Tagungsband zum
11. Internationalen BUILDAIR-Symposium

Luftdichtheit von Gebäuden, Thermografie und Lüftungssysteme in der Praxis

24. und 25. Mai 2019
Hannover Congress Centrum (HCC), Hannover, Deutschland

Reader to
11th International BUILDAIR Symposium

Airtight Buildings, Thermography and Ventilation Systems in Practice

May 24 and 25, 2019
Hannover Congress Centrum (HCC), Hannover, Germany

e·u·z·
energie + umwelt zentrum

Impressum

Herausgeber *publisher*	Energie- und Umweltzentrum am Deister GmbH 31832 Springe-Eldagsen, Deutschland
Redaktion *editorial staff*	Ursula Mellema
Titellayout *cover*	Thomas Kupas, design@in-fluenz.de, Hannover, Deutschland
Druck *print*	ix-press DigitalDruck, Hannover, Deutschland

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung auch von Teilen außerhalb des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen
Autoren, Herausgeber und redaktionelle MitarbeiterInnen und Herstellungsbetriebe haben das Werk nach bestem Wissen und mit größter Sorgfalt erstellt. Inhaltliche und technische Fehler sind jedoch nicht vollständig auszuschließen.

All rights to this work, including all or any of its parts, are reserved. Any use, even in part, outside of the copyright without previous authorization by the editor is illegal and punishable. This applies in particular to duplications, translations, microfilming, and storing and processing in electronic systems.
The authors, editors, editorial staff, and manufacturing companies have completed this work to the best of their knowledge and with the utmost care. However, errors in content or technical errors cannot be completely ruled out.

© 2019, Energie- und Umweltzentrum am Deister GmbH

Veranstalter / *Organizer*

e·u·z·
energie + umwelt zentrum

Sponsor / *sponsors*

BlowerDoor GmbH
MessSysteme für Luftdichtheit

pro clima®

Förderer / *sponsors*

enercity
proKlima Fonds

Kooperationspartner / *cooperation partners*

AIVC

FLiB
Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V.

GIH
Die Interessenvertretung für Energieberater
Bundesverband

TightVent® Europe
BUILDING AND DUCTWORK AIRTIGHTNESS PLATFORM

VATH
BUNDESVERBAND FÜR ANGEWANDTE THERMOGRAFIE E.V.

Medien-Partner / media partners

B+B Bauen im Bestand
Professionell modernisieren, umbauen, instand setzen

bmH bauen mit Holz

BWI Bauen Wohnen Immobilien

dachbau magazin
Unternehmermagazin für Dachdeckerbetriebe

enbausa de
Energetisch Bauen und Sanieren

Energie KOMPAKT
Das Fachmagazin unabhängiger Energieberater

EnEV Baupraxis

Gebäude Energieberater

HaustechnikDialog

Heizsparer
www.heizsparer.de

IBO
Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH

mikado
Unternehmermagazin für Holzbau und Ausbau

REHVA
Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations

SANITÄR + HEIZUNGS TECHNIK

Inhalt / content

Berichte aus den Ländern zum Status quo der nationalen Anhänge der ISO 9972 — 7
Reports from various countries on the status of the national annexes of ISO 9972

Dänemark / Denmark — 8/9
Lars Due

Frankreich / France — 10/11
Adeline Mélois

Österreich / Austria — 12/13
Michael Pils

Schweiz / Switzerland — 14/15
Gregor Notter

Spanien / Spain — 16/17
Irene Poza Casado

Tschechien / Czech Republic — 18/19
Jiří Novák

Deutschland / Germany — 20/21
Joachim Zeller

Messpraxis — 23
Measurement in practice

Luftdichtheits-Messung von Hochhäusern — 24
Measurement of airtightness in high-rise structures — 25
Søren Peper, Jürgen Schnieders (D)

Praxisbericht über Luftdurchlässigkeitsmessungen an Verbrauchermärkten und Bürogebäuden — 26
Report on air permeability measurements in consumer markets and office blocks in actual practice — 27
Torsten Bolender (D)

Messung an Mehrfamilienhäusern – Stichprobenmessung und interne Leckagen — 28
Measurement at multi-family dwellings – spot-check measurements and internal leakages — 30
Andreas Kaschuba-Holtgrave, Angela Rohr, Stefanie Rolfsmeier, Oliver Solcher (D)

Herausforderung sehr dichte Gebäude und Wohnungen zu messen — 32
The challenge of measuring highly leaktight buildings and apartments — 33
Stefanie Rolfsmeier (D)

Beurteilung der Dauerhaftigkeit der Luftdichtigkeit in Passivhäusern durch wiederholte Prüfungen — 34
Assessment of durability of airtightness in passive houses through recurring testing — 35
Jiří Novák (CZ)

Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Bauteilen — 36
Determination of the air permeability of structural components in situ — 37
Martin Prignon, Arnaud Dawans, Geoffrey van Moeseke (B)

Thermografie und Übergangswiderstände – unterschätzte Einflussfaktoren — 38
Thermography and transfer resistances – influencing factors that are underestimated — 39
Benjamin Standecker (D)

Lüftung — 41
Ventilation

Überholung des Lüftungssystems in einem nicht normgerecht abgedichteten Gebäude — 42
Feedback on full ventilation system reconditioning in a non-standard sealed building — 43
Fabrice Richieri, Bassam Moujalled (F)

DIN 1946-6 und die Fensterlüftung — 44
DIN 1946-6 and window ventilation — 45
Oliver Solcher (D)

Häufige Planungs- und Ausführungsfehler bei Lüftungssystemen – Praxisbericht 46
Most frequent planning and installation errors in ventilation systems – report on actual practice 47
Theo Reuter (D)

Dichten und Kleben 49
Sealing and Bonding

Klebetechnik endlich geregelt: DIN 4108-11 50
Adhesives are finally regulated: DIN 4108-11 51
Stefan Hückstädt, Michael Förster (D)

Besonderheiten der Luftdichtung bei historischen Holzbauten 52
Special features of air sealing in historical timber constructions 53
Thomas Runzheimer (D)

Schnittstelle luftdichte Anschlüsse in der Elementierung 54
Airtight interface connections in the elements 55
Helmut Schuler (D)

Leckstellen in der Gebäudehülle 57
Leakages in the building envelope

Wenn luftdicht alleine nicht reicht: Bauschäden durch Flankenkonvektion 58
When airtightness alone is not enough: Structural damage due to flank convection 59
Michael Wehrli (CH)

Luftströme und Feuchtequellen in Leichtbaukonstruktionen 60
Airflows and moisture sources in lightweight wall structures 61
Hartwig M. Künzel, Philipp Kölsch, Daniel Zirkelbach (D)

Nachbesserungsforderung? – Feuchterobuste und feuchtesensible Konstruktionen 62
Claims for rectification? – Moisture-resistant and moisture-sensitive structures 63
Wilfried Walther (D)

Technisches Anforderungsniveau an die Vermeidbarkeit von Leckagen 64
Technical requirement level for the preventability of leakages 65
Klaus Vogel (D)

Der werkvertragsrechtliche Streit um die Luftdichtheit der Gebäudehülle – Bestandsaufnahme im Frühjahr 2019 66
The dispute over the airtightness of the building envelope under the terms of the contract for work and services – appraisal in spring 2019 67
Ulf Köpcke (D)

Aussteller 69
Exhibitors

Berichte aus den Ländern zum Status quo der nationalen Anhänge der ISO 9972

Reports from various countries on the status of the national annexes of ISO 9972

Die neue ISO 9972 und ihre Verwendung in Dänemark

Lars Due

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

Vor ungefähr einem Jahr wurde dem Zertifizierungsausschuss folgendes Schreiben vorgelegt, auf das jedoch bislang keine Antwort erfolgt ist. Einer unserer Kritikpunkte ist insbesondere das Problem mit dem Druck, also, bei wie viel Pascal die Messung beginnen soll. Dennoch ist es bisher nicht gelungen, eine vernünftige Erklärung für diese Änderung zu finden.

Sehr geehrte Ausschussmitglieder zur ISO 9972,

ich vermisse eine Erklärung dafür, warum Vorgaben der EN 13829 bei der ISO 9972 geändert wurden.

Die DS 13829 schreibt vor, dass der Test innerhalb eines Druckbereichs von 25 bis max. 90 Pa durchzuführen ist (zur Vermeidung von Gebäudeschäden werden 90 – 100 Pa empfohlen), empfiehlt aber dennoch, den Test im höheren Bereich auszuführen, da so die Genauigkeit erhöht würde, was sich mit den praktischen Erfahrungen decken würde. Im Abschnitt 5.3.4 müsste die minimale Druckdifferenz min. 10 Pa oder das Fünffache des Basisdrucks von 25 Pa betragen. Beginnt man z. B. mit 35 Pa als niedrigstem Druck, werden die Bedingungen erfüllt. Gemäß der Änderung in der ISO 9972 soll der Anfangsdruck nun ungefähr bei 10 Pa oder dem Fünffachen des Basisdrucks liegen. Wie in der vorherigen Version schreibt die Norm auch vor, dass die Messung mit steigendem Druck besser würde, was im Widerspruch zu einem Anfangsdruck von 10 Pa steht.

Beispiel:
Wir haben eine geringfügig exponierte Position an einem windigen Tag mit ca. 6 m/s und einem dynamischen Winddruck. Wir können sehen, dass der Basisdruck von maximal 5 Pa in Ordnung ist und messen 4,99 Pa, d.h. die ISO 9972 besagt, dass wir bei ca. 25 Pa beginnen sollten. Die Intervalle sollten bei ca. 5 Pa liegen, d.h. ich führe den Test bei 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 Pa durch. Acht Messpunkte erfüllen die Bedingungen zur Zufriedenheit. Wenn Windböen um das Gebäude auftreten, wird der Außendruck um ± 5 Pa variieren, d.h. bei 25 Pa liegt die tatsächliche Druckdifferenz während der Messung zwischen 20 und 30 Pa. Die prozentuale Abweichung beträgt dann ungefähr 17 %. Wenn wir stattdessen bei 45 Pa beginnen, liegen die Schwankungen zwischen 40 und 50 Pa. Die prozentuale Abweichung beträgt jedoch nur 10 %, was letztlich bedeutet, dass hoher Druck Windböen besser absorbieren kann.

Mathematiker sagen, dass mathematisch und statistisch gesehen bei einer Regressionslinie gleich viele Messpunkte auf jeder Seite der Referenz sein sollten. Wird jedoch in der Praxis ein neues Haus an einer windigen Stelle erbaut, ergeben sich sehr viel präzisere Messungen in einem höheren Messbereich. Die kleine Änderung von der DS 13829 zur ISO 9972, bei der ein Mindestwert in einen geschätzten Anfangswert geändert wurde, bedeutet, dass alle Messungen etwas ungenauer sein werden, als dies nötig wäre. Tatsächlich ist es nun schwierig, eine akzeptable Messung zu erzielen, wenn man bei solch geringen Drücken (10 Pa) beginnt.

Ich möchte zu diesem Punkt eine Normabweichung in Dänemark erzielen. Am besten wäre es natürlich, die Norm als solche zu ändern. Mir ist bewusst, dass meine Kollegen in Deutschland sich mit dem gleichen Problem befasst haben. Ich weiß jedoch nicht, ob der deutsche Normenausschuss sich inzwischen bewegt hat. Meine deutschen Kollegen stimmen jedoch völlig mit meinen Überlegungen überein.

Sollte der Ausschuss eine vernünftige Erklärung für die Änderungen haben, würde ich sie gerne hören und werde meine Meinung überdenken, falls dies Sinn macht.

Im Namen aller Personen und Unternehmen in Dänemark, die BlowerDoor-Tests durchführen.

The new ISO 9972 and use in Denmark

Lars Due,

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

For approx. a year ago, the following was submitted to the Certification Committee, and no response is still seen. Especially the problem of the pressure at which Pa the measurement should start is seen as a criticism, and yet it has not been possible to find a reasonable explanation for the change.

Dear committee at ISO 9972,

I miss an explanation, of the change that came from EN 13829 to ISO 9972

DS 13829 says the pressure on the test is to be carried out in the range 25 to max. 90 Pa (the 90-100 Pa is a recommendation to not damage the buildings), but it says, that the test is recommended to run at the high end, as it will increase accuracy, which fits well with practical experiences. At point 5.3.4, the minimum pressure difference must be min. 10 Pa or 5 times the baseline pressure i.e. 25 Pa, for example, started at 35 Pa as the lowest pressure, the conditions were met. Change in ISO 9972 says that the starting pressure should be approx. 10 Pa or 5 times baseline. But the standard also says, like the old, that the higher the pressure the better measurement and it is directly contrary to starting at 10 Pa.

Example:
We have a little exposed position and a windy day about 6 m/s and with some dynamic wind pressor. We see that the baseline of max 5 Pa is ok, measure 4.99 Pa, i.e. ISO 9972 says we should start about 25 Pa. The interval should be approx. 5 Pa, i.e. I test at 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 Pa. Eight measuring points meet the conditions fine. If you have wind gusts around the building, the outside pressure will vary between ± 5 Pa, i.e. that's means, at 25 Pa the actual pressure difference is between 20 and 30 Pa during the measurement, the percentage variation is then becoming approximately 17 %. Instead, we choose to start at 45 Pa, then we get fluctuations between 40 and 50 Pa. But the percentage variation is only 10 %, is said in another way, a high pressure can better absorb the gusts.

Looking at it mathematically and statistically, mathematicians say that by a regression line there should be as many measurement points at both sides of the reference, but in practice where a new house is built in a windy place, it means, that the measurements become much more accurate, at a higher measuring range. So the little change from DS13829 to ISO 9972 where a min. has changed to approx. initial value, means that all measurements will be slightly more inaccurate than necessary. And it's actually difficult to get an acceptable measurement through, when you start down at such low pressures (10 Pa).

I want to start a standard deviation on this point in Denmark, but the best thing was of course that we got changed the standard. I am aware that my colleagues in Germany have been working on the same problem, but I do not know if the German standardization committee has moved on, but my German colleagues fully agree with my consideration.

If the committee has some reasonable explanation for the changes, then I would like to hear it, and will evaluate my opinion on this point, if it makes sense.

On behalf of people and companies in Denmark who perform BlowerDoor test.

Anforderungen an die Luftdichtheit in Frankreich – Messungen nach EN ISO 9972

Adeline Mélois

Cerema

Die geltende Energieeinsparverordnung mit der Bezeichnung „RT 2012" (Wärmeverordnung, französisch: Réglementation thermique) gibt für die Außenhüllen von Wohngebäuden folgende Werte für die maximale Luftdichtheit[1] vor: 0,6 $m^3.h^{-1}.m^{-2}$ für Einfamilienhäuser und 1 $m^3.h^{-1}.m^{-2}$ für Mehrfamilienhäuser. Die Einhaltung dieser Anforderungen ist entweder mit einem Luftdichtheitstest für jedes Gebäude oder durch den Einsatz eines zertifizierten Qualitätsmanagements zur Sicherstellung der Luftdichtheit des Gebäudes zu belegen. In beiden Fällen sind die Luftdichtheitstests durch einen Dritten durchzuführen, der durch die Zertifizierungsstelle Qualibat entsprechend dazu qualifiziert wurde. Die Tests sind nach EN ISO 9978 und der französischen Anleitung FD P50-784 durchzuführen.

Die FD P50-784 enthält Anforderungen zu folgenden Punkten in der ISO 9972:

- Kalibrierungsvorschriften: Die französische Anleitung enthält Frequenzen für die Kalibrierung von Messgeräten:
  - Alle Geräte außer zur Messung des Luftstroms: Anforderungen zum Kalibrierungsbereich, dem Verfahren, der Mindestfrequenz und der zugelassenen, äußersten Abweichung (Fehlergrenze);
  - Luftstrom: Unterschiedliche Anforderungen für die Kalibrierung des gesamten Geräts oder Teile dessen.
- Gebäudepräparation: Bei der Gesamtenergieeffizienz-Berechnung ist die Methode 3 für die Bestimmung des $Q_{4Pa\text{-}surf}$ verpflichtend. Lüftungsöffnungen müssen abgedichtet, geschlossen oder unberührt bleiben, je nachdem, wie sie bei der Berechnung zur Gesamtenergieeffizienz berücksichtigt werden.
- Regeln für Probenahmen bei Wohngebäuden:
  - Häuser: 3+50% der verbleibenden Häuser sind zu messen. Die Häuser sind nach den Vorgaben der FD P50-784 auszuwählen;
  - Mehrfamilienhäuser: Je nach Gebäudegröße sind entweder 3 oder 6 Wohnungen zu messen. Die Wohnungen sind nach den Vorgaben der FD P50-784 auszuwählen.
- Messung nach Bereich;
- Zeitpunkt der Messung;
- Windgrenzwert.

[1] Luftwechselrate von 4 Pa geteilt durch die Hüllfläche ohne die unterste Etage

Airtightness requirements in France – Measurements performed according to EN ISO 9972

Adeline Mélois

Cerema

The current French EP regulation called "RT 2012" imposes a maximum airtightness level[2] of residential buildings envelope: 0.6 $m^3.h^{-1}.m^{-2}$ for single-family houses and 1 $m^3.h^{-1}.m^{-2}$ for multi-family buildings. The respect of these requirements must be justified either with an airtightness test of each building or by the application of a certified quality management approach on the building airtightness. In both cases, airtightness tests must be performed by a third-party tester, qualified by the certification body, Qualibat. Tests have to be performed according to the EN ISO 9978 and the French guide FD P50-784.

