

Tagungsband zum
10. Internationalen BUILDAIR-Symposium

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

31. März und 1. April 2017, Hannover Congress Centrum (HCC)

Reader to
10th International BUILDAIR Symposium

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

March 31/April 01, 2017, Hannover Congress Centrum (HCC)

Impressum *Imprint*

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

Redaktion
editorial staff Uwe Brockmann, Margareta Hollmann

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

Druck
print ix-press DigitalDruck, Hannover, Deutschland

1. Auflage
1st edition März 2017

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.

Veranstalter *Organizer*



Platin-Sponsor *Platinum sponsor*



Sponsoren *Sponsors*



Kooperationspartner *Cooperation partners*



Medien-Partner *Media partners*



Inhalt / content

Radondetektierung mittels BlowerDoor – praktische Erfahrungen	6
Radon detection with a BlowerDoor – a report from experience	7
<i>Hans Ananiassen (NO)</i>	
Luftdichtheit in Nord-Amerika aus der Perspektive der Bauphysik	8
Airtightness in North America seen from Building Physics Viewpoint	9
<i>Mark Bomberg (CA)</i>	
Auswirkung der Energiepolitik auf Gebäudeluftdichtheit und Dichtheit von Lüftungsrohren	10
Impact of energy policies on building and ductwork airtightness	12
<i>François Rémi Carrié, Valérie Leprince, Maria Kapsalaki (FR)</i>	
Qualitätsrahmenvorschriften des belgischen Verbandes für Luftdichtheitsmessung	14
Quality Standards of the Belgian Association for Airtightness Testing	15
<i>Roger Hoffmann (BE)</i>	
Planung und Umsetzung der Luftdichtheit mit Luftdichtheitskonzept	16
Planning and implementing airtightness with an airtightness design	17
<i>Stefan Hückstädt (DE)</i>	
Dichtheit von Reinräumen – die neue VDI 2083/19	18
The airtightness of clean rooms – the new VDI 2083/19	19
<i>Daniel Jung (DE)</i>	
Einzel- und Schutzdruckmessungen an Mehrfamilienhäusern	20
Individual and guard-zone measurements in apartment buildings	21
<i>Andreas Kaschuba-Holtgrave, Angela Rohr, Stefanie Rolfsmeier, Oliver Solcher (DE)</i>	
Empfehlung zur optimalen dauerhaften Fugenabdichtung aus hygrothermischer Sicht	22
Recommendations for the optimal and lasting sealing of joints from a hygro-thermal perspective	23
<i>Björn Kethorn (DE)</i>	
Juristische Bewertung von Luftleckagen – Argumente jenseits der Bauphysik	24
A legal evaluation of leakages – Arguments beyond building physics	25
<i>Ulf Köpcke (DE)</i>	
BlowerDoor-Messung eines Gebäudes mit 545.000 m ³ in Madrid	26
545.000 m ³ BlowerDoor test in Madrid	27
<i>Sergio Melgosa Revillas (ES)</i>	
Verbesserung der Gebäudehüllendichtheit in Frankreich: Auswertung von rund 90.000 von zertifizierten Testanbietern durchgeführten Messungen	28
Improvement of buildings envelope airtightness in France: analysis of about 90,000 measurements performed by certified operators	29
<i>Adeline Bailly Mélois, Gaëlle Guyot, Valérie Leprince (FR)</i>	
Bewertung der Messunsicherheiten bei Volumenstrommessungen von Luftauslässen	30
Assessment of airflow measurement uncertainty at terminal devices	31
<i>Adeline Bailly Mélois, Isabelle Caré, François Rémi Carrié (FR)</i>	
Testen großer Gebäude – die Entwicklung in den baltischen Staaten	32
Developing of large building testing in Baltic countries	33
<i>Andrejs Nitjievskis (LV)</i>	
Bedeutung von Luft-Leckagen – Simulationsrechnungen. Ergebnisse aus dem FLiB-Forschungsprojekt	34
The impact of leakages – Simulation calculations. Results from the FLiB research project	36
<i>Victor Norrefeldt, Andrea Burdack-Freitag, Gunnar Grün (DE)</i>	
Wiederholbarkeit der Ergebnisse von Luftdichtheitstests unter Laborbedingungen	38
Repeatability of airtightness test results in laboratory conditions	39
<i>Jiří Novák (CZ)</i>	

Zonen-Drucktest eines Wohngebäudes und Leckagebewertung – Erfahrungen mit dem Thermo-Anemometer	40
Zonal pressure testing of a dwelling and leakage evaluation – Experience with the thermal anemometer	42
<i>Gavin Ó Sé (IRL)</i>	
Luftdichtheit von Multifunktionsbändern	44
Airtightness of multifunctional tapes	45
<i>Søren Peper, Tim Huyeng (DE)</i>	
Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Bauteilen (q50) durch BlowerDoor Messungen auf der Baustelle	46
Components permeability (q50) by means of in-situ blower door tests	48
<i>Nuno M. M. Ramos, Ricardo M.S.F. Almeida, Eva Barreira, Pedro F. Pereira (PT)</i>	
Volumenstrom- und Dichtheitsmessungen an zentralen Lüftungsanlagen	50
Air-flow and airtightness measurements of centralized ventilation systems	51
<i>Theo Reuter (DE)</i>	
Leckagen in Lüftungskanälen und Gebäudehülle – Diagnose, Analyse der Auswirkungen und Verbesserungen in einem Flughafen-Tower	52
Ductwork and envelope leakage diagnostic, impact analysis and improvements in an airport control tower	53
<i>Fabrice Richieri, Bassam Moujalled, Emmanuel Nicolle (FR)</i>	
Der luftdichte Spülkasten - Fluch oder Segen?	54
The airtight cistern – A blessing or a curse?	55
<i>Thomas Runzheimer (DE)</i>	
Dezentrale Lüftungsanlagen versus Gebäude(un)dichtheit	56
Decentralized ventilation system versus (the lack of) building airtightness	57
<i>Erik Schütze (DE)</i>	
Status quo des luftdichten Bauens in Deutschland	58
The status quo of airtight building in Germany	59
<i>Oliver Solcher (DE)</i>	
Druckdifferenz – Infiltration durch Wind. Ergebnisse einer Langzeitmessung	60
The natural pressure differential – Wind infiltration. Results from a long-term measurement	61
<i>Oliver Solcher, Stefanie Rolfmeier, Paul Simons (DE)</i>	
Leckortung mittels Thermografie – Ergebnisse mit unterschiedlichen Kamerasystemen	62
Leakage detection using thermography – Results with different camera systems	63
<i>Benjamin Ständecker (DE)</i>	
Bedeutung von Luft-Leckagen - Bewertungsprobleme und Handlungsempfehlungen. Ergebnisse aus dem FLiB-Forschungsprojekt	64
The significance of leakages – Problems of evaluation and recommendations for action. Results from the FLiB research project	65
<i>Klaus Vogel (DE)</i>	
Methoden zur Erfassung und Analyse von Luftleckagen	66
Methods for measuring and analyzing leakages	67
<i>Wilfried Walther (DE)</i>	
Neue Entwicklungen zum Thema Luftdichtheitsmessungen und Luftdichtheitskonzept in der Schweiz	68
New developments in the field of airtightness measurements and airtightness designs in Switzerland	69
<i>Michael Wehrli (CH)</i>	
Aussteller / exhibitors	70

Radondetektierung mittels BlowerDoor – praktische Erfahrungen

Hans Ananiassen, Beratender Ingenieur

Radon Team Inc. and Trykktesteren, Brannstasjonsveien 8, 4312 Sandnes, Norwegen,
T: +47 41563733, hans@trykktesteren.no

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Ausweitung des Einsatzbereiches der BlowerDoor und von thermischen Geräten in Kombination mit Radon.

Methode der Herangehensweise

Wenn im Gebäude ein sehr niedriger Unterdruck herrscht, kann man mit der Radon-Schnüffelausrüstung RAD7 an Orten, wo die Wärmebildkamera Luftleckagen anzeigt, die augenscheinlich Bodenleckagen sind, Radon nachweisen. Bei am Boden festgestellten Leckagen lassen sich oft höhere Konzentrationen von Thoron, Radon und Polonium nachweisen als bei Messungen an anderen Stellen im Raum.

Schlussfolgerungen

Mittels BlowerDoor-Test kontrollierter Druck und Wärmebilder sind perfekte Hilfsmittel bei der Feststellung eines farblosen Gases ohne Geruch und Geschmack. So kann genau bestimmt werden, an welchen Orten Radonfluss vom Untergrund nachgewiesen werden soll, anstatt blind „Schnüffelmessungen“ durchzuführen.

Wissenschaft

Bernard Collignan hat zusammen mit anderen Wissenschaftlern bei Elsevier hervorragende Forschungsartikel zu Methoden zur Prüfung der durchschnittlichen jährlichen Konzentration publiziert. Ich kann nur empfehlen, diese interessanten Artikel zu lesen.

Verweis: Elsevier / CSTB Health and Comfort dep., 24 rue Joseph Fourier, 38400 Saint-Martin d'Herès, France, bernard.collignan@cstb.fr

Radon detection with a BlowerDoor – a report from experience

Hans Ananiassen, Advisory engineer

Radon Team Inc. and Trykktesteren, Brannstasjonsveien 8, 4312 Sandnes, Norway,
T: +47 41563733, hans@trykktesteren.no

Purpose of the work

To expand the use of BlowerDoor and thermal equipment combined with Radon

Method of approach

When building is set on very low negative pressure, use the Radon sniff-equipment called RAD7 to count radon at places where thermal imaging camera tell there is draft that can be assumed to be leaks from the ground. If the found leakages are from the ground it often show higher level of Thoron, Radon and Polonium values, than the measurements elsewhere in the room.

Conclusions

Controlled pressure by BlowerDoor and thermal imaging is perfect collaborators for the search of a gas that has no smell, no taste, no colour. Pinpointing places to prove whether there is radonflow or not, from lower grounds, instead of doing sniff-measuring on the blind.

The science

Mr. Bernard Collignan together with other scientists have made very fine scientific articles in Elsevier of methods to assess the annual average concentration. I suggest these interesting articles for reading.

Ref. to: Elsevier / CSTB Health and Comfort dep., 24 rue Joseph Fourier, 38400 Saint-Martin d'Herès, France, bernard.collignan@cstb.fr

Luftdichtheit in Nordamerika aus der Perspektive der Bauphysik

Mark Bomberg

Adj. Prof. McMaster Universität, Hamilton, Ontario, Kanada
Honorary member BETEC/NIBS Washington, DC

Die Kontrolle der Umweltfaktoren (Wärme-, Luft- und Feuchteflüsse sowie ihre Auswirkungen) begann in den Prärien Kanadas und der USA vor 90 Jahren. Sie wurde stets sowohl von den Bewohnern vorangetrieben, die ein besseres Wohnraumklima wollten, als auch von den Bauausführenden. In letzter Zeit wurden Überlegungen zu Energieeffizienz und Nutzungsdauer Teil der sozioökonomischen Anforderungen in der Gesellschaft. Damit weckte dieser Bereich der Bauphysik auch das Interesse der Regierungen.

Im Gegensatz zu Europa, wo Mauerwerk mit Kalkzementputz nicht nur Luftdichte, sondern auch eine große thermische Masse bietet, weisen die nordamerikanischen Holzkonstruktionen keines von beiden auf. Der Integrationsprozess von HLK-Anlagen und Gebäudehülle wurde entsprechend erst vor ungefähr 20 Jahren angestoßen. Die Frage, „Wie dicht ist zu dicht?“, wurde im Kontext der Bauphysik aufgeworfen.

Die Präsentation wird die wichtigsten Punkte zu einem systemischen Ansatz hervorheben und dabei Wärme-, Luft- und Feuchteaspekte zusammenbringen, wie sie sich derzeit auch in der jetzt aufkommenden nordamerikanischen Version des modernen Passivhauses entwickeln.

Airtightness in North America seen from Building Physics Viewpoint

Mark Bomberg

Adj. prof. McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada,
Honorary member BETEC/NIBS Washington, DC

Environmental control (heat, air and moisture flows and their effects) started 90 years ago on Prairies of Canada and USA. It has always been based on occupant's interest in a better indoor environment and driven by builders. More recently, when energy efficiency and durability considerations became part of socio-economic requirements of the society this part of building physics was shifted to the interests of governments.

In contrast to masonry Europe where masonry with lime-cement plasters provided both airtightness and high thermal mass, NA wood construction had none of them. Therefore, the process of integration between HVAC and enclosure became apparent some 20 years ago and the question "how tight is too tight" was brought up in the context of building physics.

This presentation will highlight key points of systems approach and tie heat, air and moisture considerations as they are evolving in now-emerging NA version of modern passive housing.

Auswirkung der Energiepolitik auf Gebäudeluftdichtheit und Dichtheit von Lüftungsrohren

Dr. François Rémi Carrié¹, Dr. Valérie Leprince², Dr. Maria Kapsalaki³

¹ ICEE, 93 rue Molière, 69003 Lyon, Frankreich, T: + 33 7 61199941, remi.carrie@icee-energy.eu

² PLEIAQ, 84 C Avenue de la Libération, 69330 Meyzieu, Frankreich, T: +33 4 26002627, valerie.leprinc@pleiaq.net

³ INIVE, Lozenburg 7, 1932 Sint Stevens Woluwe, Belgien, maria.kasalaki@inive.org

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Die Präsentation gibt einen Überblick über die Veränderungen und Entwicklungen der vergangenen fünf Jahre im Bereich Gebäudeluftdichtheit und Dichtheit von Lüftungsrohren und analysiert diese.

Methode der Herangehensweise

Die politischen Instrumente wurden vor allem mit Hilfe von gesammelten Informationen und Diskussionen im Tightvent Airtightness Associations Committee (TAAC – Tightvent Ausschuss der Luftdichtheitsverbände, <http://tightvent.eu/partners/taac>) sowie Recherche in einschlägiger Literatur analysiert. Weitere Arbeiten im letzten Quartal 2016 liefern dem Publikum beim Buildair-Symposium relevante Informationen vor allem aus von TAAC-Mitgliedern ausgefüllten Online-Fragebögen und bibliografischen Recherchen.

Inhalt des Vortrags

Die Präsentation untersucht sowohl die eingesetzten politischen Instrumente (gesetzliche Anforderungen sowie Anreiz- und Förderprogramme, besondere Programmanforderungen, Qualitätsrahmenwerke für Tester und Bauherren) als auch die in der Praxis beobachteten Veränderungen im Bereich Gebäudeluftdichtheit und Luftdichtheit von Lüftungsrohren.

Ergebnisse und Beurteilung

Die bisher untersuchten Ergebnisse zeigen deutliche politische Veränderungen bei den gesetzlichen Regelungen oder Programmen. Es werden Luftdichtheitstests vorgeschrieben oder Verbesserungen der Luftdichtheit werden stark gefördert. In mehreren Ländern zeigen Felddaten einen deutlich positiven Einfluss der politischen Maßnahmen und Programme. Rückmeldungen von Seiten der TAAC-Mitglieder weisen jedoch vor allem darauf hin, dass viele Regionen und /oder Sektoren der Bauindustrie bei der Verbesserung der Luftdichtheit noch hinterherhinken, obwohl diese für Energieeinsparungen und die Raumluftqualität von Bedeutung ist.

Der Luftdichtheit von Lüftungsrohren wird im Vergleich wesentlich weniger Aufmerksamkeit zuteil als der Gebäudeluftdichtheit. Feldbeobachtungen zeigen weiterhin sowohl bei der Planung als auch bei der Implementierung von Lüftungssystemen besorgniserregende Praktiken. Obwohl der Einfluss undichter Lüftungsrohre auf den Energieverbrauch und die Innenluft seit Jahren bekannt ist, haben mit Ausnahme der skandinavischen Länder, die bereits seit 1950 die Luftdichtheit von Lüftungsrohren fördern, nur wenige europäische Länder Schritte zur Förderung eingeleitet.

Schlussfolgerungen

In den Bereichen Gebäudeluftdichtheit und Luftdichtheit von Lüftungsrohren wurden in den vergangenen fünf Jahren unterschiedliche Fortschritte gemacht. Obwohl sich augenscheinlich in mehreren Ländern der Markt im Bereich Luftdichtheit verändert, gibt es weiterhin Potenzial für deutliche Energieeinsparungen und eine höhere Raumluftqualität, wenn sowohl die

Lüftungskapazität als auch die Luftdichtheit von Gebäuden und Lüftungsrohren berücksichtigt wird. Maßnahmen zur Ausschöpfung dieses Potenzials richten sich in einem ganzheitlichen Ansatz sowohl für Neu- als auch für Bestandsbauten auf Themen wie energieeffizientes Lüften, Wohnkomfort, Fertigkeitentwicklung, und Marktakzeptanz. Hier sollte auf den positiven Erfahrungen einiger Mitgliedsstaaten aufgebaut werden, besonders bei der Einhaltung der Gebäudeluftdichtheitsanforderungen sowie bei der Qualitätskontrolle. Eine entsprechende europäische Gesetzgebung und Normen sind unabdingbar, um diese Anstrengungen zu unterstützen.

Impact of energy policies on building and ductwork airtightness

Dr. François Rémi Carrié ¹, Dr. Valérie Leprince ², Dr. Maria Kapsalaki ³

¹ ICEE, 93 rue Molière, 69003 Lyon, France, T: + 33 7 61199941, remi.carrie@icee-energy.eu

² PLEIAQ, 84 C Avenue de la Libération, 69330 Meyzieu, France, T: +33 4 26002627, valerie.leprinc@pleiaq.net

³ INIVE, Lozenburg 7, 1932 Sint Stevens Woluwe, Belgium, maria.kasalaki@inive.org

Purpose of the work

This paper aims at reviewing and analysing changes and developments in various countries on building and ductwork airtightness in the past 5 years.

Method of approach

The policy instruments have been analysed mainly through information collected and discussions within the TightVent Airtightness Associations Committee, (<http://tightvent.eu/partners/taac>) and with a literature review. Additional work is foreseen in the last quarter of 2016 to provide the symposium audience relevant information, in particular, through on-line questionnaires to be filled in by TAAC members and bibliographic search.

