



*Versuchseinrichtung zur Ermittlung örtlicher Leckagen
links: Messfeld (max. Breite 3,80 m, max. Höhe 3,66 m)
rechts: Energie- u. Klimateinheit (± 10 Pa bis ± 5000 Pa; $0,2$ m³/h bis 3000 m³/h;
-20 °C bis +60 °C)
Foto: ©ACR/schewig-fotodesign*

Das Entlarven von Leckagen in Bauteilen und der Gebäudehülle

Karin Hauer, Peter Schober, Georg Steiner, Jakob Haberl, Bernhard Nopp, René Eckmann, Roland Kerschbauer, Karl Höfler, Armin Knotzer

Eine möglichst luftdichte Gebäudehülle ist – nicht zuletzt auf Grund gesetzlicher Vorgaben – längst Stand der Technik. Neben dem Erreichen höherer Behaglichkeit für die Nutzer durch Vermeidung von Zuglufterscheinungen kann dadurch Bauschäden vorgebeugt werden, sowie insgesamt die energetische bzw. Umweltperformance des Gebäudes durch die Reduktion unkontrollierter Lüftungswärmeverluste verbessert werden.

Die Luftdichtheit wird in Gebäuden meist als Summenparameter mittels BlowerDoor-Messung, auch Differenzdruck-Messverfahren genannt und gemäß ÖNORM EN ISO 9972 durchgeführt, bestimmt. Darüber hinaus gibt es in den projektbeteiligten Forschungseinrichtungen Prüfstände, um die Luftdurchlässigkeit einzelner Bauteile (z.B. Fenster, Kaminbauteile oder Lüftungsgeräte) zu untersuchen. Zum Beispiel muss an Fenstern und Außentüren die Luftdurchlässigkeit im Zuge der CE-Kennzeichnung am Prüfstand gemäß ÖNORM EN 1026 ermittelt werden. Der Anschluss des Fensters an die Wand gemäß ÖNORM B 5321. Solche Messungen werden somit im Zuge der Produktentwicklung und -verbesserung durchgeführt und auch in der Schadensaufklärung eingesetzt.

AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19, Tel. 03112 / 5886, Fax DW-18
office@aee.at, www.aee-intec.at



Leckageortung mittels Thermoanemometer in einem Steirischen Wohnhaus (Foto: AEE INTEC)

Bei BlowerDoor-Messungen vor Ort werden sehr oft örtliche Leckagen, d. h. punktuelle Lecks in der Gebäudehülle bzw. dem Bauteil mit dem Handrücken, Rauchgas oder technischen Verfahren wie Thermoanemometern und Elektroakustik aufgespürt (z. B. mangelhaft ausgeführte Leitungsführungen, Bauteilanschlüsse – siehe Abbildung oben, technische Einbauten, fehlende/defekte Verschlussklappen). Dabei ist festzustellen, dass auch einzelne Leckagen zu erheblichen Bauschäden, von Schimmelbildung über Durchfeuchtungen bis hin zu strukturellen Schäden führen können. Die Folge solcher Mängel sind mitunter hohe Streit- bzw. Sanierungskosten.

In einem Forschungsprojekt der drei ACR-Institute Holzforschung Austria (HFA), Bautechnisches Institut (BTI) und AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC) wurden deshalb folgende Forschungsfragen bearbeitet:

- Wie exakt kann die Größe einer georteten Leckage in der Gebäudehülle bzw. dem Bauteil bestimmt werden?
- Um welche Luftvolumina handelt es sich dabei?
- Mit welcher Methode kann auf einer Baustelle möglichst praktikabel und exakt mittels einer zu entwickelnden Messsonde gemessen werden?

Strömungsmessungen am Prüfstand der HFA

Die besondere Herausforderung lag einerseits in einer reproduzierbaren Methodik für unterschiedlichste Druckdifferenzen und geringste Volumenströme (0,5 bis 5 m³/h), andererseits darin, eine Prüfeinrichtung bzw. Messmethodik zu entwickeln, die sowohl für das Labor als auch für die Baustelle zur messtechnischen Ermittlung von örtlichen Leckagen geeignet ist.

Zuerst wurde eine Versuchseinrichtung zur Bestimmung örtlicher Leckagen bzw. ein Prüfstand angeschafft, mit dem hochpräzise Messungen auch an großformatigen Bauteilen bei ± 10 bis ± 5000 Pa Druckdifferenz und Leckagevolumina von 0,2 bis 3000 m³/h durchgeführt werden können.

AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19, Tel. 03112 / 5886, Fax DW-18
office@aee.at, www.aee-intec.at

In einem zweiten Schritt wurden folgende Messmethoden zur Strömungsmessung verschiedener Anbieter am Prüfstand näher getestet und verglichen, mit dem Ziel der Anwendung einer mobilen Messsonde am Prüfstand z. B. im Zuge der Produktentwicklung von Fenstern, Flachdächern oder Wand-Decken-Anschlüssen, aber auch deren Verwendbarkeit zur Qualitätssicherung auf der Baustelle: Differenzdruckmessung an laminarer Messstrecke, Flügelradanemometer, Hitzdraht-, Hitzfilm- und Hitzkugelanemometer, Ultraschallmessung.