The FD P50-784 includes requirements regarding the following items of the ISO 9972:

- Calibration rules: the French guide gives frequencies for calibration for measuring devices:
  - Others than airflow: requirements regarding calibration range, procedure, minimal frequency, and Maximal Permissible Error;
  - Airflow: different requirements for calibration of the complete apparatus or for calibration by parts.
- Building preparation: method 3 is mandatory for the determination of the $Q_{4Pa\text{-}surf}$ in the EP-calculation. Ventilation openings have to be sealed, closed or not modified depending on how they are taken into account in the EP-calculation.
- Sampling rules for residential buildings:
  - For houses: 3+50 % of the rest has to be measured and the choice of these houses is imposed in the FD P50-784 ;
  - For multi-family buildings: either 3 or 6 measured apartments, depending on the size of the building. The choice of these apartments is imposed in the FD P50-784.
- Measurement by zone;
- Time of measurement;
- Limit of wind velocity.

[2] airflow rate at 4 Pa divided by envelope surface area excluding lowest floor

Nationaler Anhang Österreich

Michael Pils

Sachverständigenbüro Bau, Haus und Garten

Welche Gebäudepräparation wird empfohlen (Methode 1, 2, 3)?

Für die Methoden 1 und 2 gilt der Nationale österreichische Anhang zur ISO 9972 Seite 6, Punkt 6.3 Tabelle 1. Für die Methode 3 gibt es keine Verweise im nationalen Anhang; hier gilt ISO 9972.

Falls Methode 3, gibt es eine Checkliste? Interessant ist die Frage nach Einbauten in die Gebäudehülle wie z.B. Briefkasten, Fensterfalzbelüftung, WC-Ventilatoren, Brandschutzklappen?

Es gibt keine Checkliste für die Methode 3.

Gibt es abweichende Definitionen zum Messzeitpunkt (5.1.3)? Darf evtl. auch schon vor der endgültigen Fertigstellung gemessen werden?

Zum Messzeitpunkt gibt es keine abweichenden Definitionen.

Sind „Sonderfälle“ in der Volumen- und der Hüllflächenberechnung geklärt?

Das Volumen und die Hüllfläche werden nach den Vorgaben der ISO 9972 berechnet, die Nettogrundfläche nach der ÖNORM B1800.

Werden Hinweise bei einer Einzelraum-Messung (Zonenmessung) gegeben?

Zur Einzelraum-Messung werden keine nationalen Besonderheiten definiert.

Wird eine Messfehlerberechnung anders als in der ISO 9972 empfohlen?

Keine abweichende Messfehlerberechnung.

Gibt es besondere Regularien bei Messung sehr großer Gebäude? Eine Stichprobenmessung evtl. oder eine Zonenmessung, …?

Hierzu existiert eine generelle Anleitung zur Berechnung der Anzahl der Stichproben, diese gilt aber für alle Gebäude; für große Gebäude gibt es keine gesonderte Regelung.

Sind nationale Grenzwerte definiert (welche Werte?) unter Berücksichtigung der Gebäudepräparation?

Es gilt grundsätzlich laut Bauordnung:
- bei Fensterlüftung LWR 3,0 h^{-1}
- bei kontrollierter Lüftungsanlage LWR 1,5 h^{-1}
- beim Passivhaus LW 0,6 h^{-1}.

In den einzelnen Bundesländern existieren unterschiedliche Förderrichtlinien mit teilweise niedrigeren LWR; in Niederösterreich z. B. LWR 1,0; grundsätzlich ist der Luftwechsel bei Gebäuden mit Lüftungsanlage im Energieausweis angeführt, dieser Wert ist zwischen 0,6 und 1,5 und gilt dann für den BlowerDoor-Test. Es gilt immer die strengere Anforderung, d. h. wenn der Energieausweis strenger ist als die Bauordnung, dann gilt der Wert im Energieausweis.

National annex Austria

Michael Pils

Sachverständigenbüro Bau, Haus und Garten

What is recommended in the way of building preparation (methods 1, 2, 3)?

For methods 1 and 2, the Austrian national annex to ISO 9972 page 6, Item 6.3, Table 1, applies. For method 3, there are no references in the national annex. In this case, ISO 9972 applies.

If method 3 is selected, is a checklist drawn up? Of interest is the issue of fixtures incorporated into the building envelope, like letterboxes, window rebate ventilation, WC fans and fire dampers.

There is no checklist for method 3.

Do definitions of the time of measurement diverge (5.1.3)? Is it also permissible to take measurements before completion of construction?

There are no deviating definitions for the time of measurement.

Have "special cases" been determined for calculating volumes and enveloping surfaces?

The volume and envelope area are calculated according to the requirements of ISO 9972 and the net floor area according to ÖNORM B1800.

Are instructions provided for individual room measurement (zone measurement)?

For single room measurement, there are no national characteristics.

Is a recommendation made for determining measuring errors that differs from ISO 9972?

No deviating calculation of measurement errors.

Are there special rulings for measuring very large buildings? Perhaps measurements on a random basis or zone measurement, etc.?

There are general instructions for calculating the number of samples, but they apply to all buildings. There is no separate regulation for large buildings.

Are national limit values defined taking into account building preparation and, if so, what are they?

According to the building code, the following generally applies:
- For window ventilation – LWR 3.0 h^{-1}
- For a controlled ventilation system – LWR 1.5 h^{-1}
- For a passive house – LWR 0.6 h^{-1}.

The individual federal states have different funding guidelines, sometimes with a lower LWR. In Lower Austria, for example, the value is LWR 1.0. Basically, the air exchange for buildings with a ventilation system is cited on the energy certificate. This value is between 0.6 and 1.5 and is then applied to the BlowerDoor test. The stricter requirement is always the one that applies, meaning that if the energy certificate is stricter than the building code, the value on the energy certificate applies.

Richtlinie Luftdichtheit bei Minergie-Bauten (RiLuMi 2018)

Gregor Notter

Hochschule Luzern –Technik & Architektur, Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE,
Forschungsgruppe Qualität in Planung und Bau, Technikumstrasse 21, 6048 Horw, Schweiz
Telefon direkt +41 41 349 33 58, gregor.notter@hslu.ch

Die Situation in der Schweiz ist die folgende:
Weder im eidgenössischen Energiegesetz noch in den kantonalen Energiegesetzen / Energieverordnungen wird eine gesetzliche Messung der Luftdichtheit vorgeschrieben. Als Stand der Baukunst gelten die aktuellen Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA). In der SIA-Norm 180, Ausgabe 2014, sind Anforderungen an die Luftdichtheit mit Grenz- und Zielwerten definiert. Die Grenzwerte sind bei einer fakultativen Messung einzuhalten, die Zielwerte sollen angestrebt werden. Die SIA-Norm 180 bezieht sich auf die ISO 9972, 2006.

Der Verein Minergie verlangt schon seit der Einführung der beiden Gebäudestandards Minergie-P (2003) und Minergie-A (2011), dass die Anforderung an die Luftdichtheit durch Messung nachgewiesen werden muss. In der ersten Ausgabe der Richtlinie (2007) wurden die Messpraxis, die Messbedingungen und die einzuhaltenden Grenzwerte festgelegt. Mit der Überarbeitung 2018 wurde die Richtlinie an die ISO-Norm 9972, 2015, angepasst und erweitert mit Anforderungen an das Luftdichtheitskonzept.

Minergie definiert, dass bei Wohnbauten jede Nutzungseinheit (Wohnung) als einzelne Messzone betrachtet wird und den Grenzwert q_{E50} einhalten muss. Bei Zweckbauten (Nicht-Wohnbauten) ist die Definition der Messzone schwieriger und abhängig vom Baufortschritt. Bei Stockwerkeigentum oder klar definierten Nutzungseinheiten sind diese als Messzone zu betrachten. In anderen Fällen kann das ganze Gebäude, Gebäudeteile / -flügel, ganze Geschossflächen, unterschiedliche Nutzungszonen (z. B. Restaurant, Küche, Raucherraum) oder einzelne Fassadenbereiche mit unterschiedlichen Konstruktionen gemessen werden. Dabei können weitere Messungen wie Thermografieaufnahmen, Ein-Punkt-Messungen bei kritischen Bauteilen und weitere Messungen verlangt werden.

Die Richtlinie ist öffentlich zugänglich und kann unter folgenden Link heruntergeladen werden:
https://www.minergie.ch/de/zertifizieren/minergie-p/,
unter Arbeitsdokumente, Kapitel Luftdichtheit.

Directive on the Airtightness of Minergie Buildings (RiLuMi 2018)

Gregor Notter

Hochschule Luzern –Technik & Architektur, Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE,
Forschungsgruppe Qualität in Planung und Bau, Technikumstrasse 21, 6048 Horw, Switzerland
phone +41 41 349 33 58, gregor.notter@hslu.ch

The situation in Switzerland is as follows:
Neither the Swiss Energy Act nor cantonal energy acts/energy regulations stipulate a legal measurement of airtightness. The current standards of the Swiss Engineers and Architects Association (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, SIA) are the latest standard for architecture. The 2014 edition of SIA Standard 180 defines requirements for airtightness with limit and target values. The limit values are to be complied with in a voluntary measurement. The target values are objectives to be pursued. SIA Standard 180 relates to ISO 9972, 2006.

The Minergie Association has been requiring that airtightness be proven through measurement since the introduction of the two building standards Minergie-P (2003) and Minergie-A (2011). The first edition of the directive (2007) defined the measurement practice, measurement conditions and limit values to be fulfilled. With the 2018 revision, the directive was adapted to the ISO 9972:2015 standard and requirements for the airtightness concept were added.

For residential buildings, Minergie stipulates that each utilization unit (apartment) must be regarded as an individual measurement zone and must conform to the limit value q_{E50}. In the case of functional buildings (non-residential buildings), the measurement zone is more difficult to define and depends on the construction progress. Condominiums or clearly defined utilization units are to be considered as measurement zones. In other cases, entire buildings, parts of buildings/wings, entire floors, different usage zones (e.g. restaurant, kitchen, smoking room) or individual facade areas with different designs can be measured. In these cases, additional measurements such as thermographic images, single-point measurements of critical building sections, etc. may be required.

The directive is publicly accessible and can be downloaded from the following site:
https://www.minergie.ch/de/zertifizieren/minergie-p/,
under “Arbeitsdokumente” - “Luftdichtheit” (available in German, French and Italian only).

Der Fall Spanien

Irene Poza Casado

RG Architecture & Energy, Universidad de Valladolid

Obwohl die Bestimmung der Luftdurchlässigkeit entscheidend für eine bessere Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden ist, hat Spanien bislang keine Grenzwerte für die Luftdichtheit festgelegt. Die spanischen Bauvorschriften sind in der Nationalen Bauordnung (CTE) aufgeführt, die erstmals 2006 erlassen und seitdem mehrmals aktualisiert wurde.

Luftdichtheit sollte von zwei Seiten gesehen werden. Einerseits in Bezug auf ihren Energieeinsatz und andererseits in Bezug auf ihren Beitrag zur Belüftung, Heizung und zum Behaglichkeitsgefühl bei den Bewohnern. Die im Grundlagendokument DB HE 1 des CTE enthaltenen Berechnungen für Grenzwerte des Energiebedarfs (2017) berücksichtigen nicht die gesamte Luftdichtheit. Es gibt daher kein standardisiertes Messverfahren für die Luftdichtheit, das für die Rechtfertigung dieses Dokuments in Betracht zu ziehen wäre. Andererseits enthält es Grenzwerte für die Luftdurchlässigkeit von Fenstern in Abhängigkeit von der Klimazone. Das Grundlagendokument DB HS 3 zur Raumluftqualität (2017) des CTE legt bestimmte Belüftungsanforderungen und -verfahren fest, um eine angemessene Raumluftqualität sicherzustellen. Die entsprechende Filterfläche kann als Teil der Zuluftöffnung angesehen werden, dennoch muss die entsprechende Einschätzung belegt werden. Das Dokument führt jedoch nicht aus, welche Methode anzuwenden ist. Da man jedoch während der Planungsphase Nachweise benötigt, scheinen Drucktests zu diesem Zeitpunkt keine Option zu sein.

Für 2019 erwartet man, dass das CTE eine aktualisierte Version herausgeben wird. Obwohl Maßnahmen ergriffen worden waren, Niedrigstenergiegebäude (nZEB) nach der Europäischen „Richtlinie 2018/844 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ zu errichten, wird eine Aktualisierung zur Luftdichtheit nicht erwartet.

Es ist daher wichtig, festzustellen, dass von regulatorischer Seite her bislang keine Protokolle für das Messen der Gebäude-Luftdichtheit mittels des Differenzdruckverfahrens umgesetzt wurden. Dennoch führen Baufirmen Tests zur Einhaltung bestimmter Energieprogramme (Passivhaus, BREEAM, LEED, etc.) durch, um die Bauqualität sicherzustellen. Oder sie nutzen diese Programme als Diagnoseinstrument für Gebäude mit einer schlechten Energiebilanz oder vor einer Nachrüstung.

Die derzeit gültige Version der nationalen Norm mit einer Beschreibung des Differenzdruckverfahrens (UNE-EN 13829) ist eine veraltete Adaption der ISO 9972. Obwohl die Tests nicht durchgeführt werden müssen, scheint eine Aktualisierung basierend auf der letzten Version der ISO 9972 des Jahres 2015 zur Durchführung von Tests mit einheitlichen Kriterien notwendig zu sein.

The case of Spain

Irene Poza-Casado

RG Architecture & Energy, Universidad de Valladolid

Even though air leakage assessment is key towards a better energy performance of buildings, Spain has still not established limitations regarding airtightness. National building regulations in Spain are gathered in the National Building Code (CTE), which was first released in 2006 and updated several times so far.

Airtightness should be considered from two points of view. On the one hand, regarding its energy impact and, on the other hand, regarding its contribution to ventilation, health and comfort of occupants. DB HE 1 on limitation of energy demand (2017) from CTE does not take into account global airtightness. Therefore, there is no standardised procedure for airtightness measurement to be considered for the justification of this document. However, there is a limitation on the permeability of windows depending on the climate zone. DB HS 3 on Indoor air quality (2017) from CTE implements specific ventilation requirements and proceedings to ensure adequate indoor air quality. The equivalent infiltration area can be considered as part of the ventilation inlet area, but it is necessary to justify its estimation. However, the document does not clarify which method should be employed. Since justification is needed during design stage, implementation of pressurization tests does not seem to be an option at this point.

A new update of CTE is expected to be released in 2019. Although measures are taken to implement nZEB following European Directive 2018/844 on the energy performance of buildings and energy efficiency, no update regarding airtightness is expected.

Therefore, it is important to note that no protocols for the determination of air permeability of buildings by means of the fan pressurization method have been implemented so far from a regulatory point of view. However, tests are performed to comply with specific energy programms (Passivhaus, BREEAM, LEED, etc.), by constructors who wish to ensure the quality of construction or as a diagnosis tool in case of poor energy performance of the building or before retrofitting actions.

The current version of the national document that describes the fan pressurization method (UNE-EN 13829), is an outdated adaption of ISO 9972. Although test performance is not required according to regulations, it seems that an update is needed according to the last version of ISO 9972 of 2015, so that tests are performed with unified criteria.

Umsetzung der EN ISO 9972 in der Tschechischen Republik

Jiří Novák, PhD, Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University

Die Anforderungen an die Luftdichtheit von Gebäudehüllen wurden im Jahr 2002 in die nationale Norm ČSN 73 0540-2 überführt. Bislang musste kein Nachweis über die Erfüllung der Anforderungen erbracht werden. Dieser Nachweis sollte durch Tests nach der tschechischen Norm ČSN EN ISO 9972 erfolgen (die Norm wurde 2016 erlassen und 2017 in das Tschechische übersetzt). Die Norm ČSN 73 0540-2 gibt allerdings nur die Anforderungen vor, enthält aber keine weiteren Informationen über den Zeitpunkt des Tests, der Gebäudepräparation oder sonstige Hinweise außerhalb des Anwendungsbereichs der ČSN EN ISO 9972.