Content of the contribution

The paper analyses both at the policy instruments used (regulatory requirements and incentives, specific programme requirements, quality frameworks for testers and builders) and the changes observed in practice in terms of building and ductwork airtightness.

Results and assessment of their significance

Results analysed so far show significant policy changes with regulations or programmes requiring building airtightness testing or strongly pushing better building airtightness. In several countries, analysis of field data shows very positive impact of policies and programmes. On the other hand, feedback from members of the TightVent Airtightness Associations Committee strongly suggests that building airtightness improvements are lagging behind in many regions and/or building sectors, although relevant in terms of energy savings and indoor environmental quality.

As for ductwork airtightness, this subject has comparatively received much less attention than building airtightness. Field studies continue to show worrying practice both in terms of design and implementation of ductwork systems. Although the energy and indoor environmental impacts of poor ductwork airtightness have been identified since many years, very few European countries have taken steps to foster airtight ductworks apart from Scandinavian countries that have done so since the 1950s.

Conclusions

Contrasted progress has been made in the past 5 years on the topic of building and ductwork airtightness. Although there is clear evidence of a market transformation on the subject of airtightness in several countries, there remains potential for substantial energy savings and improved indoor environmental quality by addressing simultaneously ventilation performance and building and ductwork airtightness. Measures taken to grasp this potential shall address

issues such as energy efficient ventilation, comfort, skills development and market uptake in a holistic approach, addressing both new and existing buildings. They should build on the positive experience of several member states, in particular on building airtightness compliance and quality control. Appropriate European legislation and standards are essential to support this effort.

Qualitätsrahmenvorschriften des belgischen Verbandes für Luftdichtheitsmessung

Roger Hoffmann

AICB/OACG Belgischer Verband unabhängiger Agenturen für Gebäudekontrolle,
Chemin de la Bouvière, 9, 4960 Malmedy, Belgien, T: +32 473 956477, info@eco-energie.be

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Zuverlässigkeit von Luftdichtheitsmessungen garantieren.

Inhalt des Vortrages

Als Antwort auf die Fragen der drei belgischen Regionalregierungen, die bezüglich Luftdichtheitsmessungen Qualitätsmängel festgestellt haben, hat der belgische Fachverband eine Kontroll-Software hergestellt und die Zertifizierung von Luftdichtheitsprüfern organisiert.

Es gibt in Belgien zwei verschiedene Qualitätsrahmen. Der eine wurde 2015 von Herrn Christophe Delmotte, BBRI, vorgestellt. Die Mitglieder unserer Organisation haben einen viel einfacheren Qualitätsrahmen entwickelt, der bessere Garantien für Qualität liefert und deutlich geringere indirekte Kosten verursacht. Der Vortrag stellt den Inhalt der Qualitätsrahmenvorschriften vor und erläutert deren Vorteile.

Ergebnisse und Beurteilung

Zuverlässigkeit von Luftdichtheitsmessungen, weniger Kosten und Unannehmlichkeiten, garantierter Datenschutz.

Schlussfolgerungen

Der Qualitätsrahmen, von Profis aufgestellt, erfüllt die wichtigsten Anforderungen der Anwender und die der Verwaltungen. Wir registrieren immer mehr Anwender.

Quality standards of the Belgian Association for Airtightness Testing

Roger Hoffmann

AICB/OACG Belgischer Verband unabhängiger Agenturen für Gebäudekontrolle,
Chemin de la Bouvière, 9, 4960 Malmedy, Belgium, T: +32 473 956477, info@eco-energie.be

Purpose of the work

To guarantee the reliability of airtightness measurements.

Content of the contribution

In response to the questions of the three regional governments that had found quality deficiencies with regard to airtightness tests, the Belgian professional association has developed a control software and has organized the certification of airtightness testers.

There are two different quality frameworks in Belgium. One was presented at this conference in 2015 by Christophe Delmotte of BBRI. The members of our organization have developed a quality framework that provides better guarantees for quality and incurs significantly lower indirect cost. This presentation is to explain the content of the quality framework and regulations, as well as their advantages.

Results and assessment of their significance

Reliability of airtightness measurements, lower cost, less inconveniences, and guaranteed protection of privacy

Conclusions

The quality framework has been designed by professionals and meets the most important requirements of the users and their administrations. We are registering a fast increasing number of users.

Planung und Umsetzung der Luftdichtheit mit Luftdichtheitskonzept

Stefan Hückstädt

pro clima Moll bauökologische Produkte GmbH, Rheintalstraße 35-43, 68723 Schwetzingen, Deutschland,
T: +49 6202 2782-49, F: +49 6202 2782-51, stefan.hueckstaedt@proclima.de

Entsprechend geltender Verordnungen und Regeln der Technik sind (wie allgemein bekannt) zu errichtende Gebäude dauerhaft luftundurchlässig auszuführen.

Dazu ist vor der Ausführung die luftdichte Gebäudehülle ‚sorgfältig zu planen‘. So steht es in DIN 4108-7. Dort sind auch bereits erste Planungsgrundsätze formuliert. Seit einigen Jahren kursiert der Begriff *Luftdichtheitskonzept* – lange ohne eindeutige Definition. Aktuell hat der Fachverband für Luftdichtheit im Bauwesen (FLiB) einen Leitfaden herausgegeben mit konkreten Empfehlungen zum Erstellen von Luftdichtheitskonzepten und Handlungsanweisungen.

Die KfW fordert als technischen Nachweis bei den wichtigsten Förderprogrammen zur energetischen Sanierung und Errichtung von Neubauten ein Luftdichtheitskonzept und verweist in ihren technischen FAQs auf den Leitfaden des FLiB.

Im Vortrag werden die wesentlichen Planungsschritte erörtert: Von der Planung der Luftdichtheitsschichten einzelner Bauteile über die Festlegung von Anschlussdetails bis hin zur Planung der Ausführung. Dabei werden jeweils grundlegende Planungs- und Konstruktionsprinzipien besprochen.

Planning and implementing airtightness with an airtightness design

Stefan Hückstädt

pro clima Moll bauökologische Produkte GmbH, Rheintalstraße 35-43, 68723 Schwetzingen, Germany,
T: +49 6202 2782-49, F: +49 6202 2782-51, stefan.hueckstaedt@proclima.de

According to the legal regulations and the rules of technology (as generally accepted) new buildings are to be constructed permanently airtight.

In order to do so, an airtight building envelope has to be carefully planned prior to the actual construction process. This is how it is stipulated in the German Industrial Standard DIN 4108-7 that also features some first principles for planning. The term airtightness design has been going around for a few years now, but for a long time had not even been clearly defined. The Association for Airtightness in Buildings (FLiB) has recently published a guideline with specific recommendations for developing airtightness designs as well as some indications.

KfW (German Reconstruction Loan Corporation) requires an airtightness design for its most important funding programs for energy-performance related modernizations as well as new buildings. In its technical FAQs, it makes reference to the FLiB guideline.

The presentation discusses the principal steps when planning, from planning the airtightness layer of individual building components via determining the connection details to the actual implementation, as well as the respective underlying planning and construction principles.

Dichtheit von Reinräumen – die neue VDI 2083/19

Daniel Jung

jung – gesellschaft für bauen und wohnen mbh, Große Venedig 31, 31134 Hildesheim, Deutschland,
T: +49 5121 206650, F: +49 5121 2066555, djung@jung-gbw.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Vorstellung der neu erstellten Norm VDI 2083/19 zur Dichtheitsprüfung von Reinräumen.

Inhalt des Vortrags

Nunmehr zehn Jahre nach einem veröffentlichten Normvorschlag und vielen hundert Messungen ohne eine belastbare Norm für diesen so sensiblen Bereich ist es nun tatsächlich soweit: Es gibt eine Norm, die sich ausschließlich mit der Dichtheit von Reinräumen befasst.

Im Rahmen des Vortrages werden der Weg zur neuen VDI 2083/19 und die Norm selbst vorgestellt. Besondere Beachtung sollen dabei die praktischen Möglichkeiten der Messung und der Leckageortung finden. Auch die Darstellung der einzelnen Reinraumklassen und deren Bedeutung für einzuhaltende Werte sind Inhalt des Vortrages. Zudem wird die Umsetzung vor Ort und die Anwendbarkeit der neuen Norm in der Praxis, ob in Gebäuden im medizinischen Bereich oder in Räumen für die Herstellung sensibler Produkte, dargestellt.

The airtightness of clean rooms – the new VDI 2083/19

Daniel Jung

jung – gesellschaft für bauen und wohnen mbh, Große Venedig 31, 31134 Hildesheim, Germany,
T: +49 5121 206650, F: +49 5121 2066555, djung@jung-gbw.de

Purpose of the work

Presentation of the newly created standard VDI 2083/19 (VDI is the Association of German Engineers) for airtightness tests of clean rooms.

Content of the contribution

It has been ten years since the publication of a draft proposal, and now, many hundred measurements without a binding standard for such a sensitive area later, the day has finally come. We have a standard dealing exclusively with the airtightness of clean rooms.

The presentation shows the way to the new VDI 2083/19 and introduces the standard. It particularly highlights its application during measurements and leakage detection. It also looks at the different classes of clean rooms and their significance when it comes to the values to be observed. Further topics are its implementation on site and the scope of application of the standard, e.g. in the medical field or in rooms for the production of sensitive products.

Einzel- und Schutzdruckmessungen an Mehrfamilienhäusern – Messergebnisse

Dipl.-Phys. Andreas Kaschuba-Holtgrave¹, Dipl.-Arch. BArch (Hons) Angela Rohr²,
Dipl.-Ing. Stefanie Rolfsmeier³, Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher⁴

¹ Energieberatung Holtgrave, Senator-Wagner-Weg 4, 49088 Osnabrück, Deutschland,
T: +49 5481 9979711 / +49 541 3350325, F: +49 541 3350339, Andreas.Kaschuba-Holtgrave@t-online.de

² JADE Hochschule Oldenburg, Institut für nachhaltige Architektur und Umweltplanung INAU, Ofener Straße
16/19, 26121 Oldenburg, Deutschland, T: +49 441 7708-3710, F: +49 441 7708-3136, angela.rohr@jade-hs.de

³ Ingenieurgesellschaft Bau + Energie + Umwelt GmbH, Zum Energie- und Umweltzentrum 1,
31832 Springe-Eldagsen, Deutschland, T: +49 5044 975-30, F: +49 5044 975-44, rolfsmeier@blowerdoor.de

⁴ Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V. (FLiB), Storkower Straße 158, 10407 Berlin, Deutschland,
T: +49 30 2903-5915 / Sek.: +49 30 2903-5634, F: +49 30 2903-5772, solcher@flib.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Mit der EnEV 2014 hat der Gesetzgeber die Anforderungen an große Wohngebäude ($V_L > 1.500 \text{ m}^3$) qualifiziert. Neben die Anforderung an die Luftwechselrate ($n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$ bzw. $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$ je nach eingesetzter Lüftungstechnik) ist die hüllflächenbezogene Luftdurchlässigkeit ($q_{50} \leq 2,5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-2}$) getreten.

Ist mit der Einhaltung dieser gebäudespezifischen Grenzwerte im Allgemeinen eine gute Ausführungsqualität zu erwarten, oder muss von Fall zu Fall mit nennenswerten, lokal wirkenden Leckagen und daraus resultierenden Einschränkungen für Komfort, Sicherheit und Effizienz gerechnet werden?

Der rechtliche Rahmen

Im europäischen Rahmen wird diese Frage unterschiedlich gestellt bzw. eingegrenzt. In der Schweiz steht mit den Empfehlungen der SIA bzw. den Anforderungen des MINERGIE-Standard nach genereller Einzelmessung bzw. abschnittsweiser Messung der Aspekt der Sicherheit im Vordergrund, wirtschaftliche Aspekte sind nachrangig. Andere Länder geben sich mit einer stichprobenhaften Kontrolle zufrieden.

In der Bundesrepublik ist die methodische Frage noch offen, auf den Baustellen wird sie in vielen Fragen pragmatisch entschieden. Bei KfW-geförderten Mehrfamilienhäusern, die nicht als Gesamtgebäude nach DIN EN 13829 gemessen werden können, ist eine Abstimmung mit der KfW bzw. der Dena über die Vorgehensweise erforderlich.

Durch die Zusammenarbeit der Jade Hochschule, Oldenburg, der BlowerDoor GmbH, Springe, dem Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen (FLiB), Berlin, und der Energieberatung Holtgrave, Osnabrück, konnten in den letzten Jahren eine Reihe von größeren MFH umfassend und sehr detailliert gemessen werden.

Aus den Messdaten lassen sich systematische Grundzüge, einzelne Abweichungen und insbesondere die Variationsbreite der Gebäudekennwerte ableiten. Beispielsweise konnte empirisch bestätigt werden, dass Wohnungen in unterschiedlicher Lage in einem Mehrfamilienhaus aufgrund ihrer variierenden Anteile an Dach oder Außenwand unterschiedlich starke Leckageströme aufweisen. Nicht unerheblich ist außerdem der Anteil interner Leckagen zwischen Wohnungen, die je nach Leckagetyp auch über Schächte in den Keller oder über Dach mit der Außenluft in Verbindung stehen können. n_{50} -Ergebnisse einzelner Wohnungen lagen trotz insgesamt durchgehend guter Ergebnisse immer wieder jenseits der gesetzlichen Anforderungen.

Der Vortrag mündet in Empfehlungen für eine methodische Herangehensweise, einer Abschätzung der Fehlereinflüsse und skizzenhaften Vorschlägen für die weitere Normenarbeit.

Individual and guard-zone measurements in apartment buildings - Measuring results

Dipl.-Phys. Andreas Kaschuba-Holtgrave¹, Dipl.-Arch. BArch (Hons) Angela Rohr²,
Dipl.-Ing. Stefanie Rolfsmeier³, Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher⁴

¹ Energieberatung Holtgrave, Senator-Wagner-Weg 4, 49088 Osnabrück, Germany,
T: +49 5481 9979711 / +49 541 3350325, F: +49 541 3350339, Andreas.Kaschuba-Holtgrave@t-online.de

² JADE Hochschule Oldenburg, Institut für nachhaltige Architektur und Umweltplanung INAU, Ofener Straße
16/19, 26121 Oldenburg, Germany, T: +49 441 7708-3710, F: +49 441 7708-3136, angela.rohr@jade-hs.de

³ Ingenieurgemeinschaft Bau + Energie + Umwelt GmbH, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe-
Eldagsen, Germany, T: +49 5044 975-30, F: +49 5044 975-44, rolfsmeier@blowerdoor.de

⁴ Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V. (FLiB), Storkower Straße 158, 10407 Berlin, Germany,
T: +49 30 2903-5915 / Sek.: +49 30 2903-5634, F: +49 30 2903-5772, solcher@flib.de

Purpose of the work

With the German Energy Savings Regulation EnEV 2014 the legislators have qualified the requirements for large apartment buildings ($V_L > 1.500 \text{ m}^3$). In addition to the air change rate ($n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$ or $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$ depending on the ventilation technology used) the envelope-based air permeability ($q_{50} \leq 2,5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}\text{m}^{-2}$) is now also required.

Can we generally expect good quality of execution if these building-specific values are observed? Or do we, as the case arises, have to expect considerable, locally effective leakages resulting in a limitation of comfort, safety, and efficiency?

Legal framework

At the European level, these questions are put or limited in different ways. In Switzerland, the recommendations of SIA or the requirements of the MINERGIE Standard for general individual or sectional measurements primarily focus on safety, while economic aspects are not as important. Other countries content themselves with random controls.

In Germany, the question of methodology remains. On site, many questions are simply decided pragmatically. If KfW-sponsored apartment buildings cannot be tested as a whole according to German and European Industrial Standard DIN EN 13289, it is mandatory to consult with KfW or the German Energy Agency, Dena, on how to proceed.

The cooperation of Jade University of Applied Sciences in Oldenburg, BlowerDoor GmbH in Springe, the Association for Airtightness in Buildings (FLiB) in Berlin, and the energy consulting company, Energieberatung Holtgrave in Osnabrück, facilitated comprehensive and very detailed measurements of a number of larger apartment buildings over the last years.

From the measuring data, you can derive systematic features, individual deviations, and in particular, the wide variation of the building parameters. It has, for example, been empirically proven that apartments at different locations in an apartment building show different leakage flows depending on their percentage of roof area or exterior walls. The number of interior leakages between apartments is also considerable.

Depending on the type of leakage, they can also be in contact with outside air through ducts leading into the basement or via the roof. Despite consistently good results, there were still some apartments whose n_{50} -values did not meet the legal requirements.

The presentation will be concluded by giving some recommendations for a methodical approach, an estimation of the influences of error, and some quick suggestions for further work on standards.

Empfehlung zur optimalen dauerhaften Fugenabdichtung aus hygrothermischer Sicht

Dipl.-Ing. (FH) Björn Kethorn

HANNO Werk GmbH & Co. KG, Hanno-Ring 3-5, 30880 Laatzen, Deutschland,
T: +49 172 5450842, kethorn@hanno.com

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Für ein Fenster im Passivhausstandard 2016 wird eine rund 10x dichtere Luftdichtigkeitsklasse (EN 14351) als noch um 1990 gefordert. Die Einbauebene der Fenster rückt dabei immer weiter in den Bereich der Dämmstoffebene mit evtl. feuchtesensiblen Materialien. Somit müssen Fugenabdichtungen von Konstruktions- und Anschlussfugen auch mit bauphysikalischen Parametern wie der Wärmeleitfähigkeit, dem Diffusionsverhalten, dem Wärme- und Feuchtespeichervermögen sowie der Bewegungsaufnahmefähigkeit bewertet werden:

Der Vortrag orientiert sich an folgenden Fragestellungen:

1. Lässt sich ein optimales Diffusionsverhalten der Fuge definieren, also welches Produkt auf der Außen- und welches Produkt auf der Innenseite?
2. Lässt sich hier ein Unterschied bei verschiedenen Klimabedingungen definieren, hier am Beispiel von Seattle (USA) und Miami (USA)?
3. Welchen Einfluss hat der Ansatz eines geringfügigen Wassereintrittes gemäß ASHREA 160 (Erläuterung: Es wird davon ausgegangen, dass auch bei fachgerechter Abdichtung 1 % der Regenmenge in die Konstruktion gelangt) auf die in 1 und 2 gestellten Fragen?

