontakt@regel-air.de
www.regel-air.de
Beratung: Rainer Venhoven

Der Luftdichtheitsmessgeräte-Shop

Gerd Ott
Showroom
Filsweg 6
73347 Mühlhausen im Täle
Deutschland
Fon: +49 7335 1890 545
info@blower-door-systeme.de
www.blower-door-systeme.de
Anwendungstechnik: Gerd Ott

**SIGA Cover GmbH Deutschland**

Willy-Brandt-Platz 2
12529 Schönefeld
Deutschland
Fon: +49 173 8730411
robert.wiegand@siga.swiss
www.siga.swiss
Anwendungstechnik/Vertrieb: Robert Wiegand

Wöhler Messgeräte Kehrgeräte GmbH

Wöhlerplatz 1
33181 Bad Wünnenberg
Deutschland
Fon: +49 2953 73-100
Fax: +49 2953 73-96-100
info@woehler.de
www.woehler.de
Anwendungstechnik: Bernd Bornemann