2009 wurde das Energieeinsparprogramm „Green Savings“ ins Leben gerufen. Im Rahmen dieses Energieeinsparprogramms sind Passivhäuser sowie nachgerüstete, mit Belüftungssystemen und Wärmerückgewinnung ausgestattete Gebäude nach der ČSN EN ISO 9972 zu testen, um Subventionen zu erhalten. Zu diesem Zweck wurde das Dokument „Methodisches Vorgehen für Luftdurchlässigkeitstest an Gebäudehüllen“ als Anhang zur ČSN EN ISO 9972 ausgearbeitet, um irreführende Interpretationen unklarer oder mehrdeutiger Anweisungen in der ČSN EN ISO 9972 zu vermeiden. Das Dokument führt folgende Punkte detailliert aus:

- Zu untersuchender Gebäudeteil (Testen einzelner Gebäudeteile statt des Gesamtgebäudes ist erlaubt, wobei hierfür die in der TNI 73 0330 aufgeführten Verfahren empfohlen werden)
- Zeitpunkt der Messung (Tests vor Fertigstellung des Gebäudes sind erlaubt)
- Zustand des Gebäudes zum Zeitpunkt der Tests (eine Liste mit zu erfüllenden Bedingungen ist abzuarbeiten, wenn das Gebäude vor seiner Fertigstellung getestet wird)
- Gebäudepräparation (Methode 3 wird gemäß ČSN EN ISO 9972 vorgegeben, ferner ist eine Liste der Öffnungen und deren Präparation beigefügt)
- Anforderungen an das Messgerät (Druckmesser sind jedes Jahr zu kalibrieren, die Kalibrierung von Strömungsmessern ist nicht erforderlich)
- Position des Messgeräts (vorzugsweise sollte das Gerät in die luftdichteste Öffnung der Gebäudehülle eingesetzt werden; wenn möglich, jedoch nicht in die Eingangstür)
- Berechnung des Referenzwerts (Luftwechselrate von 50 Pa, n_{50} dient als Luftdichtheits-Kennziffer, daher werden detaillierte Regeln für die Berechnung des Luftvolumens beigefügt)
- Testverfahren (zusätzlich zum Anwendungsbereich der ČSN EN ISO 9972 sind ergänzende Anleitungen für das Testverfahren vorhanden)
- Testbericht (in einer vorgeschriebenen Tabellenblattvorlage)
- Schutz der Luftdichtheitsschicht (wird das Gebäude vor seiner Fertigstellung getestet, sind Präventionsmaßnahmen zu treffen, um Beschädigungen der Luftdichtheitsschicht in den nachfolgenden Bauphasen zu vermeiden)

Zusätzlich zu den oben genannten Dokumenten definiert die vorläufige Norm TNI 73 0330 seit 2009 Testverfahren für Mehrfamilienhäuser. Ein Mehrfamilienhaus kann als Ganzes getestet werden. Möglich ist auch das separate Testen des Wohnbereichs (falls die Gebäudeteile unterschiedlichen Zwecken dienen) oder einzelner Wohnungen. Der Standard definiert Regeln zur Probennahme, wenn einzelne Wohnungen getestet werden, sowie Verfahren für den Nachweis der Regelkonformität, wenn die einzelnen Testergebnisse mit einem geforderten Wert verglichen werden müssen, der für das Gesamtgebäude gilt.

Im März 2019 begann die Revision der Norm ČSN 73 0540-2. Eine Änderung der geltenden Luftdichtheitsanforderungen ist derzeit nicht beabsichtigt, es werden jedoch etliche Optionen für eine Änderung diskutiert, die eine verlässlichere Bewertung der Luftdichtheit für sehr große Gebäude enthalten soll (bei sehr großen Gebäuden kann man selbst mit einer Gebäudehülle schlechter Qualität zufriedenstellende Werte von n 50 erzielen. Dieser Wert wird in der jetzigen Fassung der Norm als Kennwert angegeben). Außerdem sollen die in verschiedenen Dokumenten enthaltenen und oben erwähnten ergänzenden Anleitungen zur ČSN EN ISO 9972 gesammelt, aktualisiert und in einem allgemein gültigen Dokument veröffentlicht werden, auf das dann die ČSN 73 0540-2 verweisen wird.

Implementation of the EN ISO 9972 standard into the Czech Republic

Jiří Novák, PhD

Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University

The requirements concerning airtightness of the building envelope were introduced into the national standard ČSN 73 0540-2 in 2002. Until now the proof of compliance has not been mandatory. The compliance should be checked by means of testing according to the ČSN EN ISO 9972 standard (introduced in 2016 and translated into the Czech language in 2017). However, the ČSN 73 0540-2 standard only sets the requirements but gives no further information about the time of test and the building preparation or other guidance beyond the ČSN EN ISO 9972 standard.

In 2009 the energy performance programme Green savings was launched. In the framework of this EP programme, the airtightness of new passive houses and refurbished buildings equipped with ventilation systems with heat recovery must be tested according to the ČSN EN ISO 9972 standard in order to obtain the financial subsidies. For this purpose, a document called Methodical directive for air permeability testing of building envelopes was elaborated as a supplement to the ČSN EN ISO 9972 standard in order to avoid misleading interpretation of unclear or ambiguous instructions in the ČSN EN ISO 9972. The document specifies in detail:

- measured extent (testing of individual parts of the building instead of the whole building is allowed, procedures according to the TNI 73 0330 are recommended for this purpose)
- the time of measurement (testing before the completion of the building is allowed)
- state of the building at the moment of testing (a list of specific conditions which have to be fulfilled if the building is tested before its completion)
- building preparation (Method 3 according to the ČSN EN ISO 9972 is prescribed, a detailed list of the openings and their preparation is provided)
- requirements on measuring device (yearly calibration of manometers is prescribed, calibration of air flow measuring devices is not prescribed)
- position of the measuring device (preferentially, the device should be fitted into the most airtight opening in the building envelope; if possible, fitting into the entrance door should be avoided)
- calculation of the reference value (the air change rate at 50 Pa, n_{50} is used as airtightness indicator, therefore detailed rules for calculation of the internal volume are provided)
- test procedure (for selected steps of the testing procedure, supplementary instructions beyond ČSN EN ISO 9972 are provided)
- test report (a prescribed spreadsheet template of the test report must be used)
- protection of the air barrier system (if the building is tested before its completion, preventive measures have to be taken in order to avoid the air barrier system damage during the subsequent construction phases)

In addition to the documents mentioned above, since 2009 the preliminary standard TNI 73 0330 defines testing procedures for multifamily residential buildings. A residential building can be tested either as a whole, or the residential part can be tested separately (if e.g. it is composed of different parts serving for different use), or it can be tested by apartments. The standard defines sampling rules for the apartments to be tested separately as well as procedures for the justification of compliance with requirements if the individual test results have to be compared with a single required value which is valid for the building as a whole.

In March 2019, the revision of the ČSN 73 0540-2 standard started. It is not intended to change the current level of airtightness requirements, but several options of amendment introducing more reliable evaluation of airtightness of very large buildings are currently under discussion (in case of very large buildings, even with poor quality of the building envelope, it is possible to obtain satisfactory values of n_{50} which is used as indicator in the current version of the standard). Besides, all the existing supplementary guidelines to ČSN EN ISO 9972 dispersed in different documents mentioned above, should be collected, updated and published as a single document generally valid, referenced in the ČSN 73 0540-2 standard.

Nationaler Anhang Deutschland der DIN EN ISO 9972

Dipl.-Phys. Joachim Zeller

Ingenieurbüro Zeller, Am Schnellbäumle 16, 88400 Biberach, Deutschland
T: +49 7351 14783, F: +49 7351 1997170, joachim.zeller@t-online.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung
Ein Verfahren zur Gebäudepräparation für Luftdichtheitsnachweise nach öffentlich-rechtlichen Anforderungen sollte in einer Norm definiert werden. Das Messergebnis sollte ohne rechnerische Korrekturen direkt in die Energiekennwertberechnung nach DIN V 18599 übernommen werden können. Checklisten in der Norm sollten die früheren Veröffentlichungen zu Auslegungsfragen weitestgehend unnötig machen.

Methode der Herangehensweise
Das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und der Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. (FLiB) waren maßgeblich in die Normungsarbeit eingebunden.

Inhalt des Vortrags
Der nationale Anhang präzisiert die Anforderung an den Messzeitpunkt: Die luftdichte Hülle einschließlich aller Durchdringungen muss fertiggestellt sein.
Zur Gebäudepräparation wird das (nationale) Verfahren 3 definiert, bei dem absichtlich vorhandene Öffnungen so vorbereitet werden, dass das Messergebnis in die Infiltrationsberechnung nach DIN V 18599 übernommen werden kann. In drei Tabellen wird die Vorbereitung der verschiedenen Bauteile und Öffnungen beschrieben, ähnlich wie bisher in den Checklisten des FLiB. Weiterhin wird festgelegt, dass immer eine Unter- und eine Überdruckmessung durchzuführen ist.
Da das "Innenvolumen" im Hauptteil der ISO 9972 anders definiert ist als in EN 13829 und in DIN V 18599-2, definiert der nationale Anhang das "Luftvolumen" als neue Bezugsgröße, die dem Innenvolumen der bisher gültigen EN 13829 entspricht. Auch andere Begriffe und Symbole unterscheiden sich zwischen ISO 9972 und EN 13829.
Im Hinblick auf große Gebäude und solche, in denen kein Luftverbund hergestellt werden kann, beschreibt die Norm verschiedene Varianten von abschnittsweisen Messungen ohne und mit Schutzdruck. Wichtig zu wissen: Schutzdruckmessungen sind somit ausdrücklich als Option erlaubt, aber in keinem Fall vorgeschrieben.
Für die Messung z. B. von Mehrfamilienhäusern mit Laubengangerschließung bietet der nationale Anhang eine Stichprobenmessung an und beschreibt die Berechnung der aus den Stichprobenmessungen abgeschätzten Luftdurchlässigkeit des Gesamtgebäudes.

Ergebnisse und Beurteilung
Die Messdienstleister und andere Beteiligte werden sich die vor allem im Hauptteil der ISO 9972 definierten geänderten Begriffe und Symbole aneignen müssen. Die Gebäudepräparation wird in einigen Fällen einfacher und besser kalkulierbar: So entfällt gegenüber dem Verfahren B der EN 13829 beispielsweise das wegen der schlechten Zugänglichkeit oft nur schwer zu realisierende provisorische Abdichten der Fahrschachtbelüftung von Aufzugsschächten.
Sinnvoll ist die Vorschrift, sowohl bei Unter-, als auch bei Überdruck zu messen, weil das Messergebnis genauer wird und bestimmte Fehler bei der Gebäudevorbereitung eher erkannt werden.

Schlussfolgerungen
Mit dem nationalen Anhang wird das oben genannte Ziel einer Harmonisierung von DIN V 18599-2 und DIN EN ISO 9972 erreicht. Somit kann das Messergebnis in die Energiekennwertberechnung einfließen und dient nicht nur der Klärung der Frage "bestanden" oder "nicht bestanden".

German national annex to DIN EN ISO 9972

Dipl.-Phys. Joachim Zeller

Ingenieurbüro Zeller, Am Schnellbäumle 16, 88400 Biberach, Germany
phone: +49 7351 14783, fax: +49 7351 1997170, joachim.zeller@t-online.de

Purpose of the work
A procedure for the preparation of buildings for airtightness checks in compliance with legal requirements was to be defined in a standard. It should be possible to transfer the measurement result directly into the energy performance calculation as specified in DIN V 18599 without making any mathematical corrections. Checklists in the standard should largely eliminate the need to consult previous publications on interpretation issues.

Method of approach
The Federal Office for Building and Regional Planning (BBR), the Federal Office of Economics and Export Control (BAFA) and the Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. (Airtightness in Building and Construction Association) (FLiB) were closely involved in the standardization work.

Content of the contribution
The German national annex precisely specifies the requirements regarding the time of measurement: The airtight envelope including all penetrations must have been completed.
With respect to building preparation, (national) procedure 3 is defined, in which intentionally existing openings are prepared in such a way that the measurement result can be transferred to the infiltration calculation according to DIN V 18599. The preparation of the various building elements and openings is set out in three tables, similar to the checklists of the FLiB.
Furthermore, it is specified that tests under depressurization and pressurization conditions must always be carried out.
Since the "internal volume" in the main section of ISO 9972 is defined differently than in EN 13829 and in DIN V 18599-2, the national annex defines the "air volume" as a new reference value which corresponds to the internal volume of the previous standard EN 13829. Other terms and symbols, too, differ between ISO 9972 and EN 13829.
For large buildings and those in which no airflow connections can be established, the standard describes various variants of measurements taken section by section with and without pressure regulation in adjoining sections. Important to know: Measurements taken with pressure regulation in adjoining sections are therefore expressly permitted as an option, but are not mandatory as such.
For conducting measurements at, for instance, multi-occupancy buildings with access via outdoor balconies, the German national annex provides for taking random measurements and describes how the air permeability of the entire building is calculated on the basis of these.

Results and assessment of their significance
Measurement service providers and other participants will have to adopt the amended terms and symbols defined in particular in the main section of ISO 9972. In some cases, building preparation becomes easier and calculation is facilitated: For example, compared to procedure B of EN 13829, temporary sealing of the lift shaft ventilation, which is often difficult due to poor accessibility, is no longer necessary. The requirement to measure at both negative and positive pressure is practical because the result is more accurate and certain errors in building preparation are more likely to be detected.

Conclusions
The German national annex achieves the above-mentioned aim of harmonizing DIN V 18599-2 and DIN EN ISO 9972. As a result, the measurement outcome can be used as an input to the energy performance calculation and serves for more than just answering the question of "passed" or "failed".

Ihre Notizen / your notes

Messpraxis

Measurement in practice

Luftdichtheitsmessung von Hochhäusern

Søren Peper [1], Dr. Jürgen Schnieders [2]

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

Ziel der Arbeit/Fragestellung
Klare und begründete Handlungsanweisungen für die Luftdichtheitsmessungen von Hochhäusern unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen der Gebäudehöhe.

Inhalt des Vortrags
Aufgrund der besonders starken Wind- und Thermikeinflüsse bei Hochhäusern müssen für Blower-Door-Messungen besondere Regeln berücksichtigt werden. Die Normen EN 13829 bzw. ISO 9972 geben dazu keine ausreichenden Hinweise. Mit dem Beitrag soll eine Hilfestellung zur Durchführung der Luftdichtheitsmessung von Hochhäusern gegeben werden.

In [Rolfsmeier/Simons 2017] sind praktische Erfahrungen aus einer Messung eines Hochhauses mit 16 Geschossen (Höhe ca. 60 m) geschildert. Dort zeigen sich der deutliche Windeinfluss sowie die ausgeprägte Auswirkung der Thermik mit einer natürlichen Druckdifferenz zwischen EG und 16. OG von etwa 30 Pa. Bei schlechten Windbedingungen sind die Druckverhältnisse uneindeutig. Die Messstellen sind, je nach Himmelsrichtung, unterschiedlich stark vom Wind beeinflusst.
Die günstigste Situation für eine Luftdichtheits-Messung von großen Gebäuden sind daher Windstille und eine geringe Temperaturdifferenz zwischen innen und außen. Da die Messung in den Bauablauf integriert werden muss, sind diese Bedingungen allerdings in der Regel nicht gegeben.

Der Einfluss von Temperaturdifferenz und Höhe des Gebäudes auf die Druckdifferenz zwischen unten und oben (Thermik) beträgt z. B. bei einem 80 m hohen Gebäude und einer Temperaturdifferenz von 15 K etwa 48 Pa. Es stellen sich damit Druckdifferenzen ein, welche für die Messung nicht mehr zu vernachlässigen sind. Mit dem Beispiel wird klar, dass die Anforderung der Normen, eine Abweichung der Druckdifferenz von 10 % innerhalb der Gebäudehülle nirgends zu überschreiten, auf keinen Fall einzuhalten ist.
Um dennoch eine Hochhausmessung durchführen zu können, werden praktische Hinweise für die Messung abgeleitet und vorgestellt. Es wird herausgearbeitet, wie vorgegangen werden sollte, wo die Gebläse positioniert werden können, welche Messwerte nicht ausgewertet werden können und welche zusätzlichen Messungen erfolgen müssen. Auch der Messfehler aufgrund der Nichtlinearität der Strömungsformel wird erläutert.

Ergebnisse und Beurteilung
Mit Hilfe der Anleitung wird die Durchführung von Luftdichtheitsmessungen hoher Gebäude vereinfacht und vereinheitlicht. Wichtige Punkte sind, dass eine zusätzliche Messung im obersten OG notwendig ist sowie im EG Messstellen in unterschiedliche Himmelsrichtungen. Außerdem dürfen nur Messwerte ausgewertete werden, bei welchen das Gesamtgebäude mit Über- bzw. Unterdruck beaufschlagt ist.

Quellen
[Rolfsmeier/Simons 2017] Rolfsmeier, S.; Simons, P.: Luftdichtheitsmessung in einem großen und hohen Passivhaus (MFH) bei Wind und Thermik. In: Tagungsband der 21. Internationalen Passivhaustagung, Passivhaus Institut, Darmstadt, 2017

Measurement of airtightness in high-rise structures

Søren Peper [1], Dr. Jürgen Schnieders [2]

Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt, Germany,
[1] phone: +49 6151 82699-0, fax: +49 6151 82699-11, soeren.peper@passiv.de
[2] phone: +49 6151 82699-0, fax: +49 6151 82699-11

Purpose of the work
Clear and substantiated instructions for airtightness measurements of high-rise buildings, taking into account the particular requirements resulting from building height

Content of the contribution
Because of the major effects of wind and thermal conditions on high-rise buildings, when conducting blower door measurements special procedures must be followed. The standards EN 13829 and ISO 9972 do not provide sufficient guidance for this. This paper is intended as an aid for carrying out airtightness measurements of high-rise buildings.

In [Rolfsmeier/Simons 2017] practical experience from measurements taken at a 16-storey high-rise around 60 m in height is described. The appreciable influence of wind and the marked effect of thermal updraft with a natural pressure differential between the ground and the 16th floor of about 30 Pa are evident. During adverse wind conditions the pressure situation is unclear. Depending on which side of the building the instruments are placed, measurements are influenced to varying degrees by the wind.
The most favorable situation for airtightness measurements at large buildings is therefore calm weather and a small temperature difference between the inside and the outside. Since measurements must take place during construction, though, such conditions are rarely encountered.