Methode der Herangehensweise

Für die Parameterstudie wird in WUFI PRO ein Schichtenaufbau mit „synthetischen“ Schichten eingegeben, um eine produktunabhängige Bewertung zu erlangen. Ziel ist eine allgemeine Empfehlung des Einflussfaktors „Diffusionswiderstand“ für innen und außen in Abhängigkeit vom Klima zu erhalten. Der Einfluss der Dämmebene wird mit einem μ -Wert von 1 (analog Mineralfaser) simuliert. Variiert wurden sowohl die innere als auch die äußere Schicht mit fünf verschiedenen μ -Werten zwischen 10 bis 1.500.000

Schlussfolgerungen

Auswertung zu den Fragestellungen

Es lässt sich festhalten, dass es bei den betrachteten Klimabedingungen immer eine „Atmungsaktive Seite“ geben sollte mit einem möglichst geringen Diffusionswiderstand. Für das Klima in Seattle lässt sich die deutsche Forderung nach „innen dichter als außen“ nachvollziehen, wobei es auch hier einen großen Einfluss hat, außen möglichst diffusionsoffen zu bauen, also mit einem μ -Wert von <1000 , optimal <100 . Es lässt sich feststellen, dass auch beim Einhalten des Prinzip „innen dichter als außen“ es zu Problemen kommen kann, wenn man ein sehr dichtes Material mit z. B. μ 10.000 mit einem komplett dichten Material μ 1.500.000 und wenn man hier witterungsbedingte Einflüsse wie minimalen Regeneintrag [ASHREA 160] und/oder andere Feuchtigkeitsprozesse (Austrocknung der Konstruktion) berücksichtigt. Ansonsten lässt sich festhalten, dass bei sehr hohen äußeren Feuchtigkeitsstaudrücken (Miami, Florida) ein umgekehrtes Verhalten sinnvoll sein kann und deutlich positiver als das reine Prinzip „innen dichter als außen“, wieder unter der Berücksichtigung, dass sich auch in Florida festhalten lässt, dass eine diffusionsoffene/-fähige Seite schon einen positiven Einfluss hat auf das Feuchtemanagement der Fuge hat.

Recommendations for the optimal and lasting sealing of joints from a hygro-thermal perspective

Dipl.-Ing. (FH) Björn Kethorn

HANNO Werk GmbH & Co. KG, Hanno-Ring 3-5, 30880 Laatzen, Germany,
T: +49 172 5450842, kethorn@hanno.com

Purpose of the work

Windows according to the Passive House Standard 2016 require a ten times more airtight airtightness class (EN 14351) [1] than around 1990. The installation layer of the windows is constantly moving closer into the area of the insulating layer with possibly moisture-sensitive materials. Therefore, joint sealing of construction and connection joints must also be evaluated by applying parameters related to building physics like thermal conductivity, diffusion behavior, heat and moisture storage capacity, and the capacity for movement absorption.

The presentation focuses on the following questions:

1. Is it possible to define an optimal diffusion behavior of a joint, i.e. which product on the outside and which on the inside?
2. Are there differences if the climate conditions vary? This is analyzed by looking at the example of Seattle and Miami (both USA).
3. What is the influence of the concept of a small entry of water according to ASHREA 160 on the questions posed in 1. and 2.? (Comment: We assume that even with professional sealing, 1% of rainfall infiltrates the structure.)

Method of approach

For the parameter study, a layer set-up with “synthetic layers” is entered into WUFI PRO to guarantee a product-independent evaluation. The goal is to obtain a general recommendation for the influencing factor “diffusion resistance” for inside and outside in relation to the climate conditions. The influence of the insulation layer is simulated with a μ -value of 1 (analog mineral fiber). The inner as well as the outer layer were varied with five different μ -values between 10 and 1,500,000.

Conclusions

Analysis of the questions:

It can be concluded that for the climate conditions examined, there should always be a “breathable side” with the lowest possible diffusion resistance. For the Seattle climate, the German requirement of “more airtightness on the inside than on the outside” makes sense, although in the case of Seattle, it is also of great impact to build breathable to the extent possible, i.e. with a μ -value of <1000, ideally <100. It can be seen that problems may occur even if the principle of “tighter inside than outside” is applied, if you consider a very airtight material with, for example, μ 10.000 with a completely airtight material μ 1.500.000, and weather-related influences like minimal entry of rain [ASHREA 160] as well as/or other moisture-related processes (drying out of the structure). In addition, it can be noted that for extremely high outside pressures from moisture accumulation (Miami, Florida), it may make sense and is clearly more positive than the mere principle “more airtightness on the inside than on the outside” to do exactly the opposite, always considering that in Florida, a breathable/permeable side already has a positive influence on the moisture management of the joint.

Juristische Bewertung von Luftleckagen – Argumente jenseits der Bauphysik

Ulf Köpcke

Anwaltskanzlei Am Augustinerplatz, Gerberau 9a-11, 79098 Freiburg, Deutschland,
T: +49 761 20751-0, F: +49 761 20751-41, koepcke.u@t-online.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Luftleckagen der Gebäudehülle können schwerwiegende Bauschäden verursachen. Sie sind deshalb zwangsläufig nicht nur ein Thema für die Bauphysik, sondern auch für das Recht. Kommt es zu solchen juristischen Streitigkeiten, erweisen sich die jeweils unterschiedlichen Sichtweisen der Naturwissenschaftler und der Juristen nicht selten als hinderlich. Verstärkt wird die Problematik noch durch die verschiedenen Wirkungsebenen, für welche die Luftdichtheit bautechnisch relevant ist (Wärmeschutz, Feuchteschutz, Schallschutz, Brandschutz, Behaglichkeit, Geruchsfreiheit, Schadstofffreiheit, Hygiene, Lüftungstechnik). Der Beitrag verfolgt das Ziel, das Verständnis der Bauphysiker und Baupraktiker für die juristische Beurteilung von Luftleckagen zu verbessern und die Kooperation der verschiedenen Professionen zu fördern.

Methode der Herangehensweise

Die Analyse der aktuellen zivilrechtlichen Beurteilung von Luftleckagen durch die deutschen Gerichte dient als Ausgangspunkt für die Benennung der typischen rechtlichen Fragestellungen in Luftdichtheitsstreitigkeiten.

Inhalt des Vortrags

Der Beitrag beschreibt und erläutert sechs verschiedene Kriterien, denen im Streit um Luftleckagen juristisch vorrangige Bedeutung zukommt:

1. Gewichtung der Luftleckagen im Vertrag und in der Leistungsbeschreibung
2. Relevanz der Luftleckagen für den EnEV-Nachweis oder für Kreditbedingungen
3. Luftleckagen als direkte und objektive Beeinträchtigung der Gebrauchstauglichkeit
4. Durch Luftleckagen bedingtes Risiko des Eintritts von Folgeschäden
5. Handwerkliche Vermeidbarkeit der Luftleckagen und unterlassene Bedenkenanmeldung
6. Der Sanierungsaufwand für die Beseitigung von Luftleckagen

Alle diese Kriterien können rechtlich höchst bedeutsam sein, jedoch gilt das nicht für alle Luftdichtheitsstreitigkeiten gleichermaßen. In dem Beitrag wird erläutert, woran sich frühzeitig erkennen lässt, welche dieser sechs Kriterien für einen konkreten Sachverhalt juristisch besonders bedeutsam sind. Das ermöglicht es auch, frühzeitig solche spezifischen naturwissenschaftlichen oder auch juristischen Detailuntersuchungen zu veranlassen, die zur sachgerechten Klärung eines Luftdichtheitsstreits wirklich benötigt werden.

Ergebnisse und Beurteilung

Aus juristischer Sicht gibt es keine allgemeingültige, naturwissenschaftlich basierte Beurteilung von Luftleckagen. Der rechtliche Beurteilungsmaßstab hängt entscheidend vom jeweiligen vertraglichen und sozialen Kontext ab. Die Besinnung auf die vorgestellten sechs Beurteilungskriterien ist ein Hilfsmittel, das es der Baupraxis relativ einfach ermöglicht, typisch rechtliche und typisch naturwissenschaftliche Aspekte sinnvoll miteinander zu verknüpfen. In einer als "Hohwacher Leckagepegel" veröffentlichten Tabelle können die Kriterien sogar in einer nach ihrer Gewichtung bewerteten Form miteinander in Relation gebracht werden.

Schlussfolgerungen

Der Beitrag zeigt Denkansätze auf, die insbesondere die außergerichtliche Beilegung von Luftdichtheitsstreitigkeiten praxisnah fördern könnten.

A legal evaluation of leakages – Arguments beyond building physics

Ulf Köpcke

Anwaltskanzlei Am Augustinerplatz, Gerberau 9a-11, 79098 Freiburg, Germany,
T: +49 761 20751-0, F: +49 761 20751-41, koepcke.u@t-online.de

Purpose of the work

Leakages in the building envelope may cause severe damage to a building and thus inevitably become an issue not only for building physics, but also for the law. In the case of such legal disputes, the different perspectives of scientists and lawyers frequently turn out to be a problem. This is further exacerbated by the different levels of impact, for which airtightness is structurally relevant (thermal insulation, moisture protection, sound protection, fire protection, comfort level, absence of odors, absence of pollutants, hygiene, and ventilation systems). This contribution is to sensitize building physicists and professionals in the building industry to the legal evaluation of leakages and to promote cooperation between different professions.

Method of Approach

The analysis of the current evaluation of leakages under civil law by German courts is the starting point for determining typical legal issues in disputes related to airtightness.

Content of the contribution

The presentation shows and explains six different criteria that are of particular legal importance in disputes regarding airtightness:

1. Evaluation of leakages in the contract and the specifications.
2. Significance of leakages for the certificate required by the German Energy Savings Regulation or credit conditions.
3. Leakage as a direct and objective, negative impact on usability.
4. Risk of consequential damage caused by leakages.
5. Contractors may avoid leakages. Failure to report concerns.
6. Expense and effort invested in eliminating leakages.

All these criteria may become of utmost legal importance, however, this does not apply to all airtightness disputes equally. The contribution will explain how it can be detected early on, which of these six criteria are of particular legal importance in a specific context. This also makes it possible to arrange for the specific scientific or legal detailed analyses in an early phase, which are definitely required to resolve an airtightness dispute appropriately.

Results and assessment of their significance

From a legal point of view, there is no generally valid, scientific evaluation of leakages. The legal scale for evaluation strongly depends on each contractual and social context. Considering the six evaluation criteria presented is of help, because in building practice, they allow for a relatively easy and useful combination of typical legal and typical scientific aspects. In the table published as the “Hohwachter Leakage Gauge”, the criteria can even be correlated in a form evaluated by their importance.

Conclusions

The presentation pursues different lines of thought, which could particularly facilitate the settlement of airtightness disputes out of court as it is called for in practice.

BlowerDoor-Messung eines Gebäudes mit 545.000 m³ in Madrid

Sergio Melgosa Revillas

Ebuilding, C/ Sodio 1, H, 3ªA, 28045 - Madrid, Spanien, T: +34 91 5003470, smelgosa@ebuilding.es

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Ziel ist es, allen praktisch und administrativ am Bauprozess Beteiligten die Wichtigkeit von BlowerDoor-Tests großer Gebäude nahezubringen und sie in diese einzubinden.

Methode der Herangehensweise

Luftdichtheitsmessung. Durchführung eines BlowerDoor-Tests gemäß EN13829.

Inhalt des Vortrags

Spanien gehört nicht zu den Ländern, in denen Luftdichtheit im Bauprozess berücksichtigt wird. Wir glauben immer noch, dass sie bei unseren klimatischen Bedingungen (Mittelmeerklima) nicht von Bedeutung ist. Themen wie Luftdichtheit, Abdichtung, Folgen von Leckagen etc. sind den meisten immer noch weitestgehend unbekannt. Das gilt gleichermaßen für Wohnraum als auch für kommerziell genutzte Gebäude. Dieser Bericht von einem BlowerDoor-Test in Spanien gibt uns die Gelegenheit, von der Planung der Gebäudehülle über das Abdichten aller Verbindungen bis hin zum abschließenden BlowerDoor Test mehr Wissen zu diesem wichtigen Teil des Bauprozesses zu verbreiten.

Es ist ganz besonders wichtig, den Handwerkern und Bauherren ausreichend Informationen zu geben, aber auch die administrative Seite des Bauprozesses in diese Art von Test mit einzubinden. Die Tests sind leicht an einem Tag durchführbar.

Ergebnisse und Beurteilung

Während des BlowerDoor Tests mussten viele Probleme gelöst werden. Die Handwerker hatten keine Ahnung, was vor dem Test abgedichtet werden musste, und wussten generell nicht, wie ein BlowerDoor-Test funktioniert. Die Dächer waren nicht ausreichend abgedichtet, was am endgültigen Testtag noch gemacht werden musste. Trotz aller Probleme waren die Ergebnisse zufriedenstellend: durchschnittlicher q_{50} von $1,9 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$. Nach Korrekturen (die Ladebrücken wurden aufgrund großer Lücken abgedichtet) $q_{50} = 2,76 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$. Empfohlener Grenzwert $q_{50} < 3,0 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$.

Schlussfolgerungen

BlowerDoor -Tests großer Gebäude werden in Spanien kaum durchgeführt. Dieser Test macht daher gute Werbung für alle BlowerDoor-Tester und Firmen mit Interesse an energieeffizientem Bauen. Luftdichtheit ist genauso wichtig wie andere Bauprotokolle und gute Verfahrensweisen beim Bauen. In einigen unserer Städte ist das Klima warm, in anderen eher nicht, aber alle Gebäude sind mit HLK-Anlagen ausgestattet und befinden sich oft in Gegenden mit hoher Luftverschmutzung, wo eine luftdichte Bauweise nicht nur die Gebäude verbessert, sondern auch die Arbeitsplätze der Nutzer sowie diesen ein gesundes Umfeld bietet. BlowerDoor-Tests müssen für unsere Gebäude bindend werden. Ich würde wetten, dass dies auch in Bälde geschieht.

545.000 m³ BlowerDoor test in Madrid

Sergio Melgosa Revillas

Ebuilding, C/ Sodio 1, H, 3ªA, 28045 – Madrid, Spain, T: +34 91 5003470, smelgosa@ebuilding.es

Purpose of the work

Involve constructors and administration in the importance of BlowerDoor Test in large buildings.

Method of approach

Airtightness measurement. Conducting a BlowerDoor Test according to EN13829.

Content of the contribution

Spain is not a country where airtightness is considered in building process. We still think on our spacial climate conditions (Mediterranean wheather) and still unknown all about thightness, sealing, leakages consecuences, etc. And this is also for residential or industrial buildings.

This Spanish BlowerDoor Test Record will bring us the opportunity of giving more knowledge of this important part of the building construction process, from planing the envelope layer, to sealing all unions and conducting the final BlowerDoor Test.

Is is realy important to involve administration in this kind of test, easy to do in one day, and plenty of information for the constructor and owner of the building.

Results and assessment of their significance

During the BlowerDoor Test, many problems needed to be resolve as constructor doesn't has idea about what needed to be sealed before the test and, in general, how was a BlowerDoor Test. RoofTops wasn't well sealed and needed to be done the day of the final test. Problems apart, results where satisfactory. q50 average of 1,9 m³/m²*h. After corrections(loading bridges were sealed due to big gaps), q50 = 2.76 m³/m²*h. Limit of q50 recommended < 3.0 m³/m²*h.

Conclusions

As BlowerDoor Test in large building is not a common practise in spanish buildings, this big test is a good promotion for all blower door tester and companies interested in energy effieience in buildings. Airtightness is as important as other constructions protocols and good practises in buildings. Some or our cities has warm ambient conditions and some not, but all of them as their buildings with HVAC systems and buildings are located in polluted areas where thightness give buildings and users a better working places and sane ambients. BlowerDoor test must be a requirement for our buildings and I bet myself it will be in short time.

Verbesserung der Gebäudehüllendichtheit in Frankreich: Auswertung von rund 90.000 von zertifizierten Testanbietern durchgeführten Messungen

Adeline Baily Mélois ¹, Gaëlle Guyot ², Valérie Leprince ³

¹ Cerema Centre-Est, 46 rue Saint Théobald, BP128, 38081 L'Isle d'Abeau Cedex, Frankreich, T: +33 4 74275308, adeline.melois@cerema.fr

² Cerema Centre-Est, 46 rue Saint Théobald, BP128, 38081 L'Isle d'Abeau Cedex, Frankreich, T: +33 4 74275167, gaelle.guyot@cerema.fr

³ PLEIAQ, 84c Avenue de la République, 69330 Meyzieu, Frankreich, T: +33 4 26002627, valerie.leprince@pleiaq.net

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Seit 2008 müssen in Frankreich alle gemäß den Regelungen zur Energieeffizienz durchgeführten Messungen der Gebäudehüllendichtheit von zertifizierten Testanbietern gemacht werden. Die Zertifizierung beinhaltet eine jährliche Nachverfolgung, die wir dazu nutzen, eine hoch detaillierte Datenbank zu führen. Derzeit liegen dort Ergebnisse von ungefähr 90.000 Luftdichtheitsmessungen vor.

Methode der Herangehensweise

Die Datenbank ist mit mehr als 51.200 Einfamilienhäusern, 34.200 Mehrfamilienhäusern und ungefähr 3.600 kommerziell genutzten Gebäuden vor allem auf Wohngebäude ausgerichtet – die meisten der Gebäude wurden im Zeitraum seit 2010 in Beton, Mauerwerk oder Holzleichtbauweise gebaut.