The influence of temperature difference and building height on the pressure differential between the ground and the top of the building that causes thermals is about 48 Pa, like for an 80 m high building and a temperature difference of 15 K. This results in pressure differentials that are no longer negligible for the measurement results. This example illustrates that the requirement set forth in the standards for the pressure differential not to exceed 10% at any point within the building envelope can never be met.
In order to still be able to conduct measurements at a high-rise building, practical suggestions for doing this are derived and presented. Instructions are worked out for how to proceed, where the fans can be positioned, which measured values cannot be evaluated and which additional measurements must be made. Also explained is the measurement error due to the non-linearity of the air flow formula.

Results and assessment of their significance
With the help of these instructions, airtightness measurements at tall buildings are facilitated and standardized. It is important to note that additional measurements at different sides of the structure have to be taken in the uppermost floor as well as in the ground floor. In addition, only measurements for which the entire building is pressurized or under a negative pressure may be evaluated.

Sources
[Rolfsmeier/Simons 2017] Rolfsmeier, S.; Simons, P.: Airtightness measurement in a large and high passive structure (multi-family housing) in windy conditions and with thermal updraft (in German) in: Proceedings of the 21st International Passive House Conference, Passive House Institute, Darmstadt, 2017

Praxisbericht über Luftdurchlässigkeitsmessungen an Verbrauchermärkten und Bürogebäuden

Torsten Bolender

Ingenieurbüro n50, Helleböhnweg 48, 34134 Kassel, Deutschland
T: +49 561-32583, F: +49 561-32576, bolender@n50.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung
Aufzeigen der unterschiedlichen Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle durch Planung, Normung, Verordnung und Zertifizierung. Was können die Messdienstleister dazu beitragen, dass die sich daraus ergebenden Probleme frühzeitig erkannt werden?

Methode der Herangehensweise
Zusammenstellen der über mehrere Jahre gesammelten Erfahrungen mit Luftdurchlässigkeitsmessungen an Verbrauchermärkten, Gewerbebauten und anderen großen Gebäuden.

Inhalt des Vortrags
Normen, Energieeinsparverordnung und Zertifizierungen (z.B. DGNB - Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) verlangen vom Messdienstleister besondere Kenntnisse, wenn er Luftdurchlässigkeitsmessungen an Verbrauchermärkten, Gewerbebauten und anderen größeren Gebäuden ausführen soll. An mehreren Beispielen aus der Praxis werden die dabei auftretenden Fragen und Probleme aufgezeigt. Es werden konkrete Vorschläge gemacht, welche Fragestellungen vor und während einer Messung mit den am Bau Beteiligten zu klären sind, um einen möglichst reibungslosen Messablauf zu gewährleisten. Die Beispiele aus der Messpraxis beziehen sich u.a. auf Lebensmittelmärkte, die eine DGNB Zertifizierung durchlaufen. Die unterschiedlichen Zielvorgaben seitens der Hochbau- und TGA-Planung, sowie die Anforderungen von Zertifizierung, Norm und EnEV werden aufgezeigt und auch vor dem Hintergrund des nationalen Anhangs der ISO 9972 bewertet.

Ergebnisse und Beurteilung
Die Zielvorgaben von Planern und Nutzern weichen zum Teil voneinander ab. Es fehlt offensichtlich im Bereich der Luftduftdichtheit der Gebäudehülle immer noch an einer abgestimmten Planung der Gewerke.

Schlussfolgerungen
Planer, Nutzer und Messdienstleister müssen früher miteinander in Kontakt kommen, um kostspielige Nacharbeiten an der fast fertiggestellten luftdichten Gebäudehülle zu vermeiden.

Report on air permeability measurements in consumer markets and office blocks in actual practice

Torsten Bolender

Ingenieurbüro n50, Helleböhnweg 48, 34134 Kassel, Germany
phone: +49 561-32583, fax: +49 561-32576, bolender@n50.de

Purpose of the work
Presentation of the various requirements for airtightness of the building envelope arising during planning as well as the mandatory provisions resulting from standardization, regulations and certification: What can measurement service providers do to insure that the ensuing problems are identified at an early stage?

Method of approach
Summary of the experience gained over several years with air permeability measurements in consumer markets, commercial buildings and other large structures.

Content of the contribution
Standards, energy saving regulations and certifications from e.g. the DGNB (German Sustainable Building Council) mean that the measuring service provider must possess specialist know-how to conduct air permeability measurements at consumer markets, commercial buildings and other large structures. The issues and problems that arise are illustrated using several examples from practice. Concrete suggestions are made as to which concerns should be clarified with those involved in the construction before and during a measurement campaign to insure that it proceeds as smoothly as possible. The examples taken from actual measurement practice refer, among other things, to food markets that are subject to DGNB certification. The various objectives set for building construction and building services planning as well as the requirements of certification, standards and the energy saving ordinance are presented and evaluated against the background of the German national annex of ISO 9972.

Results and assessment of their significance
The objectives set by planners and users differ in some respects. It is clear that there is still a lack of coordinated planning between the various contract lots regarding the airtightness of the building envelope.

Conclusions
Planners, users and measurement service providers need to consult each other at an earlier stage to avoid costly reworking of the airtight building envelope at a time when it is almost completed.

Messung an Mehrfamilienhäusern – Stichprobenmessung und interne Leckagen

Dipl.-Phys. Andreas Kaschuba-Holtgrave [1], *Dipl.-Arch. BArch (Hons) Angela Rohr* [2], *Dipl.-Ing. Stefanie Rolfsmeier* [3], *Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher* [4]

[1] *Energieberatung Holtgrave, Senator-Wagner-Weg 4, 49088 Osnabrück, Deutschland, T: +49 5481 9979711, 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] *BlowerDoor 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
Große Gebäude (MFH) erfordern bei Luftdichtigkeitsmessungen im Vergleich zu kleinen Gebäuden (EFH) einen erhöhten zeitlichen, personellen und apparativen Aufwand, der aber nicht von verschärften, hüllflächenbezogenen Anforderungen für größere Gebäude herrührt, sondern der komplexeren Struktur (Erschließung, Versorgung) geschuldet ist. Äußere Hüll- und innere Trennflächen liefern spezifische Beiträge zur Luftdurchlässigkeit, je nach gewählter Konstruktion, Lage im Gebäude und Rahmenbedingungen für die Messaufgabe. Ziele der Arbeit sind: die Kenntnisse über Leckagen innerhalb großer Gebäude zu erweitern, eine Klärung, ob sich bestimmte Muster oder Kumulierungen von Leckageströmen bei unterschiedlichen Gebäuden wiederholen und schließlich die Frage, wie stark Luftdichtheitsmessergebnisse, die nach den Vorgaben der nationalen Anhänge NA und NB der DIN EN ISO 9972: 2018-12 zur Stichprobenauswahl bei wohnungsweiser Messung erstellt werden, von dem Ergebnis einer Gesamtmessung von größeren Gebäuden abweichen können?

Methode der Herangehensweise
In Gebäuden mit zentraler Erschließung der Wohnungen kann per Einzelmessung, in MFH mit getrennter Erschließung können mittels serieller wohnungsweiser Messung geltende Anforderungen überprüft werden. Das vorhandene Informationspotenzial wird dabei aber nur teilweise ausgeschöpft. Zehn Mehrfamilienhäuser wurden sowohl einzeln als auch mit Schutzdruck mittels spezialisierter Software (TECLOG) und mehrerer Gebläse gemessen. Unter Heranziehung normativer Grenzwerte für die Luftdurchlässigkeit von Bauteilen und Bauteilanschlüssen können im Vergleich die Anteile interner und externer Leckageströme je Wohnung und für das gesamte Gebäude ermittelt werden.

Inhalt des Vortrags
Durch die Zusammenarbeit von Jade Hochschule, Oldenburg, FLiB, BlowerDoor GmbH und EB Holtgrave, Osnabrück, mit anderen Messdienstleistern konnten in den letzten Jahren eine Reihe größerer Gebäude unterschiedlicher Konstruktion umfassend und sehr detailliert gemessen werden. Die Ergebnisse werden genutzt, um Aussagen zur Systematik der Leckageverteilung, zu den Anteilen interner und externer Leckagen sowie zur Aussagekraft der Messwerte zu treffen.

Ergebnisse und Beurteilung
Für zahlreiche Gebäude liegen vollständige Datensätze vor, sodass ein Vergleich der Kenngrößen der Grundgesamtheit und der aller möglichen Stichproben, eingeschränkt durch Vorgaben im nationalen Anhang, möglich ist. Aus dem Vergleich werden Rückschlüsse auf die Streuung der Kenngrößen und die Sicherheit bei der Beurteilung von Messwerten gezogen, was für die praktische Messaufgabe am einzelnen Gebäude große Bedeutung hat.

Schlussfolgerungen
Derzeit beziehen sich die Dichtheitsanforderungen in Deutschland allein auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche des Gebäudes. Anforderungen an die Dichtheit zwischen den Brandabschnitten / Wohnungen werden nur qualitativ gestellt. Neben den Aussagen zur Sicherheit der Ergebnisse unter Einfluss statistischer, systematischer und anderer Fehlergrößen spielen bei dieser Untersuchung insbesondere praktische Aspekte der Gebrauchstauglichkeit bei Mehrfamilienhäusern eine Rolle. Hier steht die Diskussion von Brand-, Schall-, Geruchs- und Ungezieferschutz noch am Anfang.

Measurement at multi-family dwellings – spot-check measurements and internal leakages

Dipl.-Phys. Andreas Kaschuba-Holtgrave [1], Dipl.-Arch. BArch (Hons) Angela Rohr [2], Dipl.-Ing. Stefanie Rolfsmeier [3], Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher [4]

[1] Energieberatung Holtgrave, Senator-Wagner-Weg 4, 49088 Osnabrück, Germany, phone: +49 5481 9979711, fax: +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, phone: +49 441 7708-3710, fax: +49 441 7708-3136, angela.rohr@jade-hs.de
[3] Ingenieurgemeinschaft Bau + Energie + Umwelt GmbH, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe-Eldagsen, Germany, phone: +49 5044 975-30, fax: +49 5044 975-44, rolfsmeier@blowerdoor.de
[4] Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V. (FLiB), Storkower Straße 158, 10407 Berlin, Germany, phone: +49 30 2903-5915 / Sek.: +49 30 2903-5634, fax: +49 30 2903-5772, solcher@flib.de

Purpose of the work
To measure airtightness, large buildings (multi-family dwellings) require more time, personnel, and equipment than small buildings (single-family dwellings). However, this outlay is not due to stricter requirements relating to the envelope surface of larger buildings, but to the more complex structure (access, supply). Exterior envelope surfaces and interior joint faces make specific contributions to air permeability, depending on the selected design, location in the building, and conditions for the measuring task. The aims of this paper are to add to the knowledge about leaks inside large buildings, to clarify whether specific patterns or accumulations of air leakage rates are repeated in different buildings and, finally, to answer the following question: When airtightness measurements are performed according to specifications in national annexes NA and NB to DIN EN ISO 9972:2018-12 regarding sampling for measurement of individual apartments, how much can the results of airtightness measurements deviate from the results of a complete measurement of large buildings?

Method of approach
In buildings where the apartments have a central access point, the applicable requirements can be tested using a single measurement. In multi-family dwellings with separate access points, the requirements can be tested using sequential measurements of individual apartments. However, this exploits only some of the information that is potentially available. Ten multi-family dwellings were tested both individually and with pressure regulation using specialized software (TECLOG) and multiple fans. Taking into account normative limit values for the air permeability of components and joints between components, a comparison can be made to determine the percentage of internal and external air leakage rates for each apartment and for the entire building.

Content of the contribution
Over the past few years, a collaborative effort between Jade University of Applied Sciences in Oldenburg, FLiB, BlowerDoor GmbH, EB Holtgrave, Osnabrück, and other measurement service providers made it possible to take comprehensive and extremely detailed measurements of a number of large buildings of different designs. The results are used to draw conclusions about the processes behind leak distribution, about the percentage of internal and external leaks, and about the validity of the measured values.

Results and assessment of their significance
Complete datasets are available for many buildings, making it possible to compare the characteristics of the entire set and those of all possible samples, limited by specifications in the national annex. Based on the comparison, conclusions are drawn about the distribution of characteristics and about the reliability of the assessment of measured values, which is of tremendous importance when it comes to the practical task of measuring the individual building.

Conclusions
Airtightness specifications in Germany currently relate only to the heat-transferring area of a building's external envelope. Specifications for airtightness between fire sections/apartments refer only to quality. In addition to statements about the reliability of results that are influenced by statistical, systematic, and other error values, practical aspects of the fitness for purpose of multi-family dwellings play a special role in this investigation. This discussion of fire, noise, odor, and pest protection has only just begun.

Herausforderung sehr dichte Gebäude und Wohnungen zu messen

Stefanie Rolfsmeier

BlowerDoor GmbH, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe, Deutschland
T: +49 5044 975-40, F: +49 5044 975-44, rolfsmeier@blowerdoor.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung
Die Arbeit stellt die Herausforderungen der Durchführung von Luftdurchlässigkeitsmessungen in sehr dichten Gebäuden und Wohnungen vor.

Inhalt des Vortrags
Der Trend in Deutschland und in einigen Nachbarländern entwickelt sich zu immer dichteren Gebäuden. Zudem werden immer mehr einzelne Wohnungen gemessen. Wir können beobachten, dass dadurch neue Herausforderungen bei der Durchführung der Luftdurchlässigkeitsmessung auf die Messtechniker zukommen: Man braucht Geduld und Wissen um die Umstände. Verschiedene Ursachen, wie die gute Luftdichtheit, Windeinfluss, offenliegende Dampfbremsfolien sowie bei Wohnungen zusätzliche Strömungswege in andere Bereiche über interne Leckagen und Schächte, werden im Rahmen dieses Vortrages erläutert. Zum Abschluss werden Tipps und Lösungswege vorgestellt, wie man praktisch mit den veränderten Messbedingungen umgeht.

Schlussfolgerungen
Die Durchführung einer Luftdurchlässigkeitsmessung kann durch verschiedene Faktoren (Luftdichtheit, Wind, Material der Gebäudehülle) beeinflusst bzw. "gestört" werden. Mit diesem Wissen kann man gezielt den Messablauf an schwierige Randbedingungen anpassen und eine Messung erfolgreich abschließen.

The challenge of measuring highly leaktight buildings and apartments

Stefanie Rolfsmeier

BlowerDoor GmbH, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe, Germany
phone: +49 5044 975-40, fax: +49 5044 975-44, rolfsmeier@blowerdoor.de

Purpose of the work
This paper presents the challenges of conducting air permeability measurements in very densely constructed buildings and apartments.

Content of the contribution
The trend in Germany and in some neighboring countries is towards increasingly densely constructed buildings. Furthermore, a growing number of individual apartments are being measured. We note that measurement engineers are confronted with new challenges when conducting air permeability measurements: Patience and an awareness of the conditions are needed. Various factors, like high airtightness, wind influence, exposed vapor barrier sheeting as well as, in the case of apartments, additional flow paths to other zones via internal leakages and ducts, will be explained in this paper. To round the paper off, suggestions and solutions are presented on how to deal in practice with the changed measurement conditions.

Conclusions
Conducting an air permeability measurement can be influenced or "impaired" by various factors, like airtightness, wind conditions and building envelope material. If these influences are known, the measurement procedure can be specially adapted to address problematic constraints and conditions and a measurement campaign can be successfully completed.

Beurteilung der Dauerhaftigkeit der Luftdichtigkeit in Passivhäusern durch wiederholte Prüfungen

Ing. Jiří Novák, Ph.D.

Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague, Thakurova 7, 166 29 Prag 6 Dejvice, Tschechische Republik, T: +420 732 888-700, jiri.novak.4@fsv.cvut.cz

Ziel der Arbeit/Fragestellung
Hinweis: Diese Arbeit ist die Langfassung eines Artikels, der bereits im Tagungsband der 39. AIVC Konferenz veröffentlicht wurde.
Ziel der Studie war es, die Entwicklung der Gebäudeluftdichtheit im Zeitverlauf zu bewerten und das Langzeitverhalten (Lebensdauer) der luftdichten Ebene zu beurteilen. Zu diesem Zweck wurden mehrere Passivhäuser wiederholt über einen Zeitraum von 6 bis 11 Jahren getestet.

Methode der Herangehensweise
Mehrere Passivhäuser wurden über einen Zeitraum von 6 bis 11 Jahren wiederholt getestet. Darüber hinaus wurden in den Zeiträumen zwischen den Wiederholungstests Informationen über den Zustand der technischen Gebäudeausrüstung gesammelt, um Unterschiede zwischen den Testergebnissen zu verstehen. Die Gebäude wurden vom gleichen Techniker mit den gleichen Geräten getestet. Soweit möglich, präparierte der Techniker das Gebäude immer auf die gleiche Weise und befolgte das gleiche Messverfahren. Die Tests wurden vorzugsweise im gleichen Jahreszeitraum unter ähnlichen klimatischen Bedingungen durchgeführt. Die Unterschiede zwischen den Testergebnissen sollten daher hauptsächlich die Auswirkung der Alterung und der Veränderungen in der luftdichten Schicht widerspiegeln. Die Gebäudenutzer oder der Hausmeister sammelten Informationen zu Eingriffen in die Gebäudehülle. Damit lässt sich nachvollziehen, welche Auswirkungen diese Eingriffe auf die Luftdichtheit des Gebäudes hatten.