Inhalt des Vortrags

In dem Vortrag wird die Entwicklung der Gebäudehüllendichtheit zunächst seit der Einführung des französischen Labels BBC-Effnergie und dann seit der Einführung der Luftdichtheitsanforderungen bei der Berechnung der Energieeffizienz 2013 analysiert. Verschiedene Schaubilder zeigen zunächst die wichtigsten Verbesserungen der Gebäudehüllendichtheit in den letzten Jahren und prüfen dann die Messunsicherheit mit Bezug auf die Ergebnisverteilung bei Einfamilienhäusern seit Einführung eines bindenden Grenzwerts.

Auf Basis der Erklärungen der Testanbieter wurden die Leckageorte in 46 festgelegten Leckagekategorien ausgewertet. Am häufigsten wurden in Mehrfamilienhäusern Leckagen bei Rolllädenkästen und bei Boden- und Wandverbindungen festgestellt. In Einfamilienhäusern sind es in Außenwänden verlaufende Elektroverteilung und ebenfalls Boden- und Wandverbindungen. Dank dieser Analyse konnten einige spezifische Leckageorte identifiziert werden, die eine deutliche Auswirkung auf die Gebäudedichtheit haben, so z. B. Leckagen an Wand-, Dach- und Bodenverbindungen.

Eine letzte Auswertung in diesem Vortrag bringt das Thema jahreszeitlicher Variationen der Ergebnisse auf den Tisch. Betrachtet man die in Frankreich an Einfamilienhäusern durchgeführten Messungen, zeigt sich, dass der Monat, in dem die Messung realisiert wird, keine Auswirkung auf die Messergebnisse hat.

Improvement of buildings envelope airtightness in France: analysis of about 90,000 measurements performed by certified operators

Adeline Bailly Mélois ¹, Gaëlle Guyot ², Valérie Leprince ³

¹ Cerema Centre-Est, 46 rue Saint Théobald, BP128, 38081 L'Isle d'Abeau Cedex, France, T: +33 4 74275308, adeline.melois@cerema.fr

² Cerema Centre-Est, 46 rue Saint Théobald, BP128, 38081 L'Isle d'Abeau Cedex, France, T: +33 4 74275167, gaelle.guyot@cerema.fr

³ PLEIAQ, 84c Avenue de la République, 69330 Meyzieu, France, T: +33 4 carr26002627, valerie.leprince@pleiaq.net

Purpose of the work

Since 2008 in France, all measurement of building envelope airtightness performed according to the EP-regulations have to be performed by a certified operator. This certification includes a yearly follow-up we use to build up a highly detailed database which includes data of about 90,000 airtightness measurements.

Method of approach

The database concerns mainly residential buildings – more than 51,200 single-family houses, 34,200 multi-family dwellings and about 3,600 non-residential buildings-, mostly build since 2010 in concrete, brick or wood.

Content of the contribution

This paper presents analysis of the evolution of the envelope airtightness of buildings since the creation of the French label BBC-Effinergie first, then the introduction of the EP-calculation airtightness requirement in 2013. Various graphs show first of all the important improvement of envelope airtightness within the last few years, and then question the uncertainty of the measurements regarding the distribution of the results for single-family houses since the introduction a regulatory limit-value.

An analysis of the location of the leaks has been carried out from the operators' declarations according to 46 defined categories of leaks. The most frequently identified leaks concern rolling shutter casings and crossing floors and walls for multi-family dwellings, and electrical grids built on external wall and also crossing floors and walls for single-family houses. This analysis also let us to identified some specifics leaks locations which seem to have an important impact on houses airtightness, as leaks between wall, roof and floor junctions.

The last analysis presented in this paper addresses the issue of the seasonal variation of the results. According to the measurements performed in France on single family houses, the month during which the measurement is performed has no impact on the measurement result.

Bewertung der Messunsicherheiten bei Volumenstrommessungen von Luftauslässen

Adeline Bailly Mélois¹, Isabelle Caré², François Rémi Carrié³

¹ Cerema Centre-Est, 46 rue Saint Théobald, BP128, 38081 L'Isle d'Abeau Cedex, Frankreich,
T: +33 4 74275308, adeline.melois@cerema.fr

² CETIAT, 25 avenue des arts, BP 52042, 69603 Villeurbanne Cedex, Frankreich, T: +33 4 72444992,
isabelle.care@cetiat.fr

³ ICEE, 93 rue Molière, 69003 Lyon, Frankreich, T: +33 9 70406422, remi.carrie@icee-energy.eu

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Europäische Normen oder bestimmte Vorschriften fordern Volumenstrommessungen bei Luftauslässen gemäß unterschiedlicher Verfahren. Die Erfahrung zeigt, dass diese Verfahren die Messunsicherheit meist nicht berücksichtigen.

Hauptziel des Promevent-Projekts war es, ein Referenzprotokoll für die Inspektion mechanischer Lüftungssysteme in Wohngebäuden zu schaffen, das sowohl die Bewertung von Messunsicherheiten als auch Empfehlungen oder Spezifikationen zu Messmethoden und den eingesetzten Messgeräten enthält, damit geringe Messunsicherheiten garantiert werden können.

Methode der Herangehensweise

In der Präsentation werden die Hauptelemente dieses neuen Verfahrens vorgestellt und 180 Volumenstrommessungen analysiert, die unter Laborbedingungen gemäß dem Protokoll ausgeführt wurden. Die zur Analyse der Unsicherheitskomponenten entwickelte Methode richtet sich auf Fehler aufgrund von Wiederholbarkeit, Reproduzierbarkeit und Messmethode. Diese Komponenten werden mit Hilfe eines Fortpflanzungsgesetzes der Standardunsicherheit kombiniert.

Ergebnisse und Beurteilung

Unsere Analyse der Laborergebnisse zeigt, dass sich üblicherweise vor allem die Messmethode auf die Gesamtmessunsicherheit auswirkt. Um die Gesamtunsicherheit innerhalb annehmbarer Grenzen zu halten, wird für die verwendeten Messgeräte eine Fehlergrenze angegeben. Diese Fehlergrenze wurde als eine Funktion der Messtechnik und der Geometrie des Luftauslasses für verschiedene Konfigurationen bewertet.

Schlussfolgerungen

Die Analyse zeigt, dass bei 6 von 15 getesteten Konfigurationen die Messunsicherheit nicht unterhalb von 15 % gehalten werden konnte. Für die restlichen getesteten Konfigurationen sollte die Fehlergrenze unter 9-13 % liegen, um die Gesamtunsicherheit unter 15 % zu halten.

Assessment of airflow measurement uncertainty at terminal devices

Adeline Bailly Mélois¹, Isabelle Caré², François Rémi Carrié³

¹ Cerema Centre-Est, 46 rue Saint Théobald, BP128, 38081 L'Isle d'Abeau Cedex, France, T: +33 4 74275308, adeline.melois@cerema.fr

² CETIAT, 25 avenue des arts, BP 52042, 69603 Villeurbanne Cedex, France, T: +33 4 72444992, isabelle.care@cetiat.fr

³ ICEE, 93 rue Molière, 69003 Lyon, France, T: +33 9 70406422, remi.carrie@icee-energy.eu

Purpose of the work

European standards or specific programmes rules describe ventilation airflow measurements at terminal devices according to different protocols. Experience shows that these protocols rarely address the assessment of uncertainties.

The main goal of the Promevent project was to develop a reference protocol for the inspection of any mechanical residential ventilation system including both the assessment of uncertainties and recommendations or specifications for measurement methods and devices to be used to guarantee low measurement uncertainties.

Method of approach

This paper gives the major elements of this new protocol and analyses results from 180 airflow measurements performed in laboratory conditions in accordance with this protocol. The methodology developed to analyse the uncertainty components addresses errors due to repeatability, reproducibility and measurement method. These components are combined using a standard uncertainty propagation law.

Results and assessment of their significance

Our analyses of laboratory results show that the measurement method usually dominates the overall measurement uncertainty. To contain the overall uncertainty within acceptable limits, a Maximum Permissible Error (MPE) of the used measurement device is given in tables. This MPE has been evaluated for different configurations as a function of the measurement technique and the geometry of the air terminal devices.

Conclusions

The analysis shows that in 6 out of 15 configurations tested, the measurement uncertainty cannot be contained within a value of 15 %. For the other tested configurations, the MPE should be below 9-13 % to contain the overall uncertainty below 15 %.

Testen großer Gebäude – die Entwicklung in den baltischen Staaten

Andrejs Nitijevskis

IRBEST Ltd, 84-133, Kurzemes pr., Riga, LV-1067, Lettland, T +371 29 185110, irbest@irbest.lv

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Vorge stellt wird die Marktsituation im Bereich Luftdichtheitsmessung großer Gebäude in den baltischen Staaten und einigen anderen europäischen Ländern. Das Augenmerk liegt dabei auch auf nationalen Gebäudenormen zur Luftdichtheit der Gebäudehülle sowie Messwerten.

Auf Grundlage von Messergebnissen großer Gebäude (gemäß ISO 9972-2015 mehr als 4.000 m³ Innenvolumen) wird die Einhaltung der Gebäudenormen in einigen Ländern mit den tatsächlichen Gebäudehüllen und der Implementierung ihrer Kontroll- und Anregungsfunktionen verglichen.

Abschließend wird ein Beispiel einer Luftdichtheitsmessung eines großen Gebäudes mit 1.140.000 m³ Innenvolumen gezeigt.

Developing of large building testing in Baltic countries

Andrejs Nitijevskis

IRBEST Ltd, 84-133, Kurzemes pr., Riga, Latvia, LV-1067, T +371 29 185110, irbest@irbest.lv

Purpose of the work

The purpose of the article is to introduce the condition of airtightness measurement market of large buildings in the Baltic states and in some European countries.

There are also considered national building norms of envelope airtightness and measured values.

Based on the measurement results of large buildings (more than 4,000 m³ volume according to ISO 9972-2015) the article assesses compliance of building norms of some countries with the actual building envelopes and the implementation of their controlling and stimulating functions.

In conclusion there is considered an example of testing and measurement of the large building 1,140,000 m³ volume.

Bedeutung von Luft-Leckagen – Simulationsrechnungen Ergebnisse aus dem FLiB-Forschungsprojekt

Dr.-Ing. Victor Norrefeldt, Dr. rer. nat. Andrea Burdack-Freitag, Prof. Dr.-Ing. Gunnar Grün

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley, Deutschland, T: +49 8024 643273,
F: +49 8024 643366, victor.norrefeldt@ibp.fraunhofer.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Ziel dieser Arbeit ist, mittels Simulation den Einfluss verschiedener Leckagen im Gebäude zu untersuchen.

Methode der Herangehensweise

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Bewertung von Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen – Handlungsempfehlung für Baupraktiker“ wurde ein Objekt besichtigt, in dem Luftundichtigkeiten in der Dachkonstruktion als Ursache für Feuchteschäden im Dachaufbau identifiziert wurden. Dieser nicht hinterlüftete Dachaufbau zeichnet sich dadurch aus, dass eine Einteilung der Luftundichtigkeiten in drei getrennten Bereichen erkennbar ist und diese mit dem Schadensbild korreliert (stark verfaulte Sparrenköpfe, beginnendes Schadensbild und intakte Sparrenköpfe, jeweils entlang desselben Sparrens). Anhand dieses Referenzfalles wurde ein Simulationsmodell eines durchströmten, hygrothermischen Materials erstellt. Basierend auf der Leckage-Verteilung und der am Bauteil anliegenden Druckdifferenz berechnet das Modell den Lufteintrag in die Konstruktion. Daraus ergibt sich neben dem diffusiven ein zusätzlicher konvektiver Feuchteausaustausch im Material. Das Simulationsmodell wird anhand des besichtigten Referenzobjektes auf Plausibilität geprüft. Eine Variantenstudie zeigt den Einfluss veränderter Leckage-Situationen auf die Feuchteakkumulation im Dach auf.

Zur Bewertung der energetischen und Behaglichkeits-Relevanz von Leckagen wurde für die betrachtete Referenzwohnung ein zonales Simulationsmodell mit der gleichen Leckageverteilung wie in der Feuchtebetrachtung erstellt. Zonale Modelle unterteilen den Raum in typischerweise 10 bis 100 Zonen, die über Strömungspfade miteinander verbunden sind. Zonale Modelle erlauben die Simulation einer lokalen Auflösung von Temperatur- und Strömungsverteilungen im Raum bei gleichzeitig geringer Rechenzeit.

Zusätzlich zu den oben genannten Aspekten der Leckagebewertung wurde im Projekt auch die geruchliche Relevanz von Leckagen betrachtet. Geruch ist eine komplexe Sinneswahrnehmung mit vielen Einflüssen. Die Bewertung eines Geruchseintrags durch eine Luft-Leckage hängt von drei wesentlichen Faktoren ab: der Natur des Geruchs (Intensität, Qualität, Hedonik), dem menschlichen Faktor (psychologische, physiologische und kulturelle Prägungen), Spezifikation der Leckage (Strömungsgeschwindigkeit, Größe und Anzahl der Lecks, Verhältnis von Konzentration zu Geruchsschwelle des einzelnen Geruchsstoffs, Häufigkeit, Kontinuität und Verteilung des Eintrags im Raum). Die Lokalisierung von diffusen, kleinen Leckagen und von nicht offensichtlich nachvollziehbaren Emissionswegen/Strömungspfaden stellt hierbei die große Herausforderung dar.

Inhalt des Vortrags

Überblick über das im Forschungsprojekt erstellte Simulationsmodell und die Ergebnisse der Variantenstudie sowie ein Exkurs in die geruchliche Relevanz von Leckagen.

Ergebnisse und Beurteilung

Als Verbesserungsmaßnahmen für das Referenzobjekt werden mittels Simulation die Erhöhung der Luftdichtheit der Dampfbremse oder der darunterliegenden Gipskartonverkleidung

oder eine Hinterlüftung des Daches abgeleitet. Eine Veränderung externer Leckagen (z. B. Anschlussfugen, Fenster, etc.) zeigt sich als nicht relevant für die Feuchteakkumulation im Dach.

Die zonale Simulation zeigt, dass die aufgenommenen Leckagen nur untergeordnet energetisch relevant sind und Komfortbeeinträchtigungen nicht zu erwarten sind.

Die Simulationsergebnisse beziehen sich auf thermisch angetriebene Strömungen. In Zukunft sollte das Modell um die Windanströmung erweitert werden. Auch eine verstärkte Validierung des Modells an anderen Aufbauten als dem hier betrachteten Referenzfall ist für künftige Projekte erforderlich.

Schlussfolgerungen

Das Simulationsmodell bildet nachvollziehbar die Wirkung verschiedener, in Serie und parallel geschalteter Leckagen ab. Die Simulation zeigt verschiedene Möglichkeiten auf, Dachkonstruktionen luftdicht auszuführen und zeigt die Relevanz einer fachgerechten Ausführung. Es zeigt sich, dass Leckagen, die keine große Auswirkung auf das energetische Verhalten des Gebäudes haben, dennoch feuchtetechnisch relevant sein können.

The impact of leakages – Simulation calculations

Results from the FLiB research project

Dr.-Ing. Victor Norrefeldt, Dr. rer. nat. Andrea Burdack-Freitag, Prof. Dr.-Ing. Gunnar Grün

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley, Germany, T: +49 8024 643273,
F: +49 8024 643366, victor.norrefeldt@ibp.fraunhofer.de

Purpose of the work

To analyze the impact of different leakages in buildings by way of simulations.

Method of approach

Part of the research project “Evaluation of leakages in airtight layers – Recommendations for action for construction professionals”, was visiting an object, where air leakages in the roof construction were identified as the cause for moisture damage in the roof structure. The latter was not back-ventilated and was characterized by a separation of the leakages into three individual areas corresponding to the degree of damage (along each of the rafters - heavily rotted rafter heads, beginning damage, and intact rafter heads). This reference case resulted in a simulation model of a ventilated, hygro-thermal material. Based on the leakage distribution and the pressure differential of the building component, the model calculates the air entry into the structure, showing an additional convective moisture exchange in the material besides the diffusive one. The reference object visited serves to check the simulation model for plausibility. A variation study shows the impact of changed leakage situations on the moisture accumulation on the roof.

To evaluate the relevance of leakages for energy efficiency and level of comfort a zonal simulation model with the same leakage distribution as in the moisture analysis was developed for the residential space in question. Zonal models typically divide the space into 10 to 100 zones connected to each other by flow paths. They allow the simulation of a local resolution of temperature and flow distributions in a room while maintaining a short computation time.

In addition to the above-mentioned aspects of leakage evaluation, the project also analyzed the olfactory relevance of leakages. Smells are complex sensory perceptions influenced by many aspects. The evaluation of a smell entering through an air leakage depends on three main factors: the nature of the odor (intensity, quality, hedonics), the human factor (psychological, physiological, and cultural influences), specification of the leakage (flow speed, size and number of leakages, relation of the concentration to the odor threshold of the odorant, frequency, as well as continuity and distribution of the smell in the room). The greatest challenge here is to detect diffuse, small leakages and emission paths/flow paths that cannot be easily traced.

Content of the contribution

Overview of the simulation model developed in the research project and the results of the variation study, as well as a digression into the olfactory relevance of leakages.

Results and the evaluation of their significance

The simulation indicates an increase of the airtightness of either the vapor barrier or the gypsum cladding underneath or a back-ventilation of the roof as improvement measures for the reference object. A change of external leakages (e.g. connection joints, windows, etc.) does not turn out to be relevant for the accumulation of moisture in the roof.

The zonal simulation shows that the leakages recorded are only relevant for the energy efficiency to some minor extent and that adverse effects on the level of comfort are not to be expected.

The results of the simulation refer to thermally driven flows. In future, the model is to be extended to wind flows. For future projects, a stronger validation of the model through different set-ups than the one analyzed in this reference case is also needed.

Conclusions

The simulation model illustrates the impact of different leakages connected in series or in parallel. It also shows different ways of making roof structures airtight and underlines the importance of a professional installation. The model demonstrates that leakages without major impact on the energy efficiency of a building may still be relevant to hygro-thermal aspects.

Wiederholbarkeit der Ergebnisse von Luftdichtheits tests unter Laborbedingungen

Ing. Jiří Novák, Ph.D.

Tschechische Technische Universität, Fakultät für Bauingenieurwesen, Thakurova 7, 166 29 Prag 6 Dejvice, Tschechische Republik, T: +420 224 357-182, jiri.novak.4@fsv.cvut.cz

Informationen zur Unsicherheit sind unabdingbar für die richtige Bewertung von Messergebnissen. Aus diesem Grund haben in den letzten Jahren verschiedene Autoren die Reproduzierbarkeit und Wiederholbarkeit von Luftdichtheitsmessungen untersucht. Die Experimente wurden in realen Gebäuden verschiedener Größe und unter den entsprechenden aktuellen Wetterbedingungen ausgeführt. Somit ist ein Vergleich der Ergebnisse schwierig. In Folge dessen bleibt auch die Frage unbeantwortet, ob die Unsicherheit sich proportional zum gemessenen Luftvolumenstrom verhält.

Die vorliegende Studie untersucht die Beziehung zwischen dem gemessenen Luftvolumenstrom und der Wiederholbarkeit von Messergebnissen. Um unterschiedliche Ergebnisse aufgrund sich verändernder Wetterbedingungen auszuschließen, wurde das Wiederholbarkeitsexperiment in einer Laboreinrichtung durchgeführt: eine Sperrholztestkammer mit den Abmessungen 1,25 x 1,8 x 2,5 m in einer großen Halle. Mit Hilfe einer Blende in der Kammerhülle mit einem Irisregister wurde die Luftleckage der Kammer schrittweise auf zehn Stufen von 50 bis 1.300 m³/h. eingestellt. Die Luftdichtheits tests auf allen zehn Stufen (nur Unterdruckmessungen) wurden vom gleichen Techniker mit den gleichen Geräten und nach dem gleichen Testverfahren (EN 13829) durchgeführt.

Die bei jeder Leckagestufe berechnete Wiederholstandardabweichung des Luftvolumenstroms bei 50 Pa bewegt sich von 1,2 bis 4,7 m³/h und scheint mit dem gemessenen Luftvolumenstrom anzusteigen. Bei einem Luftvolumenstrom von 50 bis 750 m³/h fällt der Variationskoeffizient schnell von 2,5 % auf circa 0,3 %. Zwischen 750 und 1.300 m³/h bleibt er dann fast konstant (bei 0,3 %). Diese Zahlen sind wesentlich niedriger als die in vorigen Studien präsentierten Zahlen, was den deutlichen Einfluss der klimatischen Bedingungen auf die Messgenauigkeit nachweist. Bei idealen Bedingungen können die Luftdichtheits tests mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden.

Repeatability of airtightness test results in laboratory conditions

Ing. Jiří Novák, Ph.D.

Czech Technical University, Faculty of Civil Engineering, Thakurova 7, 166 29 Prague 6 Dejvice, Czech Republic,
T: +420 224 357-182, jiri.novak.4@fsv.cvut.cz

The information about uncertainty is essential to correct interpretation of any measurement. Therefore, several authors investigated the reproducibility and repeatability of airtightness measurement during the last years. The experiments were carried out in real buildings of different size and in actual climatic conditions which complicates the comparison of results. Namely, the question whether the uncertainty is proportional to the measured air flow rate remained unanswered.

In this study the relationship between the measured air flow rate and the repeatability of the measurement results is investigated. In order to exclude the variability of results due to the changing climatic conditions, the repeatability experiment was carried out in a laboratory facility – a plywood testing chamber of 1.25 x 1.8 x 2.5 m standing inside of a large hall. By means of an orifice in the chamber envelope equipped with an iris damper, the air leakage of the chamber was stepwise adjusted to 10 levels ranging from 50 to 1300 m³/h. At each level 10 airtightness tests (depressurization only) were carried out by the same technician using the same apparatus and the same testing procedure (EN 13829).

The repeatability standard deviation of the air flow rate at 50 Pa, calculated at each leakage level, ranges from 1.2 to 4.7 m³/h and it seems to increase with the measured air flow rate. The variation coefficient decreases rapidly from 2.5 % to approx. 0.3 % for the air flow rates from 50 to 750 m³/h and remains almost constant (0.3 %) for air flow rates from 750 to 1300 m³/h. These figures are much lower than the results reported in the previous studies. This proves a significant impact of climatic conditions on the measurement accuracy. Under ideal conditions, the airtightness tests can be carried out with a very good precision.

Zonen-Drucktest eines Wohngebäudes und Leckagebewertung – Erfahrungen mit dem Thermo-Anemometer

Gavin Ó Sé

Greenbuild, Solas, Fortchester, An Inis, Guaire, Co. Loch Garman, Irland, T: +353 87 2521032, contact@greenbuild.ie

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Es wird dargestellt, wie effektiv ein Thermo-Anemometer Luftdichtheitstester dabei unterstützt, Leckagezonen und spezifische Leckagen zu bewerten.

Methode der Herangehensweise

Es gibt zwei Hauptaspekte:

1. Bei einem erzeugten Gebäudedruck von 50 Pa werden die Innentüren geschlossen, um jeden Raum in eine "Zone" zu verwandeln. Für jede Türe wird am gleichen Ort eine Luftgeschwindigkeitsmessung durchgeführt. Die meisten Türen haben die gleiche Größe, was einen guten Überblick über die Bereiche mit den meisten Luftleckagen gibt.
2. Auf dieser Grundlage kann in diesen Bereichen dann eine spezifischere Leckageortung durchgeführt werden. Auch hier kann man mit Hilfe des Thermo-Anemometers eine Vorstellung zur Größenordnung der Leckagen bekommen.

Inhalt des Vortrags

Der Thermo-Anemometer kann dazu benutzt werden, an kleinen, räumlich abgetrennten Orten die Luftgeschwindigkeit zu messen. Mit unterschiedlichen Messhauben oder Aufsätzen lässt er sich auch zur Bestimmung des Luftvolumenstroms, z. B. von Lüftungssystemen oder Lüftungsschächten einsetzen. Zum Zweck der Leckageortung nach Zonen kann er leicht an Türen verwendet werden. So kann man sich ein Bild der ungefähren Leckageraten verschiedener Zonen im Gebäude machen. Haben die Türen annähernd die gleiche Größe, ist die Luftgeschwindigkeit an den Türen direkt vergleichbar. Vereinfacht bedeutet das: Je höher die Luftgeschwindigkeit, umso mehr Leckagen gibt es im entsprechenden Raum.

In vielen Gebäuden werden die Messungen auf Schulterhöhe vorgenommen. Die Tür wird direkt über der Messsonde des Anemometers geschlossen. Bei sehr luftdichten Gebäuden funktioniert das nicht, da die meisten Messungen beinahe oder genau bei 0 m/s herauskommen. Sollte der untere Türspalt bei allen Türen gleich sein, wird in diesem Fall mit dem Anemometer bei allen Türen am gleichen Ort unten an der Tür gemessen. Alle Messungen werden üblicherweise durchgeführt, wenn die Gebläsegeräte im ganzen Gebäude den gleichen Druck erzeugt haben, normalerweise 50 Pa.

Beispiel der Ergebnisse einer Zonenmessung

Erdgeschoss	Luftgeschwindigkeit an der Türe (m/s)	Obergeschoss	Luftgeschwindigkeit an der Türe (m/s)
Offene Küche mit Wohnzimmer	3,4	Gästezimmer	1,74
Waschraum	2,45	Angeschlossenes Gästebad	0,54
Wohnzimmer	0,4	Mädchenkinderzimmer	0,73
Unter der Treppe	0,0	Badezimmer	2,81
		Elternschlafzimmer	1,39
		Jungenszimmer	1,55
		Weiteres Zimmer	0,39

Sobald die Zonen gemessen sind, können die Leckagen einzeln mit dem Thermo-Anemometer gemessen werden, um zu sehen, ob sie sich nach Schweregrad auflisten lassen. Der Thermo-Anemometer eignet sich außerdem auch dazu, skeptischen Kunden, die Leckagen nicht mit der Hand fühlen können, einen Luftstrom nachzuweisen.

Ergebnisse und Beurteilung

Mit dieser Methode lässt sich Raum für Raum oder Bereich für Bereich eine Art Bestandsaufnahme machen. Damit verschafft man sich einen Überblick über die Leckageorte und den Schweregrad der Leckagen. Die eigentliche Ortung der einzelnen Leckagen kann dann nach einer Prioritätenliste erfolgen. Die Methode hat allerdings auch ihre Grenzen. Sie funktioniert nicht in offenen Räumen und Bereichen und macht eher qualitative als quantitative Aussagen. Aber sie ermöglicht immerhin einen Überblick über die Größenordnung der Leckagen in den einzelnen Bereichen.

Schlussfolgerungen

Der Thermo-Anemometer ist ein nützliches Gerät, um Leckagemuster in verschiedenen Zonen annähernd zu bestimmen, wenn er in Verbindung mit der Differenzdruckmessung eines Gebäudes verwendet wird, bei der die Innenräume sich räumlich geschlossen abtrennen lassen. Sein Einsatz erlaubt eine informiertere Herangehensweise bei der Erstellung einer Prioritätenliste für die Behebung von Leckagen. Im Anschluss dient er dazu, zu überprüfen, ob die Leckagen erfolgreich beseitigt wurden.

Zonal pressure testing of a dwelling and leakage evaluation – Experience with the thermal anemometer

Gavin Ó Sé

Greenbuild, Solas, Fortchester, An Inis, Guaire, Co. Loch Garman, Éire, T: +353 87 2521032, contact@greenbuild.ie

Purpose of the work

To describe the effectiveness of the thermal anemometer device in assisting airtightness testers to evaluate leakage zones, and specific leakages.

Method of approach

There are two main aspects:

1. While the building is pressurised to 50Pa use is made of internal doorways to close off each room to make a 'zone', and an airspeed reading is taken at the same location in the doorway for each door. Most doors are of the same size, therefore a good overview can be obtained of which spaces have the greatest air leakages.
2. On the basis of this then areas can be targeted for more specific leakage detection. Here also using the thermal anemometer some idea of the severity of the leakages can be obtained.

Content of the contribution

The thermal anemometer can be used to measure airspeed in a very small discrete location. It can also be used with various hoods or covers to give a volumetric airflow from e. g. ventilation systems or vents. For the purposes of zonal leak detection it can be used very simply with doorways, to allow a picture to be formed of the approximate leakage rates from various zones in a building. On the assumption that doorways are all much the same size, direct comparison can be made of airspeeds at the doorway, and simplistically, the higher the airspeed, the leakier the space inside that doorway.

In many buildings, the readings are taken at shoulder level, with the door just closed on the sensor end of the anemometer; for very airtight buildings this will not work, as most readings will be 0 m/s or very nearly. In this case, assuming the gap at the foot of the door is the same across doors, the anemometer is placed at the same location at the foot of each door to get the readings. Typically, all readings are taken when the fan equipment is generating the same pressure across the building, usually 50 Pa.

An example of a zonal inventory is as follows:

Downstairs	Air Speed at Door (m/s)	Upstairs	Air Speed at Door (m/s)
Kitchen/Living	3.4	Guest bed	1.74
Utility	2.45	guest ensuite	0.54
Sitting Room	0.4	Girls	0.73
Under Stairs	0.0	Bathroom	2.81
		Master	1.39
		Boys	1.55
		Spare room	0.39

Once the zones have been recorded, then individual leakages can be sought and measured with the thermal anemometer, to see if these can be prioritised in turn. Separately, use of the thermal anemometer is useful in demonstrating a level of airflow to skeptical clients who may not be able to feel any leakages with their hands.

Results and assessment of their significance

It has been found that the method allows a type of inventory to be made on a room by room or space by space basis that can assist in both understanding leakage locations/severity and helping to prioritise the efforts to locate the leaks. The method has its limitations - it does not work for spaces open to the fan equipment and is more qualitative than quantitative, although it does allow an idea to be gained of the 'order of magnitude' of leakage in the various areas.

Conclusions

The thermal anemometer is a useful device to approximate zonal leakage patterns when used in conjunction with fan pressurisation of a building that has the internal spaces closed off into discrete spaces. It can allow a more informed approach to the setting of priorities for rectification, as well as a means of checking if rectification has been effective, by repeating the checks after fixes.

Luftdichtheit von Multifunktionsbändern

Søren Peper, Tim Huyeng

Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt, Deutschland, T: +49 6151 82699-0,
F: +49 6151 82699-11, soeren.peper@passiv.de

Seit einigen Jahren werden verstärkt Multifunktionsbänder (MFB) zum luftdichten Einbau von Fenstern im Neubau und bei Sanierungen eingesetzt. Die Bänder werden hierzu drei- oder vierseitig umlaufend um das Fenster geklebt. Nach Einbau des Fensters expandiert das Band und schließt die Fugen zwischen Fenster und Leibung. Diese selbstexpandierenden Fugendichtbänder aus Schaumkunststoff werden von Herstellern angepriesen; bei BlowerDoor-Messungen finden sich dann häufig Mängel. Entsprechend unterschiedlich werden die Produkte in der Fachwelt bewertet und diskutiert.

Zur Klärung und zur Versachlichung der Diskussion wurden vom Passivhaus Institut (PHI) in Zusammenarbeit mit der FLiB-Arbeitsgruppe „Multifunktionsbänder“ Luftdichtheitsmessungen von MFB unterschiedlicher Hersteller unter Laborbedingungen durchgeführt. Dabei wurde u. a. der Einfluss der Spaltbreite bezogen auf die Vorgabe der Hersteller sowie der zeitliche Einfluss nach dem Einbau auf die Dichtheit untersucht. Der Messaufbau und die Messung erfolgen in Anlehnung an DIN 18542. Es handelt sich um eine Messung der Materialeigenschaften der Bänder bei optimierten Einbau zwischen glatten und parallelen Aluminiumprofilen ohne Ecken. Der Einbau in Baustellensituationen wird davon immer abweichen und sich damit die Luftdichtheit verschlechtern.

Die Messergebnisse zeigen überwiegend positive Ergebnisse der Luftdichtheit der MFB. Es zeigt sich deutlich, Bänder im unteren Bereich ihrer Einbaugrenzen einzusetzen. Zumindest bei dem beispielhaft untersuchten Band hat bereits der Einsatz an der oberen Einbaugrenze eine deutlich höhere Leckage zur Folge. Bänder in einen Spalt einzubauen, der die Einbaugrenzen überschreitet, liefert deutlich größere Undichtheiten. Es wird beobachtet, dass dies in der Baupraxis leider häufig Realität ist. Bei einem Einbau auf der Baustelle sind besonders die Bandenden bzw. der Stoß sowie die Ecken kritische Punkte für die Luftdichtheit. Die Verarbeitung und Abdichtung müssen hier mit größter Sorgfalt durchgeführt werden. Es sind deutliche Abweichungen zu den hier vorgelegten Labormesswerten zu erwarten.

Die Untersuchung mit dem Laboraufbau wird ergänzt durch Messungen an Holz- und Kunststofffenstern (1 x 1 m) in Holz- und Massivwänden. Hier sind der realitätsnahe Einbau mit den problematischen Ecken in der Messung enthalten. Erste Erfahrungen diesbezüglich zeigen insgesamt überwiegend positive Ergebnisse mit dem getesteten Produkt.

Airtightness of multifunctional tapes

Søren Peper, Tim Huyeng

Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt, Germany, T: +49 6151 82699-0, F: +49 6151 82699-11, soeren.peper@passiv.de

For several years, multifunctional tapes have increasingly been used for the airtight installation of windows in new buildings or renovation projects. The adhesive tapes are wrapped around the window on three or four sides. After the installation of the window, the tape expands and closes the joints between window and reveal. Their manufacturers sing the praises of these self-expanding joint-sealing tapes made of foam plastic. However, BlowerDoor tests frequently reveal faults. Accordingly, experts vary in their evaluation and discussion of the products.

To bring clarity and objectivity into the discussion, the Passive House Institute (PHI) in cooperation with the FLiB working group on multifunctional tapes, conducted airtightness tests of multifunctional tapes of different manufacturers under lab conditions. Among other things, they analyzed the influence of the joint width in relation to the manufacturer's specifications and the impact of the time passed since the installation on the airtightness. The test set-up and the measurement were conducted in line with German Industrial Standard DIN 18542. The test measured the material properties of the tapes if optimally installed between smooth and parallel aluminum profiles without corners. The installation at the construction site will always deviate from this set-up and airtightness will consequently decline.

The measuring results show predominantly positive results for the airtightness of the multifunctional tapes. They clearly indicate using the tapes in the lower range of their installation limits. At least for the exemplarily tested tape its use at the upper installation limit led to a significantly higher leakage rate. Installing tapes in a joint exceeding the installation limits results in considerably higher leakages. It can be observed, that in construction practice this is unfortunately frequently the case. When installing tapes at the construction site, the tape ends or junction points as well as the corners are critical areas regarding airtightness. Manipulation, installation, and sealing must all be performed with the utmost care. Significant deviations from the lab values presented here are to be expected.

The analysis with the lab set-up is complemented by measurements of wood and plastic windows (1x1m) in wood and solid walls. Here, the measurement includes the realistic installation with the critical corners. Some first experience to this effect overall gives positive results for the product tested.

Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Bauteilen (q50) durch BlowerDoor Messungen auf der Baustelle

Assist. Professor Nuno M. M. Ramos ¹, Assist. Professor Ricardo M.S.F. Almeida ², Assist. Professor Eva Barreira ³, Pedro F. Pereira ⁴

Universität Porto, Fakultät für Ingenieurwesen - CONSTRUCT, R. Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal

¹ T: +351225081940, nuno.ramos@fe.up.pt

² T: +351225081940, ralmeida@estv.ipv.pt

³ T: +351225081940, barreira@fe.up.pt

⁴ T: +351225081940, fpfp@fe.up.pt

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Die Gesamtleckage eines Gebäudes ergibt sich aus der Summe der einzelnen Anteile seiner Elemente. Für die Planer von Gebäuden, welche die Gebäudehülle für die Optimierung der Luftdichtheit verbessern wollen, wäre eine Quantifizierung dieser Anteile von großer Bedeutung. Normalerweise wird die Luftdichtheit von Bauteilen im Labor getestet, aber in der Literatur finden sich mehrere Beispiele, die zeigen, dass die Leistung in-situ eine andere ist. Die vorliegende Arbeit will daher die Luftdurchlässigkeit verschiedener Bauteile vor Ort mit Hilfe von BlowerDoor-Tests bewerten.