Inhalt des Vortrags
Die Gebäude A, B, C und D sind Teil des gleichen Pilotprojekts. Sie haben eine ähnliche Größe, die gleiche Holzkonstruktion und die gleiche Luftdichtheitsschicht, dienen jedoch unterschiedlichen Zwecken. Dies erlaubt einen Vergleich darüber, wie sich unterschiedliches Nutzerverhalten auf die Lebensdauer der Luftdichtheit potenziell auswirkt. Die Gebäude A und B wurden bei der Inbetriebnahme getestet, nach drei Jahren, und dann nach jedem zweiten Jahr oder sogar jedes Jahr getestet. Die Gebäude C und D wurden nur zwei Mal getestet – bei der Inbetriebnahme und dann 11 Jahre später. Gebäude E ist ein experimentelles Passivhaus aus Einsteinmauerwerk. Es wurde bei der Inbetriebnahme und 6 Jahre später getestet.

Ergebnisse und Beurteilung
In allen Gebäuden hat sich die Luftdichtheit während des Beobachtungszeitraums verschlechtert. Der n_{50} erhöhte sich bei Gebäude A und B von 0,5 h^{-1} auf 0,7 h^{-1} und im Gebäude E von 0,22 h^{-1} auf 0,27 h^{-1}. Der n_{50} bei Gebäude C bzw. D erhöhte sich noch stärker von jeweils 0,5 h^{-1} auf 1,3 h^{-1} bzw. 0,7 h^{-1} auf 1,4 h^{-1} (wegen unsachgemäßer Wartungsarbeiten, bei denen man kaum Rücksicht auf die Luftdichtheitsschicht nahm).

Schlussfolgerungen
Die Ergebnisse zeigen, dass sich unter folgenden Voraussetzungen eine gute Alterungsbeständigkeit der Luftdichtheitsschicht erzielen lässt:
- sorgfältige Planung und Ausführung der Luftdichtheitsschicht
- Beachtung einiger grundlegender Einschränkungen zum Schutz der Luftdichtheitsschicht, wenn die Nutzer Änderungen an der Gebäudehülle vornehmen
- fachgerechte Reparatur sämtlicher Eingriffe in die Luftdichtheitsschicht, die z. B. bei Renovierungs- oder Reparaturarbeiten stattfinden (im gegenteiligen Fall können unsachgemäße Eingriffe die Luftdichtheit stark beeinträchtigen)

Die Ergebnisse bestätigen, dass die Luftdichtheit insbesondere während der ersten Jahre der Gebäudenutzung nachlässt.

Assessment of durability of airtightness in passive houses through recurring testing

Ing. Jiří Novák, Ph.D.

Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague, Thakurova 7, 166 29 Prag 6 Dejvice, Czech Republic, phone: +420 732 888-700, jiri.novak.4@fsv.cvut.cz

Purpose of the work
Note: the proposed paper is an extended version of an article already published in the proceedings of the 39th AIVC Conference.
The aim of this study was to evaluate the evolution of the building airtightness over the time and to assess the long term performance (durability) of the air barrier system. For this purpose, several passive houses were repeatedly tested over a period of 6 to 11 years.

Method of approach
In this study, 5 passive houses were tested several times over a period of 6 or 11 years. Besides the repeated testing, information about the conditions of the buildings service over the period between the successive tests was collected in order to explain the differences between the test results. The buildings were tested by the same technician using the same equipment. If possible, the technician always prepared the building in the same way and followed the same measuring procedure. The tests were carried out preferentially in the same period of year under similar climatic conditions. Therefore, the differences between the test results should reflect namely the impact of ageing and the impact of the air barrier system modifications. Information concerning interventions to the building envelope was collected from the building users or the caretaker. Therefore, the impact of such interventions on the building airtightness is traceable.

Content of the contribution
The buildings A, B, C and D belongs to the same pilot project. They have a very similar size, the same timber structure and the same air barrier system, but they serve for different purposes. This allows a comparison of the potential impact of different user's behaviour on the airtightness durability. The buildings A and B were tested at the commissioning, 3 years after and then each 2 years or even each year. The buildings C and D were tested only twice, at the commissioning and 11 years later. The building E is an experimental passive house with single-layer massonry wals. It was tested at the commissioning and 6 years later.

Results and assessment of their significance
In all the buildings, the airtightness has deteriorated over the period of monitoring. The n_{50} increased from 0.5 h^{-1} to 0.7 h^{-1} in buildings A and B and from 0.22 h^{-1} to 0.27 h^{-1} in the building E. The n_{50} of building C and D increased more significantly from 0.5 h^{-1} to 1.3 h^{-1} and from 0.7 h^{-1} to 1.4 h^{-1} respectively (due to improper maintenance works carried out with little concern about airtightness).

Conclusions
The results show that a good airtightness durability can be achieved if:
- the air barrier system is designed and executed carefully
- the users respect some basic restrictions concerning the modifications of the building envelope which aim to protect the air barrier system
- all interventions into the air barrier system that can occur e.g. during refurbishment or repair works are properly repaired (inversely, improper interventions can significantly deteriorate the airtightness)

The results confirm that the airtightness decreases namely during the first years of the building service

Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Bauteilen

Martin Prignon [1], Arnaud Dawans [2], Dr. Geoffrey van Moeseke [3]

[1] Université catholique de Louvain, Place de l'université, 1, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgien
T: +32 10 479152, martin.prignon@uclouvain.be
[2] Entreprises Jacques Delens, Avenue du Col-vert, 1, 1170 Watermael-Boitsfort, Belgien
T: +32 25 669636, adawans@jacquesdelens.be
[3] Université catholique de Louvain, Place de l'université, 1, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgien
T: +32 10 472160, geoffrey.vanmoeseke@uclouvain.be

Ziel der Arbeit/Fragestellung
Dieser Vortrag befasst sich mit verschiedenen Vor-Ort-Messungen der Luftdichtheit von Gebäudekomponenten unter Einsatz direkter Komponententests. Ziel ist, Vorteile, Nachteile und Grenzen dieser Methode mit anderen Vor-Ort-Messmethoden zur Luftdichtheit von Gebäudekomponenten (z. B. die indirekte Methode) zu vergleichen.

Methode der Herangehensweise
Dieses Ziel wurde durch Vor-Ort-Tests bei unterschiedlichen, neu eingebauten Fenstern sowie durch eine statistische Analyse der Wiederholungstests erreicht. Die Messunsicherheit dieser Methode wurde mit theoretisch berechneten Messunsicherheiten anderer Methoden verglichen.

Inhalt des Vortrags
Der Beitrag gliedert sich in drei Teile. Erstens, die Vor-Ort-Messung mit den bereits beschriebenen, direkten Komponententests und den dafür erforderlichen Geräten. Zweitens wurde die Messmethode bei drei verschiedenen Fensteruntersuchungen eingesetzt. Dabei wurde einmal die Prüfkammer mit der flexiblen Hülle und zweimal die Prüfkammer mit festen Kammerwänden verwendet. Basierend auf diesen drei Fällen lassen sich Grenzen und Herausforderungen der direkten Komponententestmethode zeigen. Drittens wurden zehn Wiederholungstests zur Feststellung der Genauigkeit der Messmethode durchgeführt. Schließlich wurde die Unsicherheit der am häufigsten eingesetzten Methode (indirekte Methode – BlowerDoor-Tests, bei denen die betreffende Komponente zwischen zwei Tests abgedichtet wird) für einen theoretischen Fall berechnet, um sie der Genauigkeit der direkten Komponententests gegenüberzustellen.

Ergebnisse und Beurteilung
Bei den an drei neu eingesetzten Fenstern ausgeführten Tests (Leckagestrom durch Fensterrahmen und Fensterschlag) betrug die Luftdurchlässigkeit bei 50 Pa für die Varianten 1, 2, und 3 jeweils 5.12, 28.41 und 4.63 m³/(h m²). Die Tests führten zu zwei wichtigen Erkenntnissen: Erstens muss man bei der Prüfkammer mit flexibler Hülle auf geringe Druckdifferenzen achten, um Schäden an der Kammer zu vermeiden (Variante 1). Zweitens sind alle unerwünschten Leckagen vor den Tests abzudichten, um die Messung unwichtiger Leckageströme zu vermeiden (Variante 2). Die Tests zeigen, dass die Druckkammer durch den wechselnden Unter- und Überdruck beschädigt wird, was eine Zunahme des Luftdurchtritts verursacht. Bei den 10 Tests wurde die Druckkammer zwischen dem 6. und 7. Test wiederhergestellt. Die Standardabweichung der Ergebnisse beträgt 0,99 m³/h (10,2 % des Luftstroms) beim ersten Teil (1-6) und 0,28 m³/h (4,2 % des Luftstroms) beim zweiten (7-10). Diese Werte können zwar als Richtwerte für die Genauigkeit der Methode, jedoch nicht als Werte für die Messunsicherheit genutzt werden, da der Luftstrom zugenommen hatte. Bei einem theoretischen Fall ähnlich den Wiederholungstests führt die Berechnung mit günstigen Hypothesen zu einer Unsicherheit von 1,02 m³ / h.

Schlussfolgerungen
Das direkte Komponententestverfahren hat ein starkes Potenzial für die Messung der Luftdichtheit von Gebäudekomponenten – dies gilt insbesondere für seine Verlässlichkeit.
Die Tests führten außerdem zu folgenden Erkenntnissen: Zukünftige Untersuchungen sollten sich auf die Anwendung der Methode auf andere Gebäudekomponenten und die rigorose Quantifizierung der Messunsicherheiten dieser Methode konzentrieren.

Determination of the air permeability of structural components in situ

Martin Prignon [1], Arnaud Dawans [2], Dr. Geoffrey van Moeseke [3]

[1] Université catholique de Louvain, Place de l'université, 1, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium
phone: +32 10 479152, martin.prignon@uclouvain.be
[2] Entreprises Jacques Delens, Avenue du Col-vert, 1, 1170 Watermael-Boitsfort, Belgium
phone: +32 25 669636, adawans@jacquesdelens.be
[3] Université catholique de Louvain, Place de l'université, 1, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium
phone: +32 10 472160, geoffrey.vanmoeseke@uclouvain.be

Purpose of the work
This work presents multiple in-situ measurements of building components airtightness using a direct component testing. Its purpose is to highlight advantages, drawbacks and limitations of the method compared to other methods for measuring in-situ the airtightness of building components (e.g. the indirect method).

Method of approach
These objectives were obtained by observation of in-situ tests performed on different newly-installed windows and by statistical analysis of repeated tests. The uncertainty of the method was compared to theoretical calculations of uncertainties for other methods.

Content of the contribution
This contribution is made of three parts. Firstly, the in-situ measurement using direct component testing has been described, as such as the required equipment. Secondly, the measurement method has been applied to three different cases of windows: one loose pressure chamber and two fixed pressure chambers. The observation of these three cases highlights some limitations and attention points of the direct component testing method. Thirdly, a series of 10 repeated tests has been performed in order to have an indicator of the method accuracy. Lastly, the uncertainty of the most commonly used method has been computed for a theoretical case in order to compare with the accuracy of the direct component testing. The most commonly used method is the indirect method and it consists in successive blowerdoor with sealing of the component of interest between two tests.

Results and assessment of their significance
The three tests performed on newly installed windows (flows through the window frame and the window-wall interface) provide air flow at 50 Pa of 5.12, 28.41 and 4.63 m³/(h.m²) for cases 1, 2 and 3 respectively. These tests highlight two particular attention points. Firstly, if the pressure chamber is loose, one has to maintain low pressure differences in order to avoid damages in the pressure chamber (case 1). Secondly, it is important to sealed all the undesirable air leakages before testing in order to avoid measuring irrelevant airflows (case 2).
The repeated tests show that the pressure chamber was damaged due to the successive pressurization/depressurization cycles, leading to an increase of the air leakages. A series of 10 tests has been performed, and the pressure chamber has been re-build between the 6th and the 7th test. The standard deviation of the results is 0.99 m³/h (10.2% of the air flow) for the first part (1-6) and 0.28 m³/h (4.2 % of the airflow) for the second part (7-10) of the repeated test. These values can be used as indicator of the method accuracy, but not as a value of its uncertainty because of the increasing airflow. For a theoretical case similar to the repeated test, computation with favorable hypotheses leads to an uncertainty of 1.02 m³/h.

Conclusions
This study shows that direct component testing has a strong potential to measure airtightness at building component scale, especially regarding its reliability. However, the tests performed highlight some specific point of attentions. Further work should focus on the application of the method on other building components and on the rigorous quantification of the method uncertainties.

Thermografie und Übergangswiderstände – unterschätzte Einflussfaktoren

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
Oft werden thermografische Untersuchungen zu Zwecken der Energieberatung oder aber auch zur Ursachenfindung bauphysikalischer Problemstellungen herangezogen. Da es sich bei dieser Messtechnik um ein komplexes Messverfahren handelt, sind Messungenauigkeiten oder Messfehler nicht selten. Um ein aussagekräftiges Messergebnis zu erhalten, muss sich das zu untersuchende Messobjekt deshalb in einem möglichst quasistationären Zustand befinden. Weiterhin haben Umwelteinflüsse wie Regen, Schnee, Nebel, Sonneneinstrahlung oder auch Wind großen Einfluss auf die Messsituation. Sie sind maßgeblich für die Qualität des Messergebnisses verantwortlich. Strömungen können sich zum einen schnell in Richtung und Geschwindigkeit ändern, zum anderen können vor allem bei höheren Windgeschwindigkeiten auch turbulente Strömungen auftreten. Im Innenraum wird der konvektive Einfluss auf Oberflächen vor allem durch Heizkörper, Möbel und Grundrissgestaltungen sowie durch ventilatorgestützte Lüftungssysteme bestimmt. Neben dem Wind hat vor allem Innenraumkonvektion einen großen Einfluss auf die Wärmeübergangswiderstände des Bauteils und letztendlich auf das Messergebnis. Im Rahmen dieses Vortrags soll der konvektive Einfluss auf das Messergebnis der thermografischen Messung von Gebäudeoberflächen theoretisch, aber auch praktisch untersucht werden.

Methode der Herangehensweise
Der Einfluss der Konvektion wurde im Labor sowie an einem Praxisobjekt untersucht. Im Labor wurden an verschiedenen Bauteilen mit unterschiedlichen Oberflächenstrukturen und Emissionsgraden Strömungsversuche mit Ventilatoren aus der Luftfahrttechnik durchgeführt. Dabei wurden die Messobjekte in unterschiedlichen Druckstufen aus unterschiedlichen Richtungen angeströmt. Weiterhin wurden Turbulenzen im Bereich der Oberflächen provoziert. Anschließend wurden Feldmessungen an einem Wohngebäude von innen und außen durchgeführt. Grundrisse und Möblierung sowie Nutzungsszenarien wurden gleichermaßen berücksichtigt. Mittels numerischer Strömungssimulation (CFD) wurden mathematische Ansätze entwickelt und zur Validierung der praktischen Versuche herangezogen.

Inhalt des Vortrags
Die Folge des Strömungseinflusses ist, dass die Wärmeübergangswiderstände von Bauteilen stark variieren, so dass absolute, also quantitative Messungen mit einem minimierten Messfehlerrisiko nur bedingt durchführbar sind. Weiterhin stellen sich unter Umständen auch Veränderungen in der thermischen Signatur von Bauteiloberflächen ein. Evtl. vorhandene baukonstruktive oder bauphysikalische Problemstellen werden dadurch nicht erkannt. Der Versuchsaufbau sowie die erhaltenen Ergebnisse werden umfangreich dargestellt.

Ergebnisse und Beurteilung
Aufgrund der Erkenntnisse konnte der konvektive Einfluss auf das Messergebnis konkretisiert werden. Es wurde ein Handlungsschema für Messtechniker/Thermografen entworfen.

Schlussfolgerungen
Das Messergebnis bei thermografischen Untersuchungen wird maßgeblich durch Konvektion beeinflusst. Bisher wurde dies von Messtechnikern und Sachverständigen zu wenig berücksichtigt. Mit Hilfe des Handlungsleitfadens kann der konvektive Einfluss auf das Messergebnis dargestellt werden.

Thermography and tranfer resistances – influencing factors that are underestimated

Benjamin Standecker, M.Eng.

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

Purpose of the work
Thermographic investigations often find application in energy consulting or for identifying the causes of problems that are related to building physics. Since this measuring technique is complex, measurement inaccuracies and errors are not uncommon. Thus in order to obtain a meaningful measurement, the object under investigation must be in a steady-state condition as far as this is possible. Further, environmental influences such as rain, snow, fog, solar irradiation and wind have a major impact on the measurement situation. These are decisive for measurement quality. On the one hand, air flows can change rapidly in direction and speed; on the other, turbulence can also develop, especially at higher wind speeds. Inside buildings, the convective influence on surfaces depends mainly on radiators, furnishings and floor plans but also on fan-assisted ventilation systems. In addition to wind, interior convection in particular has a major influence on the thermal transfer resistance of the building element and ultimately on the outcome of the measurement. In this paper, the convective influence on thermographic measurement of building surfaces shall be investigated in theory but also on the basis of practice.

Method of approach
The influence of convection was investigated in the lab and in a practical setting. In the lab, air flow trials using blowers from the field of aeronautics were conducted on various building elements with differing surface structures and emissivities. For this purpose, flow was directed onto the objects under investigation from various directions at a range of pressure levels. Additionally, turbulence was induced at the surfaces. Then measurements in the field were conducted inside and outside of a residential building. Floor plans and furnishings as well as scenarios for building usage were considered in equal measure. By applying numerical flow simulation (CFD), mathematical approaches were developed and used to validate the practical trials.

Content of the contribution
Due to air flow, the thermal transfer resistance of building elements varies greatly so that absolute measurements – that is quantitative measurements with a minimal risk of measuring errors – are only possible to a limited extent. In addition there may also be changes in the thermal signature of building element surfaces. This means that any problems relating to building construction or building physics will not be detected. Comprehensive descriptions of the test rig and the results obtained are presented.

Results and evaluation of their significance
The findings made it possible to establish in concrete terms the influence of convection on the measurement result. A procedure was developed for use by measurement technicians and thermographers.

Conclusions
The result of thermographic measurements is significantly influenced by convection. Up to now, this has not been taken sufficiently into account by measurement technicians and specialist staff. With the help of the procedural guidelines, it is possible to show the influence of convection on the measurement result.

Ihre Notizen / your notes

Lüftung

Ventilation

Überholung des Lüftungssystems in einem nicht normgerecht abgedichteten Gebäude

Fabrice Richieri [1], Bassam Moujalled [2]

[1] SNIA/Département spécialisé Bâtiment, 12 Avenue Pythagore, BP 70285, 33697 Mérignac Cedex, Frankreich
T: +33 5 56138811, 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

Ziel der Arbeit
Dieser Vortrag befasst sich mit dem Feedback zur Überholung eines Belüftungssystems in einem nicht normgerecht abgedichteten Gebäude. Das Gebäude war zuvor nachgerüstet worden, was sofort zu vielen Schwierigkeiten bei der Erhaltung einer guten Luftqualität in einigen bewohnten Innenräumen des Gebäudes führte. Ein durchgehend reibungslos funktionierendes Belüftungssystem ist in einem abgedichteten Gebäude ohne Öffnungen wesentlich für eine gute Raumluftqualität.

Methode der Herangehensweise
Die Methode und die Ergebnisse basieren auf einem experimentellen Ansatz mit Messungen (Druck und Volumenstrom in der Luftführungsanlage, Luftdichtheitsmessungen an der Luftführungsanlage), Berechnungen der Druckabfälle sowie Beobachtungen (Leckageortung in den Kanälen und der inneren Hüllfläche, Strömungsprofil), um die Ursache für die Funktionsstörungen der Belüftung zu finden.

Inhalt des Vortrags
Zunächst wurde eine Leistungsprüfung der Luftführungsanlage und der HLK-Anlage unter der Federführung des Nationalen Dienstes der Luftfahrtingenieure (SNIA) durchgeführt. Diese Analyse liefert eine Erklärung sowohl für die von den Wartungstechnikern beobachtete Minderleistung des Belüftungssystems im Gesamtgebäude sowie für das von den Bewohnern erwähnte Unwohlsein auf Grund der Raumluftqualität.

Ergebnisse und Beurteilung
Die Diagnose zeigte, dass das Hauptproblem auf die Minderleistung der beiden Zuluftkanäle (Leakagen und Druckabfall) A & B zurückzuführen ist, was sich wiederum auf den Blasdruck des Ventilators und den Druck entlang der Kanäle auswirkt. Der SNIA schlug u. a. folgende Instandhaltungsmaßnahmen vor: Den fast vollständigen Austausch der Luftführungsanlage A und des entsprechenden Lüftungsgeräts (AHU - 2200 m^3/h), den Einsatz einer Abdichtungslösung für Luftführungsanlage B sowie die Installation eines Drehzahlreglers für den Ventilator des AHU (1900 m^3/h).

Schlussfolgerungen
Der vollständige Bericht stellt die Ergebnisse der Inbetriebnahme nach der Aufrüstung im Jahr 2017 dar, bei der in sämtlichen Installationen Kanaldrucktests, Luftdichtheitstests, Volumenstrommessungen, die Eingangsleistung für Ventilatoren und der Schalldruck überprüft wurden.

Feedback on full ventilation system reconditioning in a non-standard sealed building

Fabrice Richieri [1], Bassam Moujalled [2]

[1] SNIA/Département spécialisé Bâtiment, 12 Avenue Pythagore, BP 70285, 33697 Mérignac Cedex, France
T: +33 5 56138811, 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

Purpose of the work
This paper deals with the feedback of a full of a ventilation system reconditioning in a non-standard sealed building. This volume was previously retrofitted and immediately shows many difficulties to maintain good indoor air quality in some parts of the occupied volume. Indeed, a permanent well functio~~n~~ning of the ventilation system is essential in a sealed building without openings to ensure a good indoor air quality.

Method of approach
The method and results are based on an experimental approach with measurements (pressure and airflow rate in the ductwork, airtightness testing of the ductwork), calculation of pressure drops, and observations (duct and internal envelope leakages search, airflow pattern) in order to identify the causes of the current ventilation dysfunctions.

Content of the contribution
An assessment of ductwork and HVAC system performance was first realized, conducted by the SNIA (National Airport Engineering Service). This analysis enabled to explain both the poor performance of the ventilation system observed by facility managers at the building scale, and the local Indoor Air Quality (IAQ) discomfort mentioned by occupants.

Results and assessment of their significance
The diagnosis showed that the major problem was due to the poor performance of two supply ventilation ducts (leakages and pressure drops) called A & B, with impact on the fan blowing pressure and on pressure along ducts. Reconditioning measures were proposed by SNIA, including the near-full replacement of ventilation ductwork A and its Air Handling Unit (AHU - 2200 m3/h), the use of a duct sealing solution for ventilation ductwork B and the installation of a fan speed controller on its AHU (1900 m3/h).

Conclusions
The full paper illustrates the results based on commissioning period after the 2017 upgrading to check all the installation with duct pressure test, airtightness testing, airflow measurements, electric power input for fans and sound pressure level.

DIN 1946-6 und die Fensterlüftung

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, solcher@flib.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung
Benötigen dichte Gebäude zwingend ein Lüftungssystem? Inwiefern kann der Nutzer in modernen Gebäuden noch für das Lüften verantwortlich sein?

Methode der Herangehensweise
Auswertung der Entscheidungskriterien zur Lüftung; normative Vorgaben zum Lüftungskonzept; energetisches Potenzial der Lüftung

Inhalt des Vortrags
Neubauten und modernisierte Gebäude kommen ohne ein Lüftungssystem nicht aus – so die weit verbreitete Meinung. Aber stimmt das? Was für ein energetisches Potenzial hat ein Wohnungslüftungssystem – und wo liegt die Motivation Lüftungssysteme vorzusehen? Die Wohnungslüftungsnorm DIN 1946-6 erlaubt die Anrechnung von Außenluft über Leckagen – welche Risiken sind damit verbunden? Was muss ein nutzerunabhängiges Lüftungssystem leisten? Was kann dem Nutzer über manuelles Fensteröffnen zugemutet werden? Wie sieht das Lüftungskonzept aus?

Ergebnisse und Beurteilung
In neuen und modernisierten Wohngebäuden sollte der Bautenschutz nutzerunabhängig sichergestellt sein. Die Entscheidung, ob hygienische Aspekte mit der nutzerunabhängigen Lüftung abgedeckt werden sollen, hängt von den Nutzern und den Randbedingungen des Gebäudes ab.

Schlussfolgerungen
Fensterlüftung kann in Wohngebäuden üblicherweise als zusätzliche Lüftungsmaßnahme durch den Nutzer erfolgen, um hygienische Aspekte oder den sommerlichen Wärmeschutz abzudecken. Für den Bautenschutz muss jedoch ein nutzerunabhängig wirkendes Lüftungssystem vorgesehen werden.

DIN 1946-6 and window ventilation

Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher

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

Purpose of the work
Is a ventilation system mandatory in airtight buildings? To what extent can users still be responsible for ventilation in modern buildings?

Method of approach
Evaluation of decision-making criteria for ventilation; normative specifications for the ventilation concept; energy efficiency potential of ventilation

Content of the contribution
New and modernized buildings must have ventilation systems – that's the widely held view. But is it true? What is the energy efficiency potential of a residential ventilation system – and what is the motivation for providing ventilation systems? The DIN 1946-6 standard for the ventilation of residential buildings allows for outdoor air intake via leaks. What are the associated risks? What does a user-independent ventilation system need to do? What can be expected of users in terms of manually opening windows? What does the ventilation concept look like?

Results and assessment of their significance
In new and modernized residential buildings, building protection must be guaranteed independently of users. The decision of whether user-independent ventilation should cover hygienic aspects depends on the users and the building conditions.

Conclusions
In residential buildings, window ventilation can normally be implemented by users as an additional ventilation measure in order to take into account hygienic aspects or summer heat protection. For building protection, however, a ventilation system that operates independently of users must be provided.

Häufige Planungs- und Ausführungsfehler bei Lüftungssystemen - Praxisbericht

Theo Reuter

Baudiagnostik-Reuter, Lindenstraße 18, 26919 Brake, Deutschland, T: 0174 4660000, info@baudiagnostik-reuter.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung
Effektivität und Leistung von Lüftungsanlagen verbessern. Gibt es hygienische Bedenken gegenüber einer Lüftungsanlage?

Methode der Herangehensweise
Praxiserfahrung als Sachverständiger

Inhalt des Vortrags
Luftdichtheit ist Pflicht und damit auch Lüftungskonzepte. Heute ein Haus ohne Lüftungsanlage zu bauen / sanieren ist energetisch nicht sinnvoll. Ebenfalls darf der Mindestluftwechsel und auch der Feuchteschutz nicht vernachlässigt werden. Leider ist in vielen Häusern alleine schon der Aufstellort einer KWL Anlage falsch gewählt und eine Volumenstromeinmessung wird nicht richtig ausgeführt. Als ein häufiges Argument bei Bauherren gegen eine KWL Anlage werden Ängste vor Schimmel in den Rohrleitungen angeführt. Machen Lüftungsanlagen wirklich krank? Wie es um die Hygiene in einer KWL Anlage wirklich steht, zeigen hier ebenfalls Erfahrungen und Untersuchungen aus der Praxis. Der Vortag zeigt die typischen Planungsfehler und die Ausführungsprobleme aus der Praxis eines Sachverständigen auf. Aus dem Inhalt lässt sich eine einfache Planungs-Checkliste für den Architekten, Bauunternehmer oder auch Energieberater erstellen.

Ergebnisse und Beurteilung
Mehr als 75 % aller Lüftungsanlagen sind nach meiner Erfahrung als Sachverständiger mit erheblichen Planungsfehlern und auch Fehlern in der Einstellung zu beanstanden.

Schlussfolgerungen
Eine richtige Planung von Lüftungskonzepten / Lüftungsanlagen und die Einbindung von unterstützenden Fachleuten, z. B. Hersteller und auch Sachverständige, helfen dabei mögliche Fehler frühzeitig zu vermeiden. Es gibt keine relevanten Punkte, die dazu führen könnten, auf eine Lüftungsanlage beim Neubau oder im Rahmen einer Altbausanierung zu verzichten.

Most frequent planning and installation errors in ventilation systems

Theo Reuter

Baudiagnostik-Reuter, Lindenstraße 18, 26919 Brake, Germany
phone: +49 174 4660000, info@baudiagnostik-reuter.de

Purpose of the work
Improve the effectiveness and performance of ventilation systems. Are there hygienic concerns regarding a ventilation system?

Method of approach
Practical experience as an expert in the field

Content of the contribution
Airtightness is mandatory, which also makes ventilation concepts mandatory. Today, the construction/renovation of a building without a ventilation system is impractical in terms of energy efficiency. The minimum air change rate and moisture protection must also be taken into account. Unfortunately, in many buildings the installation location of a controlled mechanical ventilation (CMV) system is already incorrect and an air flow rate calibration is not performed correctly. A common argument that clients use to oppose a CMV system is fear of mold in piping. Do air ventilation systems really make people sick? Practical experiences and investigations also demonstrate the actual hygienic conditions in a CMV system. The presentation points out typical planning errors and implementation problems based on the practical experience of an expert in the field. A simple planning checklist can be derived from the contents that can be used by architects, contractors, and even energy consultants.

Results and the assessment of their significance
According to my experience as an expert in the field, more than 75 percent of all ventilation systems demonstrate significant errors in planning and implementation.

Conclusions
Potential errors can be avoided early on through the correct planning of ventilation concepts/ventilation systems and by enlisting the support of specialists, such as manufacturers and other experts. There are no relevant issues that would make it inadvisable to install a ventilation system in a new building or as part of a renovation.

Ihre Notizen / your notes

Dichten und Kleben

Sealing and Bonding

Klebetechnik endlich geregelt: DIN 4108-11

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Hückstädt [1], Dipl.-Ing. Michael Förster [2]

MOLL bauökologische Produkte GmbH, Rheintalstraße 35-43, Deutschland
T: +49 6202 2782-45, F: +49 6202 2782 51,
[1] stefan.hueckstaedt@proclima.de, [2] michael.foerster@proclima.de

Zur Herstellung der luftdichten Gebäudehülle werden sowohl Materialien für die Flächen, als auch Verbindungsmittel für luftdichte Abdichtung von Bauteilübergängen und Durchdringungen sowie von Stößen und Überlappungen benötigt. Im Holzbau werden meist Luftdichtungsbahnen oder Plattenmaterialien als Luftdichtung in der Fläche eingesetzt. Die jeweiligen Stöße und Überlappungen werden im Regelfall mit Klebebändern verklebt, Anschlüsse an angrenzende Bauteile werden oft mit pastösen Klebemassen hergestellt. DIN 4108-7 (Luftdichtheit von Gebäuden) zeigt eine große Zahl an Beispielen von Anschlüssen mit Klebeverbindungen. Selbstredend kommt diesen eine entscheidende Rolle zu, müssen doch die Anschlussmaterialien durch Verklebung eine dauerhafte Luftdichtung gewährleisten. Lange Zeit war Klebetechnik zur Herstellung der Luftdichtheit hinsichtlich der Klebehaftung und deren Dauerhaftigkeit völlig ungeregelt.
Im Prinzip konnte z. B. ein beliebiges Klebeband zur luftdichten Verklebung eingesetzt werden ohne jegliche Anforderungen oder Nachweise.

Im November 2018 wurde die DIN 4108-11 (*Mindestanforderungen an die Dauerhaftigkeit von Klebeverbindungen mit Klebebändern und Klebemassen zur Herstellung von luftdichten Schichten*) veröffentlicht. In dieser Norm werden erstmals in einer Regel der Technik Prüfverfahren und Anforderungen an die Festigkeit und Dauerhaftigkeit von Klebetechnik festgeschrieben.

Mit Hilfe der DIN 4108-11 können Prüfungen ohne und mit künstlich beschleunigter Alterung auf Referenzuntergründen (definierte Kunststoffbahn und Buchenholz) durchgeführt werden. Außerdem können Systemprüfungen mit zum Klebeprodukt gehörigen Systembahnen getätigt werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, Systeme bestehend aus Verbindungsmittel-Bahnen-Kombinationen zu überprüfen.

Die Prüfkörper werden dazu unter festgelegten Randbedingungen (Temperatur, Feuchte und Dauer) und vorgegebenem Anpressdruck hergestellt. Anschließend bzw. nach der beschleunigten Alterung werden mit einer Zugprüfmaschine dynamische Schälprüfungen durchgeführt. Eine weitere Prüfung beschreibt die Dauerhaftigkeit der Verklebung bei statischer Beanspruchung unter Einfluss höherer Temperatur.

Für die Schälfestigkeiten sind durch die DIN 4108-11 Mindesthaftzugwerte definiert worden, welche Klebebänder und Klebemassen nach Norm einzuhalten haben.

Die Norm enthält weiterhin Vorgaben zur Produktkennzeichnung, die Planern und Verarbeitern Anwendungssicherheit gibt.

Hervorzuheben ist, dass die Untersuchung der Anfangshaftung von Klebematerialien nicht Bestandteil der Norm ist, da diese keine Aussage zur Endfestigkeit der Verklebung zulässt.

Aktuell und in naher Zukunft wird vermutlich auch weiterhin kein Zwang bestehen, dass Klebematerialien zur Herstellung luftdichter Verbindungen die Anforderungen nach DIN 4108-11 erfüllen müssen. Dennoch haben bereits eine Reihe von Herstellern entsprechender Verbindungstechnik die Anforderungen nach Norm überprüfen und bestätigen lassen. Damit können sich Bauherren, Verarbeiter, Planer und Gutachter auf einen grundlegenden Standard beziehen bei der Bewertung, Auswahl und Ausschreibung von Klebebändern und Klebemassen.

Adhesives are finally regulated: DIN 4108-11

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Hückstädt [1], Dipl.-Ing. Michael Förster [2]

MOLL bauökologische Produkte GmbH, Rheintalstraße 35-43, Germany
phone: +49 6202 2782-45, fax: +49 6202 2782 51,
[1] stefan.hueckstaedt@proclima.de, [2] michael.foerster@proclima.de

Establishing an airtight building envelope requires both materials for the surfaces and joining materials for the airtight sealing of joints between components and penetrations, as well as splices and overlappings. In wooden structures, airtight sheeting or sheeting materials are generally used as an air barrier on the surface. Any splices and overlappings are generally bonded with adhesive tape. Joints at adjacent components are often created using paste-like adhesive compounds. DIN 4108-7 (airtightness of buildings) provides a large number of examples of joints with adhesive bonds. Although these naturally play a crucial role, the joining materials must guarantee a durable air seal through bonding. For a long time, adhesive technology for establishing airtightness was entirely unregulated in terms of adhesive bonding and durability.