Methode der Herangehensweise

Die häufigste Methode zur Messung von Luftleckagen in der Gebäudehülle ist die Differenzdruckmessung, gemeinhin auch BlowerDoor-Test genannt. Zur Quantifizierung der Luftdurchlässigkeit von Bauteilen eignet sich das schrittweise Abdichten von Bauteilen. Die Unterschiede zwischen aufeinanderfolgenden Tests ermöglichen die Bewertung des Anteils der jeweiligen Elemente an der Gesamtleckage eines Raums.

Inhalt des Vortrags

Der Beitrag stößt auf Basis eines umfassenden Studiums der Literatur zu experimentellen Techniken der Bewertung der Durchlässigkeit von Bauteilen eine Diskussion an. Die experimentelle Methode wird erklärt und die Ergebnisse verschiedener Versuchsreihen werden vorgestellt und diskutiert.

Ergebnisse und Beurteilung

Die Ergebnisse mehrerer Versuchsreihen ermöglichten die Quantifizierung der Durchlässigkeit einiger Bauteile wie Gebäudehülle, Fenster, Rolladenkästen, Verbindungen von Stahlsäulen mit dem Boden und Lüftungsfirste. Ein Muster der Gebäudehülle mit Wandplatte und einem Fenster wurde im Labor gebaut, wo auch die Luftdichtheitstests durchgeführt wurden. Aufgrund der Bedeutung von Fenstern wurde eine große Versuchsreihe zur Bewertung der Luftdurchlässigkeit von Fenstern durchgeführt. Insgesamt wurden 23 Fenster getestet. Die Ergebnisunsicherheit wurde gemäß dem in ISO 9972 angegebenen Verfahren geschätzt. Im Zusammenhang stehende Infrarot-Thermografien der Bauteile werden ebenfalls präsentiert.

Schlussfolgerungen

Die Luftdichtheit eines Gebäudes kann mit einer BlowerDoor getestet werden. Die Luftdurchlässigkeit von Bauteilen kann mit Hilfe verschiedener Testaufbauten mit schrittweiser Abdichtung der Elemente geschätzt werden. Es ist jedoch weiterhin schwierig, auf Basis dieser Ergebnisse den n50 eines Gebäudes zu schätzen, weil es noch keine vollständige Datenbank zur Luftdurchlässigkeit von Bauteilen gibt. Die Ergebnisse der Versuchsreihe zur Bewertung der Luftdichtheit von Fenstern zeigten, dass der durchschnittliche Anteil der Fenster an der Luftdurchlässigkeit eines Raumes 15 % war. Für Rolladenkästen waren es 44 %. Kein Fenster

erreichte die maximale Luftdichtheitsklasse gemäß EN 12207 und nur ein Fenster erreichte Klasse 3. Mit der Luftdichtheit bei 50 Pa als Indikator wurden das Baujahr, das Rahmenmaterial und der Öffnungsmechanismus als Hauptparameter für die Luftdichtheit von Fenstern bestimmt. Darüber hinaus wird die Ergebnisunsicherheit von der relativen Bedeutung der getesteten Fensterdurchlässigkeit im Vergleich zur Gesamtdurchlässigkeit der Raumhülle beeinflusst. Die Unsicherheit kann jedoch dazu verwendet werden, die oberen und unteren Grenzwerte des Anteils des Bauelements an der Luftdichtheit zu bestimmen.

Components permeability (q50) by means of in-situ blowerdoor tests

Assist. Professor Nuno M. M. Ramos¹, Assist. Professor Ricardo M.S.F. Almeida², Assist. Professor Eva Barreira³, Pedro F. Pereira⁴

University of Porto, Faculty of Engineering - CONSTRUCT, R. Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal

¹ T: +351225081940, nuno.ramos@fe.up.pt

² T: +351225081940, ralmeida@estv.ipv.pt

³ T: +351225081940, barreira@fe.up.pt

⁴ T: +351225081940, fpfp@fe.up.pt

Purpose of the work

The overall buildings leakage results from the sum of the individual contribution of its components. Quantifying this contribution would be of major importance for building designers that intend to improve building enclosures for airtightness optimization. Typically, building components airtightness is tested in laboratory but several examples of a different in-situ performance are reported in the literature. Therefore, this work aims at assessing the air permeability of several building components using in-situ blower door tests.

Method of approach

The most common procedure to measure the air leakages through a building envelope is the fan pressurization method, commonly called the blower door test. To quantify the components permeability a methodology based on the successive sealing of the building components can be used. The consecutive differences between tests allow for the evaluation of the component's individual contribution to the overall leakage of the room.

Content of the contribution

In this contribution, an initial discussion based on an extensive literature review regarding the experimental techniques for assessing the components permeability is presented. The experimental methodology is explained and the results of several experimental campaigns are presented and discussed.

Results and assessment of their significance

The results of several experimental campaigns allowed for the permeability quantification of some building components: enclosure, windows, roller-shutter box, connection of the steel columns with the floor and ventilation ridge. An enclosure sample, including wall panel and one window, was built in the laboratory and air permeability tests were also performed. Moreover, due to its importance, a large experimental campaign for assessing windows permeability was carried out. A total 23 windows were tested. The results uncertainty was estimated following the procedure indicated in ISO 9972. Connected infrared thermography of the building elements is also presented.

Conclusions

The airtightness of a building can be tested using a blower door and the components permeability can be estimated using different set-ups with a consecutive sealing of the elements. However, using these results to estimate buildings n50 is still complicated since a complete database regarding the components permeability is still missing. The results of the experimental campaign to assess windows airtightness revealed that: the average window contribution for the room permeability was 15 % and the roller-shutter was 44 %; no window reached the maximum class according to EN 12207 standard and only one achieved class 3,

using the air permeability at 50 Pa as indicator; the year of construction, the frame material and the opening system were identified as the key parameters for the windows airtightness. Moreover, the uncertainty of the results is affected by the relative importance of the tested window permeability compared to the overall room enclosure permeability. The uncertainty can however be used to determine the upper and lower limits of the component contribution to airtightness

Volumenstrom- und Dichtheitsmessungen an zentralen Lüftungsanlagen

Theo Reuter

Baudiagnostik-Wilting, Friedrich-August-Straße 8, 26931 Elsfleth, Deutschland, T: +49 4931 9879448,
F: +49 4931 9879449, theo.reuter@ewetel.net / theo.reuter@gmx.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung:

Viele Lüftungsanlagen arbeiten auf Grund ihrer nicht fachgerechten Einstellung der Volumenströme sowie ihrer Undichtheiten an den Luftkanälen und auch einzelnen Komponenten nicht wirtschaftlich.

Methode der Herangehensweise

Einsatz verschiedener Messgeräte zur Beurteilung und Einmessung von Volumenströmen, Dichtheitsmessung mittels Differenzdruckmessung an Lüftungsanlagen sowie Leckageortung an den Lüftungs-Komponenten.

Inhalt des Vortrags

Im Rahmen von Sachverständigengutachten wurden an zentralen Lüftungsanlagen im Bereich von Nichtwohngebäuden sowie Wohngebäuden zahlreiche Überprüfungen hinsichtlich der Volumenströme sowie insbesondere der Kanaldichtheit vorgenommen. Es sollen im Rahmen dieses Vortrages die möglichen Messverfahren, die Erfahrungen sowie die häufigsten Mängel-punkte vorgestellt werden.

Ergebnisse und Beurteilung

Es wurde u. a. festgestellt, dass bei über 90 % aller Ein- und Mehrfamilienhäuser die Volumenströme, entsprechend den Planungsunterlagen / Lüftungskonzept nach DIN 1946-6, nicht richtig eingemessen / eingestellt wurden. Die Ursache hierfür lag häufig an unzureichenden Messgeräten sowie einem unzureichenden Hintergrundwissen. In einigen Fällen konnten Tauwasserschäden und Schimmelbildungen auf falsch eingestellte Volumenströme zurückgeführt werden. Auch wurde im Rahmen vieler Begutachtungen festgestellt, dass Lüftungsanlagen nicht in der thermischen Gebäudehülle aufgestellt wurden und Luftleitungen nicht gedämmt waren. Es wurden darüber hinaus ebenfalls teilweise erhebliche Luftundichtheiten an den Luftleitungen ermittelt. In den meisten Fällen bei Großanlagen (z. B. Hotels und Büros) hielten die Luftkanäle nicht einmal die Dichtheitsstandards nach Eurovent 2/2 – Dichtheitsklasse B ein. Die hieraus resultierenden Energieverluste sind teilweise als erheblich zu bezeichnen.

Schlussfolgerungen

TGA-Planer, Energieberater, Architekten sollten hier verstärkt auf die fachgerechte Ausführung und Einmessung der Lüftungsanlagen achten und schon in der Angebotsgestaltung auf entsprechende Messungen und Messverfahren sowie einzusetzende Messgeräte hinweisen. Ebenfalls zeigt es sich immer wieder, dass entsprechende Dichtheitsmessungen in der Rohbauphase dringend zu empfehlen sind. Die Messung der Volumenströme sowie der Kanaldichtheit mit Differenzdruckgeräten hat sich hierbei sehr bewährt. Die Folge von Energieverlusten durch undichte Luftkanäle und falsch eingestellten Volumenströmen ist scheinbar ein sehr unterschätzter Faktor.

Air-flow and airtightness measurements of centralized ventilation systems

Theo Reuter

Baudiagnostik-Wilting, Friedrich-August-Straße 8, 26931 Elsfleth, Germany, T: +49 4931 9879448,
F: +49 4931 9879449, theo.reuter@ewetel.net / theo.reuter@gmx.de

Purpose of the work

Many ventilation systems do not work efficiently, because their airflow rates have not been correctly adjusted and due to leakages of the ventilation ducts and individual elements.

Method of approach

Different measuring devices are used to evaluate and adjust the flow rates, to conduct airtightness tests with differential pressure measurements of ventilation systems or their parts, as well as to search for leakages of ventilation components.

Content of the contribution

For expert reports and opinions, numerous inspections of central ventilation systems regarding flow rates and above all the airtightness of ducts have been conducted in commercial as well as residential buildings. This presentation will show possible measuring procedures, experience, and deficiencies.

Results and the assessment of their significance

Among other things, it has been determined that in more than 90% of all single-family houses and apartment buildings, the flow rates had not been calibrated / adjusted as they should have, if you consider the planning documents / the ventilation design according to German Industrial Standard DIN 1946-6. This was frequently caused by insufficient measuring devices and a lack of knowledge. In some cases, damage from condensation and mold growth could be traced back to wrongly-adjusted air flows. During many evaluations, it was also discovered that ventilation systems had not been set-up in the thermal building envelope and air ducts had not been insulated. In addition, sometimes even considerable air leakages were detected in air ducts. In most cases of large systems (e.g. in hotels and offices), the air ducts did not even meet the airtightness standard according to Eurovent 2/2 - airtightness class B. The resulting energy losses are sometimes significant.

Conclusions

Planners of technical building services, energy consultants, and architects should focus more strongly on the correct installation and adjustment of the ventilation systems and point out the corresponding measurements and measuring procedures, as well as the measuring devices to be used, already in the offer. It also frequently shows that the respective airtightness measurements during construction are highly recommended. Measuring the airflow rates and the airtightness of ducts with differential pressure devices has proven to be very effective. Energy losses caused by leaky ventilation ducts and wrongly-set airflow rates are apparently a factor that is frequently underestimated.

Leckagen in Lüftungskanälen und Gebäudehülle – Diagnose, Auswirkungsanalyse und Verbesserungen in Flughafen-Tower

Fabrice Richieri ¹, Bassam Moujalled ², Emmanuel Nicolle ³

¹ SNIA/Département spécialisé Bâtiment, 12 Avenue Pythagore, BP 70285, 33697 Mérignac Cedex, Frankreich, T: +33 5 56138811, F: +33 5 56349730, fabrice.richieri@aviation-civile.gouv.fr

² CEREMA / DTerCE / DCAP / UPERBAT, 46, rue St Théobald, BP 128, 38081 L'Isle d'Abeau Cedex, Frankreich, T: +33 4 74275155, bassam.moujalled@cerema.fr

³ SNIA/Département spécialisé Bâtiment, 82 rue des Pyrénées, 75970 Paris Cedex 20, Frankreich, T: +33 1 44643261, F: +33 1 44643257, Emmanuel.nicolle@aviation-civile.gouv.fr

Ziel der Arbeit/Fragestellung

In einem Flughafenkontrollturm sind die Bedingungen für Wärmebehaglichkeit besonders wichtig, da die Aufgaben der Flugsicherung hohe Aufmerksamkeit und Wachsamkeit erfordern. Angenehme Bedingungen müssen jederzeit garantiert sein, vor allem während extremer Wetterlagen. Deswegen bestehen die HLK-Anlagen von Kontrolltürmen immer aus zwei oder sogar drei identischen Klimageräten mit voller Redundanz.

Bei einem französischen Kontrollturm gab es trotz der Redundanz der Lüftungsgeräte viele Schwierigkeiten, angenehme Temperaturbedingungen zu schaffen. SNIA, Hauptdienstleister für die Modernisierung des Gebäudes, bewertete die Lüftungskanäle und die Energieeffizienz der Gebäudehülle. Mit Hilfe dieser Analyse ließ sich sowohl die von den Objektleitern beobachtete schlechte Leistung der Klimageräte für das gesamte Gebäude als auch die von den Tower-Mitarbeitern empfundene lokale thermische Unbehaglichkeit erklären.

Methode der Herangehensweise

Die Methode basiert auf einem experimentellen Ansatz aus Messungen (Temperaturen, Druck, Volumenstrom in den Lüftungsrohren, Gebäudetemperatur, Gebäudedruck) und Beobachtungen (Leckageortung in Lüftungskanälen und Gebäudehülle, Luftströmungsmuster), um ein Bild der aktuellen Gebäudefunktion zu bekommen und die Ursachen des Problems festzustellen.

Inhalt des Vortrags

Die Heiz- und Kühllast, für die die HLK-Anlage ausgelegt ist, entspricht den derzeitigen Anforderungen des Gebäudes. Die Diagnose zeigte als Hauptproblem jedoch Leckagen, die die Effizienz der Zu- und Abluftkanäle stark beeinträchtigen. Das erklärt, warum die HLK-Anlage während extremer Wetterlagen keinen entsprechenden Komfort leisten konnte. Die vorgeschlagenen Reparaturmaßnahmen, darunter die komplette Isolierung der Luftleitungen und eine Verbesserung der Luftdichtheit der Gebäudehülle, werden in Kürze realisiert.

Ergebnisse und Beurteilung

Analysen zeigten die Ineffizienz der Zuluftkanäle. Aufgrund eines Abfalls im Luftvolumenstrom zwischen Zu- und Abluft herrscht im Gebäude Unterdruck. In Folge verursachen die Leckagen in der Gebäudehülle Zugluft, die im Winter zu lokaler Unbehaglichkeit führt. Der Luftaustausch im Gebäude ist ebenfalls deutlich höher als der zu erwartende Wert. Trotz Luftbefeuchter führt das im Winter zu trockener Luft und im Sommer zu einer gefühlten latenten Wärmelast.

Schlussfolgerungen

Es wurde nachgewiesen, dass Leckagen in Lüftungskanälen in Verbindung mit geringer Isolierung der Zuluftrohre sowie niedriger Gebäudedichtheit die Ursache für die schlechte Leistung einer HLK-Anlage und lokale thermische Unbehaglichkeit sein können. Nur ein sowohl die Lüftungskanäle als auch die Luftdichtheit umfassender Ansatz kann die korrekte Funktion der HLK-Anlage und ein angenehmes Raumklima (thermische Behaglichkeit) sicherstellen.

Ductwork and envelope leakage diagnostic, impact analysis and improvements in an airport control tower

Fabrice Richieri¹, Bassam Moujalled², Emmanuel Nicolle³

¹ SNIA/Département spécialisé Bâtiment, 12 Avenue Pythagore, BP 70285, 33697 Mérignac Cedex, France,
T: +33 5 56138811, F: +33 5 56349730, fabrice.richieri@aviation-civile.gouv.fr

² CEREMA / DTerCE / DCAP / UPERBAT, 46, rue St Théobald, BP 128, 38081 L'Isle d'Abeau Cedex, France,
T: +33 4 74275155, bassam.moujalled@cerema.fr

³ SNIA/Département spécialisé Bâtiment, 82 rue des Pyrénées, 75970 Paris Cedex 20, France,
T: +33 1 44643261, F: +33 1 44 64 32 57, Emmanuel.nicolle@aviation-civile.gouv.fr

Purpose of the work

In an air traffic control tower, conditions for thermal comfort are crucial as the task of air traffic control requires high level of attention and vigilance. Comfortable conditions must be guaranteed all the time especially during extreme periods. Therefore, the HVAC system of a control tower is always composed by two, possibly three, identical air handling units, functioning in full redundancy.

In this paper, we will present the case of a French control tower that shows many difficulties to maintain thermal comfort conditions despite the redundancy of air handling units. An assessment of ductwork and envelope performance was realized by the SNIA which is the main contractor for the retrofitting project of the building. This analysis enabled us to explain both the poor performance of the air handling system observed by facility managers at the building scale, as well as the local thermal discomfort mentioned by occupants.

Method of approach

The method is based on an experimental approach with both measurements (temperatures, pressure and airflow rate in the ductwork, building temperature and pressure), and observations (duct and envelope leakages search, airflow pattern) in order to understand the current building functioning and to identify the causes of the problem.

Content of the contribution

The design heating and cooling loads of the HVAC system are in accordance with current needs of the building. However, the diagnosis showed that the major problem is due to the leaking inducing a poor performance of supply and extract ductworks. The latter explains why the HVAC system failed to create comfortable conditions during extreme periods. Repair measures were proposed including the full insulation of the ductwork system and improvement of envelope airtightness. Thoses repair will be shortly done.