For example, any adhesive tape could basically be used for airtight bonding without any specifications or verifications.

In November 2018, DIN 4108-11 (*minimum requirements for the durability of bond strength with adhesive tapes and adhesive compounds for the establishment of airtight layers*) was published. For the first time, this standard establishes test procedures and specifications regarding the strength and durability of adhesive technology in a technical regulation.

Based on DIN 4108-11, tests can be performed on reference substrates (defined plastic sheeting and beechwood) with and without artificially accelerated aging. In addition, system tests can be performed using system sheeting associated with the adhesive product. It is also possible to test systems that comprise combinations of layers of joining material sheeting.

The test specimens are produced under defined conditions (temperature, moisture, and duration) and specified surface pressure. Next, or after accelerated aging, dynamic peel tests are performed using a tensile testing machine. Another test qualifies the durability of bond strength when subjected to static stress at a higher temperature.

For peel strength, DIN 4108-11 defined minimum bonding values that adhesive tape and adhesive compounds must comply with according to the standard.

The standard also includes specifications for product labeling that provides planners and processors with application security.

It should be emphasized that testing the initial bond of adhesive materials is not part of the standard, because it is inconclusive regarding the final strength of bonding.

At this time and in the near future, it appears that it will not be mandatory that adhesive materials for establishing airtight joints comply with DIN 4108-11. Nevertheless, a number of manufacturers have already tested and validated appropriate joining technology in accordance with the requirements of the standard. This means that building owners, processors, planners and experts can refer to a common standard when evaluating, selecting and tendering out adhesive tapes and compounds.

Besonderheiten der Luftdichtung bei historischen Holzbauten

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 Tragwerke von historischen Holzbauten weisen eine Vielzahl von schwierig zu dichtenden Anschlüssen und Durchdringungen auf. Aus Gründen des Denkmalschutzes müssen die Holzbauten häufig raumseitig der Tragkonstruktion gedichtet werden. Die vorhandenen Untergründe in diesen Bereichen sind für die fachgerechte Ausführung wenig geeignet, erschwerend sollen die Tragwerke oder Teile davon häufig sichtbar bleiben.

Methode der Herangehensweise
Luftdichtheitsmessungen in der Praxis zeigen selten gute Ergebnisse am traufseitigen Anschluss von Dachkonstruktionen an Holzbalkendecken, insbesondere wenn die Decken im Anschlussbereich nicht vollständig freigelegt sind. Selbst wenn die Anschlüsse gut zugänglich sind, erfordern die vorliegenden Untergründe meist besondere Maßnahmen zur Herstellung einer luftdichten Ebene.

Inhalt des Vortrags
Beim Ausbau des Dachgeschosses eines Einzeldenkmals wurden spezielle Lösungen zur Herstellung einer hochwertigen Luftdichtung erarbeitet. Neben den Planungsgrundlagen wird insbesondere die praktische Umsetzung der Ausführungsdetails aufgezeigt.

Ergebnisse und Beurteilung
Die baubegleitende Luftdichtheitsmessung zeigte hervorragende Ergebnisse an den Anschlüssen und Durchdringungen der Dichtebene an das sichtbare Tragwerk. Im Bereich der Anschlüsse der Dachkonstruktion an die Holzbalkendecke wurde kein durchgehend gutes Ergebnis erzielt. Durch Nachbesserungen konnten vorhandene Undichtheiten verringert, jedoch nicht vollständig beseitigt werden.

Schlussfolgerungen
Die Umsetzung von besonderen Detaillösungen erfordert gleichzeitig auch ein hohes Verständnis und Problembewusstsein bei allen ausführenden Handwerkern. Um hier Sicherheit bezüglich der Ausführung zu erlangen, sind lange Betreuungszeiten an den Baustellen für den Planer bzw. Bauleiter angeraten.

Special features of air sealing in historical timber constructions

Dipl.- Ing. (FH) Thomas Runzheimer

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

Purpose of the work
The load-bearing structures of historical wooden buildings have a large number of joints and penetrations that are difficult to seal. For reasons of preservation of historical monuments, wooden buildings often have to be sealed at the interior of the load-bearing structure. The existing substrates in these areas are not well suited for proper execution and, as a complicating factor, the load-bearing structures or parts of these should often remain visible.

Method of approach
Airtightness measurements in practice rarely show good results at the eaves-side connection of roof structures to wooden beam ceilings, especially if the ceilings here are not fully exposed. Even if the connections are readily accessible, the existing substrates usually require special techniques to create an airtight layer.

Content of the contribution
Special solutions to create a high-quality air seal were developed during fitting out of an attic for a particular historical building. In addition to the basic planning, details of the practical implementation are also presented.

Results and the evaluation of their significance
Airtightness measurements during the construction work showed excellent results at the joints and penetrations of the sealing layer to the visible supporting structure. At the connections of the roof structure to the wooden beam ceiling, no consistently good result could be achieved. By means of subsequent remedial work, leaks could be reduced but not completely eliminated.

Conclusions
The application of customized detailed solutions also requires a high level of insight and awareness of the problems on the part of all participating construction workers. So as to be confident with regard to execution, it is advisable for the planner or site manager to spend much time on site for supervision.

Schnittstelle luftdichte Anschlüsse in der Elementierung

Helmut Schuler

Bildungs-Zentrum Holzbau Biberach-Riss, Leipzigstraße 13, 88400 Biberach-Riss, Deutschland
T: +49 7351 44091-0, h.schuler@zaz-bc.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung
Dieser Vortrag geht auf die Problematik in der Elementierung von Wand- und Dachelementen ein.

Inhalt des Vortrags
In den letzten Jahren wurde der Vorfertigungsgrad im Holzbau um ein Vielfaches erhöht. Während in der Elementierung der Wandelemente bestimmte Schnittstellen bei sorgfältiger Arbeit und Montage nur mit wenigen Problemen behaftet sind, sieht es bei Dachelementen leider noch nicht so perfekt aus. Der Vortrag dreht sich um genau diese Problematik, einige Schnittstellen werden anhand von Skizzen und Fotos erörtert. Zusätzlich wird auf die Modulbauweise eingegangen, bei der verschiedene Module miteinander zu Wohnungen verbunden werden. Folgende Fragen stehen dabei im Fokus:

- Wo entstehen die Probleme?
- Wie werden die Schnittstellen gelöst?

Der Vortrag soll aufzeigen, dass es Lösungen für diese Schnittstellen gibt, wenn man bestimmte Regeln beachtet.

Schlussfolgerungen
Das Bildungszentrum Holzbau Biberach weiß um diese Problematik und versucht in entsprechenden Fort- und Weiterbildungskursen dieses Fachwissen zu vermitteln, um so die Qualität am Bau zu verbessern und dem Bauherrn ein bauschadensfreies, funktionierendes Gebäude zu übergeben.

Airtight interface connections in the elements

Helmut Schuler

Bildungs-Zentrum Holzbau Biberach-Riss, Leipzigstraße 13, 88400 Biberach-Riss, Germany
phone: +49 7351 44091-0, h.schuler@zaz-bc.de

Purpose of the work
This lecture addresses the problems that arise when wall and roof sections are broken down into prefabricated elements.

Content of the contribution
In recent years, the level of prefabrication in timber construction has increased many times over. Although breaking down wall sections into prefabricated elements presents few problems at certain interfaces as long as this work and subsequent installation are done with care, unfortunately this is not yet the case for the roof elements. This paper addresses precisely this problem, with some interfaces presented using drawings and photos. Modular construction is also discussed for which various modules are interconnected to create complete apartments. This paper focuses on the following aspects:

- Where do problems arise?
- How are the interfaces resolved?

The intent of this presentation is to show that there are solutions for these interfaces if certain rules are heeded.

Conclusions
The wood construction training center "Bildungszentrum Holzbau Biberach" is aware of these problems and seeks to impart this specialist know-how by offering further and advanced training courses to upgrade construction quality and to hand over to the developer a functioning building free of structural defects.

Ihre Notizen / your notes

Leckstellen in der Gebäudehülle

Leakages in the building envelope

Wenn luftdicht alleine nicht reicht: Bauschäden durch Flankenkonvektion

Dipl-Ing. Architekt Michael Wehrli

Gutachterbüro Wehrli & TheCH Thermographie und Blower-Door-Verband Schweiz
Oberdorf 21, 8460 Marthalen, Schweiz, T: +41 52 3015460, michael@wehrli-online.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung
Allzu oft sind wir als Experten und Messtechniker allein fixiert auf Themen der Luftdichtheit. Dass zusätzlich auch die Winddichtheit, eine möglichst geringe Konvektion in der Dämmebene selbst, sowie die konvektive Trennung unterschiedlicher Bauelemente untereinander nicht vernachlässigt werden sollten, um Bauschäden zu verhindern, möchte ich anhand von drei Fällen aus der Praxis verdeutlichen.

Methode der Herangehensweise / Gliederung
Die Themen
1. Kurze Begriffsklärung: Wege der Feuchte in eine Konstruktion, Definition der Leckagearten.
2. Drei Bauschadensfälle aus der Praxis:
3. Dachsanierung von außen, oberste Geschossdecke, Holzflachdach.
4. Mögliches Vorgehen bei der Ursachenermittlung.
5. Versuch von Schlussfolgerungen: Welche Konstruktionen, Bauausführungen und örtlichen Bedingungen beeinflussen die Schadenswahrscheinlichkeit?

When airtightness alone is not enough: Structural damage due to flank convection

Dipl-Ing. Architekt Michael Wehrli

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

Purpose of the work
All too often, we experts and measurement technicians are totally fixated on airtightness issues. Based on three practical cases, I would like to demonstrate that windproofness, minimal convection in the insulation layer, and the convective separation of different structural elements from one another should also be taken into account in order to prevent structural damage.

Method of approach
The topics
1. Brief explanation of terms: paths of moisture into a structure, definition of different types of leak.
2. Three cases of structural damage from practice:
3. Roof renovation from the outside, top floor ceiling, flat wooden roof.
4. Possible procedure for determining causes.
5. Attempt at conclusions: Which structures, building versions, and local conditions influence the probability of damage?

Luftströme und Feuchtequellen in Leichtbaukonstruktionen

Prof. Dr. Hartwig M. Künzel [1], Philipp Kölsch [2], Dr. Daniel Zirkelbach [3]

Fraunhofer Institut für Bauphysik, Fraunhofer Straße 10, 83626 Valley, Deutschland
[1] T: +49 8024 643-245, hartwig.kuenzel@ibp.fraunhofer.de
[2] T: +49 8024 643-673, philipp.koelsch@ibp.fraunhofer.de
[3] T: +49 8024 643-229, daniel.zirkelbach@ibp.fraunhofer.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung
Quantifizierung und Lokalisierung des Feuchteeintrags durch leckagebedingte Kriechströmungen aus dem Raum in gedämmte Leichtbaukonstruktionen in Abhängigkeit von Aufbau, Druckdifferenz und Leckageposition

Methode der Herangehensweise
Druckabhängige, hochpräzise Durchströmungsmessung in einem Fassadenprüfstand sowie Bestimmung der Kondensatmenge und -verteilung in einer Doppelklimakammer an Leichtbauteilen mit unterschiedlicher Gefachdämmung und Leckagepositionierung.

Inhalt des Vortrags
Beschreibung der Versuchsaufbauten und -durchführungen sowie der verwendeten Sensorik und deren Genauigkeit. Erläuterung der Hintergründe zu den gewählten Randbedingungen und zur Auswahl der Test- und Referenzfälle sowie Plausibilitätskontrolle der Ergebnisse und Vergleich mit Literaturwerten.

Ergebnisse und Beurteilung
Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Feuchte relativ unabhängig von den Leckagepositionen ziemlich gleichmäßig über die gesamte Kaltseite der Konstruktionen verteilt. Dabei fällt fast der Wasserdampf an der äußeren dampfdichten Beplankung und in den oberflächennahen Schichten der Dämmmatten aus. Die detaillierte Auswertung der Referenzaufbauten ohne absichtlich eingebrachte Leckagen zeigte ebenfalls gewisse Undichtheiten, die aufgrund weiterer Laborversuche auf die Luftdurchlässigkeit der Klebeverbindungen von Standardklebebändern zurückzuführen sind, was eine Korrektur der Messergebnisse erforderlich machte. Die Ergebnisse der Versuche zeigten im untersuchten Druckbereich deutliche Tendenzen der Strömungsexponenten in Abhängigkeit von der Leckagegröße. Kleine Leckagen und Klebebänder zeigten ein eher laminares Verhalten, was bei konstanter Druckdifferenz zu einer größeren Durchströmung führt.

Schlussfolgerungen
Wirklich luftdichte Leichtbaukonstruktionen sind in der Praxis nicht herstellbar, deshalb muss bei der Feuchteschutzbeurteilung ein konvektiver Feuchteeintrag durch kleine Leckagen und Verklebungen berücksichtigt werden. Diese Undichtheiten können jedoch durch gute handwerkliche Ausführung und Leckageortung so minimiert werden, dass richtig bemessene Konstruktionen schadensfrei bleiben. Da sich die konvektiven Feuchteeinträge auf der Rückseite der äußeren Beplankung relativ gleichmäßig verteilen, kann die Bemessung, so wie bisher bereits üblich, mithilfe einer eindimensionalen hygrothermischen Simulation erfolgen. Neben der Austrocknung durch Dampfdiffusion ist während wärmerer Perioden auch eine konvektive Trocknung möglich. Deshalb müssten die bisherigen Ansätze zur Berücksichtigung des konvektiven Feuchteeintrags um einen Trocknungsterm erweitert werden. Allerdings gibt es auch Hinweise darauf, dass der reale Feuchteeintrag im Winter größer ist als bisher angenommen. Hier besteht noch Forschungsbedarf, da sich die bisherigen Ansätze zur Berücksichtigung des konvektiven Eintrags zwar in der Praxis bewährt haben; eine Übertragung auf andere, bisher nicht betrachtete Bauteile oder auf andere Klimabedingungen jedoch mit großen Unsicherheiten verbunden ist.

Airflows and moisture sources in lightweight wall structures

Prof. Dr. Hartwig M. Künzel [1], Philipp Kölsch [2], Dr. Daniel Zirkelbach [3]

Fraunhofer Institut für Bauphysik, Fraunhofer Straße 10, 83626 Valley, Germany
[1] phone: +49 8024 643-245, hartwig.kuenzel@ibp.fraunhofer.de
[2] phone: +49 8024 643-673, philipp.koelsch@ibp.fraunhofer.de
[3] phone: +49 8024 643-229, daniel.zirkelbach@ibp.fraunhofer.de

Purpose of the work
Quantification and location of moisture penetration through leak-dependent creeping flows from the room into insulated, lightweight wall structures as a function of design, pressure differential, and leak position.

Method of approach
Pressure-dependent, high-precision through-flow measurement in a facade test stand and determination of the amount and distribution of condensate in a double climate chamber performed on lightweight wall sections with different cavity wall insulation and leak positioning.

Content of the contribution
Description of test rigs and test methods as well as the sensors used and their precision. Explanation of the backgrounds of the selected conditions and the choice of test and reference cases, as well as a plausibility check of the results and a comparison with literature values.

Results and assessment of their significance
The results show that moisture distribution is relatively independent of leak positions and is distributed fairly evenly throughout the entire cold side of the structures. There is almost no vapor on the external, vapor-proof paneling and in the near-surface layers of the insulating mats. The detailed evaluation of the reference rigs without deliberately introduced leaks also demonstrated certain leaks. Based on further laboratory testing, these leaks were traced to the air permeability of the adhesive bonds of standard adhesive tapes, thus requiring a correction of the measurement results. The results of the experiments revealed clear tendencies in the air flow exponents as a function of leak size within the pressure range examined. Small leaks and adhesive tapes exhibited a more laminar behavior which, in the presence of a constant pressure differential, results in a greater through-flow.

Conclusions
Truly airtight, lightweight wall structures cannot be established in practice, which is why convective moisture ingress through small leaks and adhesive bonds must be taken into account when evaluating moisture protection. Nevertheless, these leaks can be minimized through proper workmanship and by locating the leaks, thus enabling structures to remain free of damage if measured in the correct way. Because the convective moisture ingress at the back of the external paneling is distributed relatively evenly, the measurement can be performed as it has usually been done, using a one-dimensional hygrothermal simulation. In addition to dehydration due to vapor diffusion, convective drying can also occur during warmer periods. That’s why the existing approaches for taking into account convective moisture ingress must be expanded to include a drying period. However, there is also evidence that the actual moisture ingress in winter is greater than has been previously assumed. Research needs to be done in this area, because although the existing approaches for taking into account convective ingress have been proven effective in practice, their application to other building parts not yet considered or to other climatic conditions are subject to a high degree of uncertainty.

Nachbesserungsforderung? – Feuchterobuste und feuchtesensible Konstruktionen

Dipl.-Ing. (FH) Wilfried Walther

Büro für Bauphysik und Energieberatung, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe, Deutschland
T: +49 5044 975-33, wilwalther@t-online.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung
Sind in der nicht mehr zugänglichen luftdichten Schicht Leckagen vorhanden, steht die Frage nach der Gebrauchstauglichkeit der Konstruktion im Raum, oder pragmatisch gefragt: "Kann man auf die Nachbesserung verzichten?" Nachbesserungsarbeiten sind immer mit einem sehr hohen Aufwand an Ressourcenverbrauch verbunden und sollten daher nicht unspezifisch gefordert werden. Eine Konstruktion kann mit dieser rein bauphysikalischen Fragestellung der "Feuchtesicherheit" differenzierter betrachtet werden. Ein feuchtetechnischer Blick in die Konstruktion mit der thermisch-hygrischen Software WUFI® soll einen ersten Hinweis geben. Gibt es Konstruktionen, die trotz unplanmäßiger Feuchtequelle (Restleckstelle) damit gut zurecht kommen, also robust sind? Welche Konstruktionen sind es nicht? Gibt es deutliche Hinweise darauf, welche Konstruktionen man vermeiden sollte, wenn das Kleben und Dichten baupraktisch nicht richtig durchgeführt werden kann?