Results and assessment of their significance

Investigations showed a poor performance of the air-supply ductwork. The whole building is depressurized due to airflow rate drop between supply and exhaust air. As a result, leakages through the building envelope creates drafts that causes local discomfort during the winter period. Also, air renewall of the building is significantly higher than the expected value. This results with dry air in winter despite the existence of a humidifier, and an increase of sensible and latent heating loads during summer.

Conclusions

It has been shown that leakages in ductwork combined with low isulation level of the supply ductwork and poor building airtightness can be responsible for a poor performance of HVAC system and local thermal discomfort. Only a comprehensive approach of ductwork and envelope airtightness can assure the proper functioning of HVAC systems and indoor comfort conditions.

Der luftdichte Spülkasten – Fluch oder Segen?

Dipl.- Ing. (FH) Thomas Runzheimer

E-Haus Ingenieurbüro, Pestalozzistraße 1, 35435 Wettenberg, Deutschland, T: +49 6406 75513,
F: +49 6406 831866, e-haus@gmx.net

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Die Industrie hat in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Produkten auf den Markt gebracht, die den luftdichten Einbau von Installationen in der luftdichten Gebäudehülle ermöglichen. Die Vorwandmontagegestelle von Spülkästen bleiben jedoch nach wie vor eine "Schlüsselstelle" zur Beurteilung der Luftdichtheit von Vorwänden.

Methode der Herangehensweise

Im Zuge einer Hallenbadsanierung wurden für ein Projekt "dichte" Vorwandmontagegestelle entwickelt und realisiert. Dies erfolgte vor dem Hintergrund, dass die Betätigungstasten ein "Hinterlaufen" der Verbundabdichtung verursachen.

Inhalt des Vortrags

Im Vortrag wird die vergleichsweise aufwendige und mehrfache Sanierung von Leckagen im Bereich von Vorwänden an einem Wohnhausneubau dargestellt. Im Gegenzug wird die Entwicklung und vergleichsweise einfache Realisierung von luftdichten Spülkästen als "Einzelstücke" aufgezeigt.

Ergebnisse und Beurteilung

Sowohl bei Neubauten und insbesondere bei Sanierungen werden bei Luftdichtheitsmessungen meist Einströmungen an den Installationswänden an Außenwänden festgestellt. Einfache Nachbesserungen durch Abdichtmaßnahmen sind im Bereich der Spültasten nicht möglich, um die Leckage zu beseitigen ist eine vollständige Demontage der Vorwand unerlässlich. Durch die Verwendung von luftdichten Spülkästen könnten hier Leckagen gleichermaßen wie im Bereich von luftdichten Elektroinstallationen vermieden werden.

Schlussfolgerungen

Warum bieten die Hersteller für diese Anwendung keine Lösung an, für alle anderen häufig vorkommenden Einbauten gibt es inzwischen entsprechende Produkte? Andererseits ist das vielleicht auch gut so, da sich an der Betätigungstaste der Toilette sofort feststellen lässt, wie viel ein Bauteam von der Thematik "Luftdichtheit" versteht.

The airtight cistern – A blessing or a curse?

Dipl.- Ing. (FH) Thomas Runzheimer

E-Haus Ingenieurbüro, Pestalozzistraße 1, 35435 Wettenberg, Germany, T: +49 6406 75513,
F: +49 6406 831866, e-haus@gmx.net

Purpose of the work

Over the past years, the industry has launched a great number of products facilitating the airtight installation of sanitary fixtures in the airtight building envelope. However, the pre-wall mounting racks of cisterns remain a “key point” for assessing the airtightness of pre-walls.

Method of approach

As part of the rehabilitation of an indoor swimming pool, “airtight” pre-wall mounting racks were developed and used. This was due to the flush buttons causing “seepage” of the compound seal.

Content of the contribution

The presentation shows the relatively expensive, time-consuming, and repeated elimination of leakages in the areas of pre-walls in a new residential building. By contrast, it features the development and comparatively easy implementation of airtight cisterns as “single pieces”.

Results and the evaluation of their significance

Airtightness tests of new buildings as well as renovated buildings usually show air-inflow at the installation walls of the exterior walls. Around the toilet flush buttons, this cannot be simply remedied by further sealing. To eliminate the leakage the pre-wall must be completely removed. In contrast, the use of airtight cisterns would prevent leakages as we know it to work from airtight electrical installations.

Conclusions

Why do manufacturers not offer a solution here? After all, for all other frequently used installations airtight products are already available. Having said that, it might not be only a bad thing, because looking at the installation of the flush button you will see right away how much a construction team really knows about “airtightness”.

Dezentrale Lüftungsanlagen versus Gebäude(un)dichtheit

Erik Schütze

inVENTer GmbH, Ortsstraße 4a, 07751 Löberschütz, Deutschland, T: +49 36427 211-315, F: +49 36427 211-113, e.schuetze@inventer.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Im Vortrag wird praxisorientiert dargestellt, dass dezentrale Lüftungsanlagen die Luftdichtheitsmessung nicht erschweren oder verfälschen und eine gute Luftqualität im Raum trotz einer hohen geforderten Gebäudeluftdichtheit sichergestellt werden kann.

Methode der Herangehensweise

In einem Bauvorhaben wurden dezentrale Lüftungsgeräte eingebaut. Es wird die Gebäudepräparation mit Hilfe der Abdichtballons von inVENTer gezeigt und die Messreihe einer Druckdifferenzmessung ausgewertet. Anhand von CO₂-Messungen im Raum mit und ohne Betrieb der dezentralen Lüftungsanlage wird die Wirkung der Lüftungsanlage dokumentiert.

Ergebnisse und Beurteilung

Anhand der Auswertung von Messwerten wird nachgewiesen:

- Die Richtlinien seitens EnEV und KfW werden eingehalten.
- Eine dezentrale Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung ist eine praktikable Alternative.

Decentralized ventilation system versus (the lack of) building airtightness

Erik Schütze

inVENTer GmbH, Ortsstraße 4a, 07751 Löberschütz, Germany, T: +49 36427 211-315, F: +49 36427 211-113,
e.schuetze@inventer.de

Purpose of the work

By way of practical examples, the presentation shows that decentralized ventilation systems do neither make airtightness measurements more difficult nor distort them, and despite the requirements for a high level of airtightness for buildings also ensure good indoor air quality.

Method of approach

During the construction of a building, decentralized ventilation systems were installed. The presentation shows the preparation of the building with sealing bladders by InVENTer and analyses a series of pressure differential measurements. The effectiveness of the ventilation system is documented with CO₂ measurements of the rooms with the decentralized ventilation system turned on and off.

Results and assessment of their significance

The analysis of the measuring values shows the following:

- The guidelines of EnEV (German Energy Savings Regulation) and KfW (German Reconstruction Loan Corporation) are observed.
- Decentralized home ventilation with thermal recovery is a viable option.

Status quo des luftdichten Bauens in Deutschland

Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher

Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V., Storkower Straße 158, 10407 Berlin, Deutschland
T: +49 30 2903-5634, F: +49 30 2903-5772, info@flib.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Wo steht das luftdichte Bauen in Deutschland? Sind wir auf einem guten Weg oder ist das Ziel noch weit? Wie sieht die Messpraxis in Deutschland aus? Müssen die Schwerpunkte in der Dokumentation von Messwerten gelegt werden oder ist es wichtiger den gesamten Prozess des Bauens positiv zu beeinflussen? Welche Vorgaben und Ziele kommen vom Verordnungsgeber, welche von Förderbanken?

Methode der Herangehensweise

Überblick, Sammlung und Sichtung von Veröffentlichungen.

Inhalt des Vortrags

In Deutschland ist das Einreichen von Prüfberichten im Rahmen des öffentlich rechtlichen Nachweises nicht mit einer Sammlung der Daten verbunden. Der FliB hatte anfänglich versucht hier zu unterstützen, die Datenbasis ist jedoch weiterhin gering, da weder eine Abgabepflicht besteht noch der FliB dafür honoriert wird. Es werden deshalb Ergebnisse einer qualitativen Umfrage vorgestellt. Der Verordnungsgeber und Förderbanken stellen Vorgaben an die gemessene Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle, wenn ein verminderter Luftwechsel in der Primärenergiebedarfsberechnung angesetzt werden soll oder ein bestimmtes Förderprogramm in Anspruch genommen wird. Hierüber wird ein kurzer Überblick gegeben.

2014 hat der FliB gemeinsam mit dem Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gGmbH und dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik ein mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördertes Forschungsvorhaben zur Bewertung von Luft-Leckagen gestartet, dass Ende 2016 abgeschlossen wurde. Es wird ein kurzer Rückblick gegeben, wie es zu diesem Forschungsvorhaben gekommen ist.

Die Grundsätze luftdichten Bauens sind in Deutschland schon seit langem normativ verankert. Gleichwohl besteht bei der Umsetzung noch großes Potential, derzeit wird mehrheitlich dichtes Bauen nicht geplant, sondern es passiert. Deshalb hat sich neben der grundsätzlichen Forderung im Baurecht auch die Anforderung an ein Luftdichtheitskonzept bei Neubau, Modernisierung und dem Austausch von Einzelkomponenten bei Förderbanken etabliert.

Ergebnisse und Beurteilung

In Deutschland sind die Vorgaben zum luftundurchlässigen Bauen im Verordnungsrecht und den Förderinstrumenten gut verankert. Gleichwohl gibt es bei der Umsetzung noch viel zu tun. Luftdichtes Bauen lässt sich nicht durch eine Dichtheitsprüfung umsetzen. Das dichte Bauen umfasst die Planung, Ausschreibung, Kontrolle und Koordinierung. In vielen Fällen erstellen die Verantwortlichen jedoch keine Planung, sondern gehen davon aus, dass der Ausführende die Umsetzung schon richtig machen wird. Bei der Schlussmessung kann dann nur noch der Leckagestrom in Summe beurteilt werden, eine Bewertung der Einzelleckage ist dann i. d. R. ohne Bauteilöffnung nicht mehr möglich.

Schlussfolgerungen

Die durchgehende Planung des luftdichten Bauens muss noch stärker bei allen Baubeteiligten verankert werden.

The status quo of airtight building in Germany

Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher

Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V., Storkower Straße 158, 10407 Berlin, Germany,
T: +49 30 2903 5634, F: +49 30 2903-5772, info@flib.de

Purpose of the work

What is the status quo of airtight building in Germany? Are we well on our way or still far from the target? What about measuring practice in Germany? Should we concentrate on the documentation of measurement results or is it more important to exert a positive influence on the building process overall? Which requirements and targets are set by the legislators, which by the development banks?

Method of approach

Overview, compilation and review of publications.

Content of the contribution

In Germany, you are not required to collect data when you submit a test report as part of the certifications under public law. At the beginning, FLiB tried to provide support in this area, but the database is still very small, because there is neither an obligation to submit data nor is FLiB remunerated for its efforts. Therefore, we present the results from a qualitative survey. Legislators and development banks set requirements for the air permeability of the building envelope measured, when a reduced air change rate is to be applied to the calculation of the primary energy demand or certain funding programs are used. The presentation will give a short overview of this situation.

In 2014, FLiB together with the Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gGmbH (Aachen Institute for the Study of Construction Damage and Applied Building Physics) and the Fraunhofer-Institut für Bauphysik (Fraunhofer Institute for Building Physics) started a research project on the evaluation of air leakages sponsored by the research initiative "Building the future" (Forschungsinitiative Zukunft Bau) of the Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development (BBSR). This was finished at the end of 2016. The presentation will look back on the beginnings of the research project.

The principles of airtight building in Germany have long been ingrained in standards. However, there remains great potential when it comes to their implementation. Currently, airtight building is frequently not planned, but just happens. As a result, and in addition to the basic requirement in building law, the development banks now require an airtightness design for new buildings, rehabilitation projects, and the replacement of individual components.

Results and assessment of their significance

In Germany, the requirements for airtight building are well incorporated in regulations and legislation, as well as in the funding instruments. However, a lot remains to be done when it comes to the actual implementation. Airtight building cannot be realized by merely conducting an airtightness test. Airtight building includes planning, tendering, control, and coordination. Frequently, those in charge do not have a plan for airtightness, but assume, that their contractors will get it right. In these cases, the final measurement will only allow you to evaluate the leakage flow in sum. An evaluation of individual leakages is usually no longer possible without having to open the building parts.

Conclusions

The idea that airtight building must be planned throughout the entire process, still has to be better engrained in the minds of all parties involved in the building process.

Druckdifferenz – Infiltration durch Wind. Ergebnisse einer Langzeitmessung

Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher¹, Dipl.-Ing. Stefanie Rolfsmeier², Dipl.-Ing. Paul Simons³

¹ Ingenieurbüro für Wärmetechnik Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher, Friedenstraße 17, 10249 Berlin, Deutschland, T: +49 172 9738016, solcher@waermetauscher.com

² Ingenieurgemeinschaft Bau + Energie + Umwelt GmbH, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe-Eldagsen, Deutschland, T: +49 5044 975-30, F: +49 5044 975-44, rolfsmeier@blowerdoor.de

³ BlowerDoor GmbH, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe-Eldagsen, Deutschland, T: +49 5044 975-40, F: +49 5044 975-40, simons@blowerdoor.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Der Differenzdruck an der Gebäudehülle ergibt sich aus Winddruck und thermischem Auftrieb. In europäischen und deutschen Normen fließen in die Berechnung der Infiltration dafür die Kenngrößen Windgeschwindigkeit, Temperaturdifferenz und Winddruck-Koeffizienten aus Gebäudean- und -abströmung ein. Mit dieser Langzeitmessung sollen der Berechnung gemessene Differenzdrücke gegenübergestellt werden.

Methode der Herangehensweise

Messung der Differenzdrücke über die Gebäudehülle im Jahresverlauf einer Wohnung im Mehrfamilienhaus im innerstädtischen Bereich in Berlin und einer Wohnung im Mehrfamilienhaus auf Helgoland. Dazu wurden über den Fensterfalz verschiedener Fenster mittels Kapillarröhrchen die Differenzdrücke geloggt und parallel dazu die Windgeschwindigkeit ortsnahe aufgenommen.

Inhalt des Vortrags

Der Vortrag zeigt die Messergebnisse der Differenzdrücke an Fenstern unterschiedlicher Orientierung im Zusammenhang mit der ortsnahe gemessenen Windgeschwindigkeit.

Ergebnisse und Beurteilung

Aufgrund der noch nicht abgeschlossenen Messreihen kann zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Tagungsbeitrags noch keine finale Auswertung erfolgen.

The natural pressure differential – Wind infiltration. Results from a long-term measurement

Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher¹, Dipl.-Ing. Stefanie Rolfsmeier², Dipl.-Ing. Paul Simons³

¹ Ingenieurbüro für Wärmetechnik Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher, Friedenstraße 17, 10249 Berlin, Germany, T: +49 172 9738016, solcher@waermetauscher.com

² Ingenieurgesellschaft Bau + Energie + Umwelt GmbH, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe-Eldagsen, Germany, T: +49 5044 975-30, F: +49 5044 975-44, rolfsmeier@blowerdoor.de

³ BlowerDoor GmbH, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe-Eldagsen, Germany, T: +49 5044 975-40, F: +49 5044 975-40, simons@blowerdoor.de

Purpose of the work

The pressure differential at the building envelope results from wind pressure and thermal lift. European and German standards include in the calculation of corresponding infiltration the parameters wind speed, temperature differential, and the wind pressure coefficient from building inflow and outflow. This long-term measurement is to compare the calculations to the pressure differentials measured.

Method of approach

Measurement of the pressure differentials at the building envelope throughout the year of unit in an apartment building in Berlin city center and a unit in an apartment building on Heligoland. Capillary tubes were used to log the pressure differentials through the window rebate of various windows while the wind speed at the location was recorded.

Content of the contribution

The presentation shows the measurement results for the differential pressures at windows of different orientations in relation to the wind speed recorded around the location.

Results and assessment of their significance

Since the measurement series has not been finished yet, a final evaluation is not yet possible at the time of submitting this abstract.

Leckortung mittels Thermografie – Ergebnisse mit unterschiedlichen Kamerasystemen

Benjamin Standecker, M.Eng.

IB Standecker GmbH & Co.KG, Hördlertorstraße 7, 91126 Schwabach, Deutschland, T: +49 9122 7902141,
F: +49 9122 7908032, info@ib-standecker.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Darstellung der Vorteile der Leckortung mit Thermografie. Welche Kamerasysteme eignen sich zur Leckortung mittels Thermografie?

Methode der Herangehensweise

Im Zuge einer Luftdurchlässigkeitsmessung ist neben der Ermittlung der Luftwechselrate und/oder der Luftdurchlässigkeit auch eine Leckortung durchzuführen. Große Leckstellen sind zu dokumentieren. Normativ werden jedoch keine Vorgaben zur Methode der Leckortung sowie zu evtl. zu verwendbaren Hilfsmitteln genannt. Im Vergleich zu klassischen Leckortungsmedien wie dem Handrücken, Rauchstäbchen oder dem Anemometer hat die infrarotgestützte Leckortung verschiedene Vorteile. Gerade im Hinblick auf großflächige Untersuchungen oder schwer zugängliche Flächen ist die zerstörungsfreie Prüfung mittels Infrarot klar im Vorteil. Weiterhin lassen sich Leckstellen einfach und objektiv dokumentieren.

Inhalt des Vortrags

Im Vortrag werden Grundlagen zur differenzdruckgestützten Leckortung mittels Thermografie erörtert. Klassische Fragestellungen werden an Praxisbeispielen erklärt. Da seit mehreren Jahren ein Preisfall im Bereich der Infrarotmesstechnik zu verzeichnen ist, werden im Gegensatz zum Beginn des Jahrtausends von unterschiedlichsten Nutzern und nicht mehr nur von spezialisierten Thermografen Infrarotaufnahmen erstellt. Handwerker, Architekten, Ingenieure nutzen die Messtechnik in unterschiedlichsten Bereichen des Bauens und Sanierens. Durch die Industrie gibt es seit einigen Jahren neben Profikameras auch Systeme "fürs kleine Geld", teilweise für wenige Hundert Euro. Sogar als Aufsatz für Smartphones sind mittlerweile IR-Kameras verfügbar. Allerdings ist aufgrund geometrischer, thermischer oder software-spezifischer Eigenschaften die Bandbreite der Einsatzmöglichkeiten beschränkt. In der differenzdruckgestützten Leckortung finden alle Kameras, von der Smartphonekamera bis zum Profigerät, den richtigen Einsatz. Das A+O ist allerdings das Know-how des Thermografen: Er hat zu entscheiden, welches Messgerät wann richtig eingesetzt ist.

Ergebnisse und Beurteilung

Zur Leckortung mittels Thermografie eignen sich unterschiedlichste Kamerasysteme. Der erfahrene und ausgebildete Anwender hat die richtige Messtechnik anhand von Kameraeigenschaften und Möglichkeiten zu wählen und fachgerecht anzuwenden.

Schlussfolgerungen

"Jede Kamera für den entsprechenden Zweck!"

Zur Leckortung mittels Thermografie eignen sich unterschiedlichste Kamerasysteme. Es kommt jedoch auf das Know-how des Thermografen an, aufgabenbezogen die Grenzen seiner Messtechnik zu kennen.

Leakage detection using thermography – Results with different camera systems

Benjamin Standecker, M.Eng.

IB Standecker GmbH & Co.KG, Hördlertorstraße 7, 91126 Schwabach, Germany,
T: +49 9122 7902141, F: +49 9122 7908032, info@ib-standecker.de

Purpose of the work

Presentation of the advantages of leakage detection using thermography. Which camera systems are suitable for leakage detection via thermography?

Method of approach

As part of an airtightness test, you not only have to determine the air change rate and/or air permeability, but must also search for leakages. Extensive leakages must be documented. However, there are no regulations as to the method of leakage detection or the instruments that might be used. In comparison with traditional means of leakage detection like the back of the hand, joss sticks, or the anemometer, infra-red based leakage detection offers many advantages. Particularly regarding inspections of larger areas or areas that can only be accessed with difficulty, the destruction-free test using infrared clearly comes off better. It also allows for a simple and objective documentation of the leakages.

Content of the contribution

The presentation discusses the basic principles of leakage detection with differential pressure and thermography. Practical examples illustrate the most common issues. Since the prices for infrared measuring technology have been sinking over the past years, infrared images, contrary to the beginning of the millennium, are now taken by different users, and not only by specialized thermographers. Contractors, architects, and engineers use the measuring technology in different areas of building construction and renovation. In addition to professional cameras, the industry in recent years has also offered systems at lower prices, sometimes only at a few hundred Euro. IR-cameras are now even available as an attachment for smart phones. However, due to geometric, thermal, or software-specific characteristics, the scope of application is limited. For leakage detection with differential pressure, all cameras from smart-phone cameras to professional ones have their use. In the end, it is up to the thermographers with their knowledge to decide which measuring device should be used when.

Results and evaluation of their significance

For leakage detection using thermography, different camera systems may be used. It is up to experienced and trained users to choose the right measuring technology depending on the camera features and options and to use it correctly.

Conclusions

"There is a camera for every purpose!"

Different camera systems are suitable for leakage detection using thermography. Thermographers with their know-how have to know the limits of their measuring technology for the respective tasks.

Bedeutung von Luft-Leckagen – Bewertungsprobleme und Handlungsempfehlungen. Ergebnisse aus dem FLiB-Forschungsprojekt

Klaus Vogel

i. A. Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V. (FLiB e. V.), Storkower Straße 158, 10407 Berlin, Deutschland,
T: +49 30 2903-5634, F: +49 30 2903-5772, vogel@flib.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Der Themenbereich Luftdichtheit/Luftdurchlässigkeit ist untrennbar mit Luft-Leckagen und deren Feststellung, Bewertung bzw. Beurteilung verbunden. Die Vielfalt der prinzipiellen Bauweisen, Konstruktionen, eingesetzten Materialien, individuellen Gegebenheiten eines Bauwerks vor Ort und die Sichtweisen auf das Thema aus den Blickwinkeln der verschiedenen Disziplinen erschweren die rasche Entscheidung im Umgang mit vorhandenen Luft-Leckagen. Das vorzustellende Forschungsprojekt hatte das Ziel, der Baupraxis eine Handlungsempfehlung für den Umgang mit und die Bewertung von Luft-Leckagen anzubieten.

Inhalt des Vortrags

In dem Vortrag wird sich mit Bewertungsproblemen (z. B. Vielfalt an Wirkungsweisen) von Luft-Leckagen beschäftigt, die zugleich die Ausgangslage für das Forschungsprojekt darstellten. Es wird auf die Arbeitsschritte bzw. Lösungswege der Forschungsbemühungen eingegangen. Hierzu gehören

- das Sichten und Auswerten des Schrifttums mit der darauf basierenden Erstellung einer Leckagesystematik, die sowohl Definitionen als auch Parameter der Leckagebewertung enthält,
- eine Umfrage unter rund 2.000 Sachverständigen und Messdienstleistern, um deren Erfahrungen mit Schadens- und Nicht-Schadensfällen zu erfassen,
- Objektbesichtigungen mit Untersuchungen und exemplarische Aufbereitung und Dokumentation von 33 in das Forschungsvorhaben eingebrachten Praxisfällen, u. a. mit Angaben und Bildmaterial zu Arten der Beeinträchtigungen bzw. zu Schadensbildern und den damit in Verbindung zu bringenden Leckagen,
- auf einem Praxisfall aufbauende Erstellung eines 3D hygrothermischen Materialmodells mit Luftdurchströmung und Simulation von Leckagen im Hinblick auf ihre feuchtetechnische, energetische und Behaglichkeits-Relevanz (Detailinformationen siehe Vortrag von Herrn Victor Norrefeldt),
- Beiträge externer Fachleute hinsichtlich einer Leckagebewertung unter den Aspekten Lüftung, Eintrag von Gerüchen, Fenstern und Außentüren, Brandschutz, Schallschutz sowie aus juristischer Sicht (siehe Vortrag von Herrn Ulf Köpcke),
- die inhaltliche Verdichtung der umfangreichen Datengrundlage zu einer Handlungsempfehlung, die keinen starren Rahmen vorgibt und sowohl Aussagen zur Leckagebewertung im Allgemeinen als auch im Speziellen enthält.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens unterstreichen die Vielschichtigkeit des Themas Leckagebewertung. Wie im konkreten Fall mit Leckagen umzugehen ist, darüber entscheidet zunächst die an den betroffenen Personenkreis gerichtete Frage- bzw. Aufgabenstellung. Unter technischen Gesichtspunkten kann es für die Leckagebewertung keine einfache Faustformel für alle möglichen Fälle (Wirkungsweisen, Konstruktionen etc.) geben. Die gleiche Leckage kann in einem Fall als technisch unproblematisch und in einem anderen Fall als schadensverursachend bewertet werden. Insbesondere unter feuchtetechnischen Aspekten kommt weiterhin der Leckagevermeidung und der Leckagereduktion eine besondere Rolle zu.

The significance of leakages – Problems of evaluation and recommendations for action. Results from the FLiB research project

Klaus Vogel

i. A. Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V. (FLiB e. V.), Storkower Straße 158, 10407 Berlin, Germany,
T: +49 30 2903-5634, F: +49 30 2903-5772, vogel@flib.de

Purpose of the work

Airtightness/air permeability are inseparable from leakages and their detection, categorization, or evaluation. The diverse contexts due to the main construction methods, structures, materials used, individual conditions on site for each building, and the perspectives of the different disciplines regarding airtightness, make it hard to take quick decisions on existing leakages. The research project presented here wants to provide recommendations for action to all builders and professionals in the building industry for handling and evaluating air leakages.

Content of the contribution

The presentation will analyze problems with the evaluation of leakages (e.g. the different ways of impact), which were also the starting point for the project. The steps or approaches of the research efforts will be explained, including

- a review and analysis of the pertaining literature, and subsequently establishing a leakage classification system with definitions as well as parameters for the evaluation of leakages,
- a survey of approximately 2,000 consultants and test providers to document their experience with cases of damage or zero damages,
- visits of objects with analysis and the exemplary preparation and documentation of 33 cases from practice, which were included in the research project, among others with indications and illustrations regarding the type of damage or the damage symptoms, and the corresponding leakages,
- the design of a 3D hygro-thermal material model based on a real case with air flow and simulation of leakages with respect to their relevance to heat and moisture, energy efficiency, and comfort level (more detailed information will be given in the presentation by Victor Norrefeldt),
- contributions by external experts on the topic of leakage evaluation, considering the aspects of ventilation, odor entry, windows and external doors, fire protection, sound protection, as well as legal issues (see also the presentation by Ulf Köpcke),
- a consolidation of the comprehensive data base resulting in a recommendation for action, which does not impose a rigid framework, and provides general as well as specific indications on leakage evaluation.

Conclusions

The results of the research project underline just how complex the issue of leakage evaluation is. How to deal with leakages in practice will first be decided by the question or task put to the group of people involved. From a technical point of view, there can be no easy rule of thumb for leakage evaluation applicable to all possible cases (ways of impact, structures, etc.). The same leakage may in one case be considered as technically harmless and in another result in damage. Particularly, when it comes to aspects of heat and moisture, leakage prevention and reduction take on an especially important role.

Methoden zur Erfassung und Analyse von Luft-Leckagen

Wilfried Walther

Sachverständiger für Bauphysik, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe, Deutschland,
T: +49 5044 975-33, Walther@e-u-z.de

Im Auftrag: Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen (FLiB e.V.), Storkower Straße 158, 10407 Berlin, Deutschland,
T: +49 30 2903-5634

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Ausgehend von den Erkenntnissen des FLiB e. V. Forschungsprojektes "Bewertung von Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen – Handlungsempfehlung für Baupraktiker" werden baupraktische Messmethoden zur Erfassung von Leckagen, deren Analyse und Bewertung zur Diskussion gestellt.

Methode der Herangehensweise

Eine Arbeitsgruppe des Fachverbandes FLiB e.V. hat sich zur Aufgabe gemacht, verschiedene Messmethoden unter baupraktischen Bedingungen zu testen. Durch einen iterativen Kommunikationsaustausch der Arbeitsgruppe wird aus den Ergebnissen eine Checkliste/Leitfaden entwickelt.

Inhalt des Vortrags

Es wird erläutert, mit welcher Messmethode eine Leckage hinsichtlich

- ihrer Größe,
- ihrer Anordnung (primär, sekundär),
- Zuordnung (Einzel- oder Serienleckage),
- kurzer oder langer Strömungsweg analysiert werden kann.

Dazu werden mehrere Analysemethoden wie

- Temperaturmessung an der Leckage,
- Differenzdruckmessung bei offener und gedichteter Leckage und
- eine überschlägige Volumenstrommessung vorgestellt.

Aus der räumlichen Zuordnung der Leckage an der Gebäudehülle und weiteren Faktoren wird die Leckage hinsichtlich ihres Wirkungspotentials eingestuft.

Des Weiteren wird die Konstruktion hinsichtlich ihrer Robustheit anhand einer Checkliste bewertet. Dazu müssen Informationen gesammelt werden hinsichtlich

- Schichtenaufbau,
- Materialien,
- Dichtheitsgrad und Robustheit der außen liegenden Schichten,
- Situation der Luftaustrittsstelle.

Das Wirkungspotential der Leckage wird mit der Konstruktion und ihrer Robustheit verglichen und soll eine Hilfestellung zur Klärung der Frage geben, ob diese einen Schaden verursachen könnte.

Methods for measuring and analyzing leakages

Wilfried Walther

Sachverständiger für Bauphysik, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe, Germany,
T: +49 5044 975-33, Walther@e-u-z.de

Im Auftrag: Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen (FLiB e.V.), Storkower Straße 158, 10407 Berlin, Germany,
T: +49 30 2903-5634

Purpose of the work

Based on the results of the FLiB e.V. research project „Evaluation of leakages in airtight layers – Recommendations for action for construction professionals”, testing methods in building practice for the detection, analysis, and evaluation of leakages are put up for discussion.

Method of approach

One of the FLiB working groups has taken on the task of testing different measuring methods under real building conditions. Repeated discussion and communication in the working group has led to turning the results into a checklist/guideline.

Content of the contribution

The presentation will discuss which measuring method is suitable for analyzing a leakage regarding

- its size,
- its position (primary, secondary),
- its categorization (individual or serial leakage), and
- short or long flow paths.

In this context, several methods of analysis like

- temperature measurements at the leakage,
- differential pressure measurements with the leakages open and sealed, and
- estimated airflow measurements

are shown.

The position of the leakages on the building envelope as well as other factors serve to categorize leakages with respect to their potential of impact.

In addition, the robustness of the structure is assessed by using a checklist. This requires collecting information as to

- layer design,
- materials,
- degree of airtightness and robustness of external layers, as well as
- the state of the leakage.

The impact potential of a leakage is compared to the structure and its robustness. This is to help clarify whether a leakage may actually cause any damage.

Neue Entwicklungen zum Thema Luftdichtheitsmessungen und Luftdichtheitskonzept in der Schweiz

Dipl.-Ing. Architekt Michael Wehrli

pro clima Schweiz GmbH & TheCH Thermographie und Blower-Door Verband Schweiz
Oberdorf 21, 8460 Marthalen, Schweiz, T: +41 52 5430550, F: +41 52 3015460, technik@proclima.ch

Ziel der Arbeit/Fragestellung

Schon bei der Buildair 2015 in Kassel hatte ich über das Thema des Luftdichtheitskonzepts in den Schweizer Normen berichtet.

Vor welchen Herausforderungen stehen wir zwei Jahre später in der Schweiz, bezüglich der Luftdichtheit? Und welche Themen könnten in diesem Zusammenhang für andere Länder von Interesse sein?

- Umstellung auf ISO 9972: Wie läuft das in der Praxis?
- Werden heute schon mehr Luftdichtheitskonzepte erstellt? Wie ist die Entwicklung?
- Macht es Sinn, wenn die Luftdichtheitsebene in einem Luftdichtheitskonzept immer dem Dämmperimeter folgt? Wie sieht es dann bei Objekten mit mehreren Messzonen oder Brandabschnitten aus?
- Wie kann man erreichen, dass Leckagen in Wohnungstrennwänden zwischen unterschiedlichen Wohnungen als Mangel beseitigt werden müssen?
- Welcher Unterschied besteht eigentlich zwischen den Begriffen luftdicht und rauchdicht in den EN-Normen?
- Ist in der Schweiz eine BD-Messpflicht geplant? Wieviel wird gemessen? Ein Ausblick auf die weitere Entwicklung in der Schweiz.

New developments in the field of airtightness measurements and airtightness designs in Switzerland

Dipl-Ing. Architekt Michael Wehrli

pro clima Schweiz GmbH & TheCH Thermographie und Blower-Door Verband Schweiz
Oberdorf 21, 8460 Marthalen, Switzerland, T: +41 52 5430550, F: +41 52 3015460, technik@proclima.ch

Purpose of the work

I have already talked about the issue of airtightness designs in Swiss standards at the Buildair Conference in 2015.

What are the challenges we are facing two years later, regarding airtightness in Switzerland? And which of the issues in this context could be of interest for other countries?

- Change to ISO 9972: What does this look like in practice?
- Do we see a higher number of airtightness designs today? What is the development here?
- Does it make sense for the airtightness layer in an airtightness design to always follow the insulation layer? What happens then with objects with several measuring zones or fire compartments?
- How can we achieve mandatory elimination of leakages in party walls as faults?
- How do European standards differentiate between the terms “airtight” and “smoke-tight”?
- Is Switzerland planning to make BlowerDoor tests a requirement? How much testing is actually done? An overview of current and future developments in Switzerland.

Ampack Bautechnik GmbH

Wallbrunnstraße 24
 79539 Lörrach
 Deutschland
 Fon: +49 7621 1610264
 Fax: +49 7621 1611627
 ampack@ampack.de
 www.ampack.de
 Anwendungstechnik: Patrick Bruggmann
 Vertrieb: Marc Dunker

**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: Dipl.-Ing. Paul Simons
 Vertrieb: Alexander Kiß



BlowerDoor GmbH
 MessSysteme für Luftdichtheit

BK-Factory GmbH

Georg-Sasse-Straße 30-32
 22949 Ammersbek
 Deutschland
 Fon: +49 40 370222-333
 sales.support@bk-factory.eu
 www.bluekit.de
 Vertrieb: Britta Lemke

**Dörken GmbH & Co. KG**

Wetterstraße 58
 58313 Herdecke
 Deutschland
 Fon: +49 2330 63-578
 Fax: +49 2330 63-463
 bvf@doerken.de
 www.doerken.de
 Anwendungstechnik: Markus Hemp

inVENTer GmbH

Ortsstraße 4
 07751 Löberschütz
 Deutschland
 Fon: +49 36427 211-0
 Fax: +49 36427 211-113
 info@inventer.de
 www.inventer.de
 Anwendungstechnik / Vertrieb: Erik Schütze

IRBEST Ltd.

84 – 133 Kurzemes Prospekt
1067 Riga
Latvia
Fon: +371 29 185110
irbest@irbest.lv
www.irbest.eu
www.blower-door-xxl.lv
technology: Andrejs Nitijevskis
selling: Vladislavs Kevis

NIBE Systemtechnik GmbH

Am Reiherpfahl 3
29223 Celle – Altenhagen
Deutschland
Fon: +49 5141 7546-0
Fax: +49 5141 7546-99
Info@nibe.de
www.nibe.de
Vertrieb: Carsten Schmelczyk

pro clima**Moll bauökologische Produkte GmbH**

Rheintalstraße 35–43
D-68723 Schwetzingen
Service: +49 6202 2782-0
Technische Hotline: +49 6202 2782-45
Fax: +49 6202 278221
info@proclima.de
www.proclima.de

**Wöhler Messgeräte Kehrgeräte GmbH**

Schützenstraße 41
33181 Bad Wünnenberg
Deutschland
Fon: +49 2953 73-100
Fax: +49 2953 73-96-100
info@woehler.de
www.woehler.de
Anwendungstechnik: Bernd Bornemann

WÖHLER