Methode der Herangehensweise
Betrachtet werden verschiedene Konstruktionen mit der hygrothermischen Software WUFI® unter Basisannahmen einer bekannten (geschätzten) Leckagegröße und den Einflussfaktoren:
- thermischer Auftrieb (Höhe des Gebäudes und Temperaturdifferenz)
- relative Luftfeuchte im Raum (Wassergehalt der Luft).

Es werden Simulationsberechnungen an unterschiedlichen Konstruktionen durchgeführt. Im ersten Schritt wird festgelegt, welche Stelle in der Konstruktion "feuchtesensibel" ist und welcher Feuchtegehalt sich in dieser Situation bei einer funktionstüchtigen Luftdichtheitsschicht einstellt. Daraufhin wird die Konstruktion in verschiedenen Positionen in die Gebäudehülle gelegt und der Feuchteverlauf unter realen Klimata verglichen.
Aus Gründen einer gewissen ungesicherten Datengrundlage in der Software WUFI® muss noch auf eine quantitative Auswertung verzichtet werden. Die Ergebnisse sind rein qualitativ zu sehen und zeigen eine erste Tendenz für feuchterobuste oder feuchtesensible Konstruktionen.

Inhalt des Vortrags
Es werden Einflussfaktoren vorgestellt, die eine Konstruktion mit Feuchte belasten und die im Analysefall auch erfasst werden müssen. Weiterhin wird dargestellt, wie Konstruktionen auf dieses Feuchteangebot reagieren.

Ergebnisse und Beurteilung
Unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren
- natürliche Druckdifferenz durch Thermik (Temperaturdifferenz und Gebäudehöhe)
- Baustoffeigenschaft an der kritischen (kalten) Schicht und
- Leckagegröße

können robuste und sensible Konstruktionen eindeutig identifiziert werden.

Schlussfolgerungen
Um bauphysikalisch nicht gerechtfertigte Nachbesserungsarbeiten identifizieren zu können, sind neben der Leckagegröße auch die Materialschichten der Gesamtkonstruktion inkl. der Baustoffeigenschaften zu erfassen. Eine Bewertung sollte erst mit der Information über die Feuchterobustheit der Konstruktion erfolgen.

Claims for rectification? – Moisture-resistant and moisture-sensitive structures

Dipl.-Ing. (FH) Wilfried Walther

Büro für Bauphysik und Energieberatung, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe, Germany
phone: +49 5044 975-33, wilwalther@t-online.de

Purpose of the work
If there are leaks in an airtight layer which cannot be accessed any longer, the question arises as to whether the structure is still fit for purpose, or in more pragmatic terms: "Can rework be avoided?" Rework is always extremely resource intensive, so it must be specifically required. “Moisture safety” - which is purely a matter of building physics – allows for a more detailed look at the structure. Examining the structure from a hygric point of view using the WUFI® hygrothermal software should provide an initial indication. Are there structures that manage well despite an unplanned humidity source (residual leakage), i.e. that are robust? Which structures does this not apply to? Are there clear indications as to which structures should be avoided, when bonding and sealing cannot be done in conformity with construction practice?

Method of approach
Various structures are examined using the WUFI® hygrothermal software under base assumptions of a known (estimated) leakage amount and the following influencing factors:
- Thermal lift (building height and temperature difference)
- Relative humidity within the space (water content of the air).

Simulation calculations are performed on different structures. In the first step, a determination is made regarding the point at which the structure is "moisture-sensitive" and the moisture content that occurs in this situation in the presence of a functional air barrier. The structure is then placed in various positions within the building envelope and the humidity profile is compared under real climatic conditions. Due to certain unsecured underlying data in the WUFI® software, a quantitative evaluation must be waived. The results are purely qualitative and reveal an initial tendency in moisture-resistant or moisture-sensitive structures.

Content of the contribution
Influencing factors are presented that contaminate a structure with moisture and that also must be recorded in the case of an analysis. The way in which structures respond to this moisture is also presented.

Results and assessment of their significance
Taking into account the following influencing factors:
- Natural pressure difference due to thermal effects (temperature difference and building height),
- Building material properties at the critical (cold) layer and
- Leakage amount,

rugged and sensitive structures can be identified without doubt.

Conclusions
To be able to identify rework that is unjustified in terms of building physics, information must be collected on the leakage amount as well as on the material layers of the overall structure, including the material properties. An evaluation must first be done based on the information on the structure’s moisture resistance.

Technisches Anforderungsniveau an die Vermeidbarkeit von Leckagen

Klaus Vogel

Sachverständigenbüro und Büro für Mediation Dr. Klaus Vogel, Sankt-Georg-Straße 9, 86926 Pflaumdorf, Deutschland, T: +49 8193 9057-78, F: +49 8193 9057-79, idt-vogel@t-online.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung
Im Oktober 2016 wurde ein Forschungsvorhaben zum Thema "Bewertung von Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen - Handlungsempfehlung für Baupraktiker" abgeschlossen. In dem vom Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V., dem Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gGmbH und dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik verfassten Forschungsbericht, in dem auch weitere ExpertINNen zu Wort kommen, werden sehr unterschiedliche Blickrichtungen auf das Thema Luft-Leckagen dargestellt. Unter anderem ergibt sich daraus eine technisch-juristische Verknüpfung im Hinblick auf die Vermeidbarkeit von Leckagen.
Der nachfolgend skizzierte Vortrag steht im Zusammenhang mit dem Vortrag von Ulf Köpcke und beschäftigt sich mit der baufachlichen Fragestellung, welches technische Anforderungsniveau an die Vermeidbarkeit von Leckagen beschrieben werden kann.

Methode der Herangehensweise
Befragung von Bauschaffenden, Sachverständigen, Studenten und Messdienstleistern; ferner exemplarische Auswertung von Quellen, die Hinweise zum Niveau bei der Ausführung einer Luftdichtheitsschicht enthalten.

Inhalt des Vortrags
Der Vortrag stellt die Befragungsergebnisse zur Vermeidbarkeit von 10 speziell ausgewählten primären Leckagen vor. Ferner wird exemplarisch ausgeführt, welches Niveau bei der Ausführung einer Luftdichtheitsschicht verschriftlicht ist. Hierzu wird beispielsweise auf Produktdatenblätter, Verarbeitungsrichtlinien und Normen eingegangen.

Schlussfolgerungen
Der Vortrag schließt mit einem Vorschlag zur Definition für technisch vermeidbare Leckagen ab.

Technical requirement level for the preventability of leakages

Klaus Vogel

Sachverständigenbüro und Büro für Mediation Dr. Klaus Vogel, Sankt-Georg-Straße 9, 86926 Pflaumdorf, Germany, phone: +49 8193 9057-78, fax: +49 8193 9057-79, idt-vogel@t-online.de

Purpose of the work
In October 2016, a research project was completed on the "Evaluation of faults in airtight layers - recommended action for construction practitioners." Written by the Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V. (Association for Airtightness in the Building Industry), the Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gGmbH (Aachen Institute for Research into Building Damage and Applied Building Physics), and the Fraunhofer-Institut für Bauphysik (Fraunhofer Institute for Building Physics), and citing other experts as well, the research report presents very different points of view regarding air leaks. Among other things, it establishes a technical and legal link with regard to the preventability of leaks.
The presentation outlined below is related to the presentation by Ulf Köpcke and considers the architectural issue of the level of technical requirements that can be described for the preventability of leaks.

Method of approach
A survey of building contractors, experts in the field, students, and measurement service providers; a sample evaluation of sources containing information on the level for implementing an air barrier.

Content of the contribution
The presentation introduces the results of a survey on the preventability of 10 specially selected, primary leaks. It also lists examples of what level is documented when implementing an air barrier. For example, it discusses product datasheets, processing guidelines, and standards.

Conclusions
The presentation concludes with a recommendation for the definition of technically preventable leaks.

Der werkvertragsrechtliche Streit um die Luftdichtheit der Gebäudehülle – Bestandsaufnahme im Frühjahr 2019

Rechtsanwalt Ulf Köpcke

Anwaltskanzlei Am Augustinerplatz, Gerberau 9a, 79098 Freiburg i.Br., Deutschland
T: +49 761 207510, F: +49 761 2075141, koepcke.u@t-online.de

Ziel der Arbeit/Fragestellung
Dass beheizte Gebäude im Interesse der Energieeffizienz mit luftdichten Gebäudehüllen ausgestattet sein sollten, ist auch international mittlerweile bautechnisch und bauphysikalisch anerkannt. Die Luftdichtheit der Gebäudehülle als prinzipiell geschuldetes Bau-Soll steht deshalb nicht mehr grundsätzlich in Frage. Umso mehr geraten aber mittlerweile das technische Anforderungsniveau und die technische Vermeidbarkeit von Luftleckagen einerseits, sowie andererseits die nach Ansicht der Bauschaffenden angeblich hinzunehmenden Unregelmäßigkeiten in das Blickfeld der juristischen Auseinandersetzung. Der Beitrag will (auch im europäischen Rechtsraum generell verwertbare) Hinweise zur juristischen Rezeption der technischen Beherrschbarkeit von Luftleckagen der Gebäudehülle geben.

Methode der Herangehensweise
Der Beitrag knüpft inhaltlich direkt an den im Tagungsprogramm unmittelbar vorangestellten Beitrag von Klaus Vogel zum Thema "technisches Anforderungsniveau an die Vermeidbarkeit von Leckagen" an und ergänzt den Beitrag von Klaus Vogel um die insoweit angesprochenen privatrechtlichen Aspekte.

Inhalt des Vortrags
In dem Beitrag werden (ausgehend von der in Deutschland geltenden Rechtslage, aber europäisch vergleichbar) die in der alltäglichen rechtspraktischen Auseinandersetzung um die Luftdichtheit von Gebäudehüllen relevanten Fragestellungen dargestellt und kommentiert. Insbesondere werden insoweit verallgemeinerungsfähige Argumentationsansätze für die außergerichtliche Beilegung von Rechtsstreitigkeiten um die Luftdichtheit der Gebäudehülle skizziert. Bei all dem versteht sich dieser Beitrag als untrennbare Ergänzung zu dem vorausgegangenen Beitrag von Klaus Vogel zu dessen Thema „technisches Anforderungsniveau an die Vermeidbarkeit von Leckagen“.

Ergebnisse und Beurteilung
In der Gesamtbetrachtung ergibt sich (mindestens) dreierlei:
(1) Das Gebot der Ausführung luftdichter Gebäudehüllen ist mittlerweile in der Bauplanung und Baupraxis bekannt; im gesamten europäischen Raum bemühen sich Bauplanung und Baupraxis um luftdichte Gebäudehüllen.
(2) Hoch risikoträchtige, aber eher kleine und erst über längere Zeiträume wirksam werdende Leckagen der luftdichten Gebäudehülle stellen mittlerweile das bautechnisch und baurechtlich größte Problem im Zusammenhang der Planung und Ausführung luftdichter Gebäudehüllen dar.
(3) Sowohl baupraktisch wie auch baulichrechtlich ergibt sich als sinnvolle Konsequenz einmal mehr: Schlicht handwerklich vermeidbare Bau-Schlechtleistungen sollten bauwerkvertragsrechtlich keinesfalls als "hinnehmbar" behandelt werden - der aktuelle Stand von Bauplanung, Bauleitung und Bautechnik im Frühjahr 2019 beweist unzweifelhaft, dass es für derartige Toleranzen im Bereich der Luftdichtheit von Gebäudehüllen nicht nur keinen Anlass, sondern auch keinerlei Rechtfertigung gibt.

Schlussfolgerungen
Der Beitrag will Ansätze aufzeigen, die Hinweise dafür geben können, wie in allen europäischen Rechtsordnungen die jeweils aktuellsten wissenschaftlichen Erkenntnisse über Verursachung, Vermeidbarkeit, Wirkungsweise und Risikoträchtigkeit von Luftleckagen in der Gebäudehülle beheizter Gebäude unter Beachtung der widerstreitenden Interessen von Industrie, Bauschaffenden und Bauherren zivilrechtlich sinnvoll adaptiert werden könnten.

The dispute over the airtightness of the building envelope under the terms of the contract for work and services – appraisal in spring 2019

Rechtsanwalt Ulf Köpcke

Anwaltskanzlei Am Augustinerplatz, Gerberau 9a, 79098 Freiburg i.Br., Germany
phone: +49 761 207510, fax: +49 761 2075141, koepcke.u@t-online.de

Purpose of the work
It is now internationally accepted by the disciplines of structural engineering and building physics that in the interests of energy efficiency heated buildings should be equipped with airtight building envelopes. The airtightness of the building envelope as a fundamental construction objective is therefore no longer in question. But it is increasingly the case that, on the one hand, the level of technical requirements and the technical avoidability of air leaks and, on the other, the deficiencies which in the opinion of the building contractors are supposedly acceptable are now becoming a focus of legal dispute. This paper aims to illustrate the legal perception of the technical controllability of air leaks in the building envelope that should apply in Germany but also generally in the legal arena throughout Europe.

Method of approach
This paper is a direct continuation of Klaus Vogel's preceding paper on "Technical requirements for the avoidability of leakages" and supplements this with a consideration of civil law aspects.

Content of the contribution
In this paper, taking as a starting point the legal situation in Germany, albeit comparable to that in Europe, the relevant issues in everyday legal practice regarding the airtightness of building envelopes are presented and commented on. In particular, generalizable argumentation strategies for out-of-court settlement of legal disputes about the airtightness of the building envelope are outlined. Generally, this paper is to be understood as an essential complement to the previous paper by Klaus Vogel on "Technical requirements for the avoidability of leakages".

Results and Assessment of their significance
Overall, there are three aspects (as a minimum) to be considered:
(1) The need for the execution of airtight building envelopes is now well established in construction planning and construction practice and this has now become the aim throughout Europe.
(2) Leaks through the building envelope that, although perhaps minor and only commencing after a lengthy period, entail a high risk, and have now become a major problem confronting structural engineering and building law in the context of the planning and execution of airtight building envelopes.
(3) From the aspect of both construction practice and building law, there results the logical consequence: Under building contract law, avoidable poor performance by construction workers should under no circumstances be deemed to be "acceptable". The current status (spring 2019) of construction planning, construction management and construction technology unequivocally verifies that there is not only no reason but also no justification to tolerate such deficiencies with regard to the airtightness of building envelopes.

Conclusions
This paper aims to present approaches to show how, in all European legal systems, the latest scientific findings on the cause, avoidability, mode of action and risk potential of air leaks in the building envelopes of heated buildings could be meaningfully applied under civil law, taking into account the conflicting interests of industry, building contractors and developers.

Ihre Notizen / your notes

Aussteller

Exhibitors

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

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

Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen (FLiB) e. V.
Storkower Straße 158
10407 Berlin, Deutschland
Fon: +49 30 2903-5634
Fax: +49 30 2903-5772
info@flib.de
www.flib.de
Geschäftsführer: Oliver Solcher

GIH Bundesverband e. V.
Unter den Linden 10
10117 Berlin, Deutschland
Fon: +49 30 3406023-70
Fax: +49 30 3406023-77
info@gih-bv.de
www.gih.de
Ansprechpartner: Jürgen Leppig

inVENTer GmbH
Ortsstraße 4
07751 Löberschütz, Deutschland
Fon: +49 36427 211-0
Fax: +49 36427 211-113
info@inventer.de
www.inventer.de

Pluggit GmbH
Die Wohnraumlüftung
Valentin-Linhof-Str. 2
81829 München, Deutschland
Fon: +49 89 4111 25-0
Fax: +49 89 4111 25-100
info@pluggit.com
www.pluggit.com
Anwendungstechnik: Arnulf Ruffmann
Vertrieb: Wolfgang Drexler

pro clima
Moll bauökologische Produkte GmbH
Rheintalstraße 35–43
68723 Schwetzingen, Deutschland
Service: +49 6202 2782-0
Technische Hotline: +49 6202 2782-45
Fax: +49 6202 278221
info@proclima.de
www.proclima.de
Anwendungstechnik: Michael Förster
Vertrieb: Joachim Groß, Nicola Dieckbreder

SIGA Cover GmbH Deutschland
Deutschland
Fon: +49 30 220 27000
contact@siga.swiss
www.siga.swiss
Anwendungstechnik: André Osthaar
Vertrieb: André Osthaar

tremco illbruck GmbH
Werner-Haepp-Str. 1
92439 Bodenwöhr, Deutschland
info.de@tremco-illbruck.com
www.illbruck.de
Anwendungstechnik: Andreas Zimmermann
Vertrieb: Ingmar Hagemes

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

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

Wohler Retrotec Europe B. V.
Niederlande
Fon: +31 522 282 941
saleseu@retrotec.com
www.retrotec.com
Anwendungstechnik: Frans Dam
Vertrieb: Frans Dam