Messung mit Hitzdrahtanemometer an rohrförmiger Messstrecke am Prüfstand der HFA. Foto: Holzforschung Austria

Die Messungen wurden unter konditionierten, d. h. definierten Bedingungen wie Unter-/Überdruck von 10, 30, 50, 70 und 100 Pa Druckdifferenz an rohrförmigen Messstrecken unterschiedlichen Durchmessers durchgeführt und dokumentiert. Dabei wurden folgende Festlegungen getroffen:

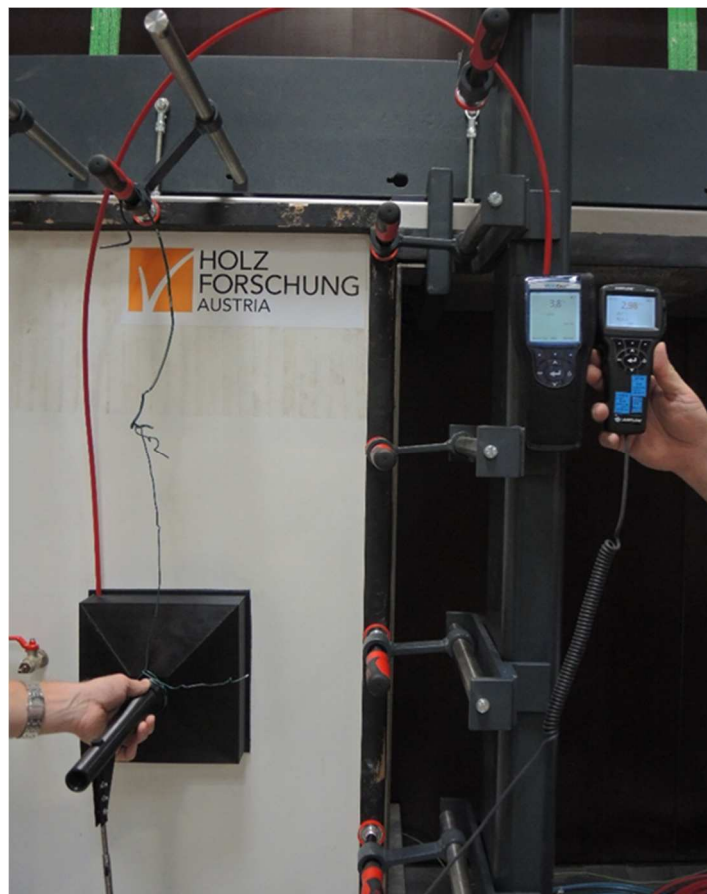
- Messungen müssen kalibrierbar sein
- Die durch Leckagen verursachten Volumenströme durch einen Bauteil bzw. Bauteilbereich/-übergänge sind interessant, nicht die eigentliche Fläche der Leckage
- Kombination mit Blower-Door-Test muss sein
- Sowohl punktuelle als auch lineare Leckagen sollen erfasst werden
- Druckabfall in der Messstrecke ist zu berücksichtigen
- Die Querschnittsfläche des verwendeten Messrohres muss größer sein als die Fläche der gemessenen Leckage

Letztlich schafften es die analysierten Hitzdraht(-film)anemometer bei den Messungen am Prüfstand am besten zu überzeugen, d. h. mit der Nullmessung an der Kalibrierplatte des Prüfstandes übereinzustimmen (siehe Abbildung oben). Andere Methoden, wie die oben erwähnten und analysierten, sowie weitere angedachte, wie Sensoren die auf Luftfeuchte, mikrobielle Stoffe/Keime oder Indikatorgase ansprechen, wurden für die Messsondenentwicklung aufgrund der Kosten, der

Handhabbarkeit, fehlender Robustheit und Reproduzierbarkeit der Messwerte bei konditionierten Bedingungen verworfen.

Der Weg zur baustellen-tauglichen Messsonde

Somit folgte der dritte Schritt, nämlich Überlegungen zum praktikablen „Baustellen-Design“ der Messsonde. Angefertigt wurden verschiedene Messrohre mit integrierten fixen Halterungen für gängige Hitzdraht(-film)anemometer-Sensoren zur Strömungsberuhigung. Durch die unterschiedliche Ausführung der Messrohre können mehrere Messbereiche abgedeckt werden. Weiters entstanden mehrere Messadapter unterschiedlicher Form und Abmessung, die am Messrohr angeschlossen werden können. Diese Messsondenteile wurden im 3D-Druck-Verfahren hergestellt und zunächst auf der neu angeschafften Versuchseinrichtung zur Bestimmung örtlicher Leckagen an der Holzforschung Austria eingehend bei einer Druckdifferenz von 50 Pa, angelehnt an die Blower-Door-Messbedingungen in einem Gebäude, untersucht (siehe folgende Abbildung).



Validierungsmessung mit mobiler Messsonde an der Versuchseinrichtung. Foto: Holzforschung Austria

Nach diversen Detailanpassungen, unter anderem der Implementierung eines Druckaufnehmers zur Überwachung der Strömungsverhältnisse im Messadapter, wurden die fortgeschrittenen Prototypen von den Messteams der drei ACR-Institute im Zuge von Prüfboxen- und Baustellenmessungen erprobt und die Prototypentwicklung abgeschlossen. Folgende Punkte sind bei den Baustellen-Messungen zu beachten:

AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19, Tel. 03112 / 5886, Fax DW-18
office@aee.at, www.aee-intec.at

- Messgeräte bevorzugen, bei denen mehr Steckplätze und ein Messspeicher zur Verfügung stehen (z.B. Anemometer und Differenzdruck auf einem Gerät), damit alleine gemessen werden kann
- Markierung der Messstellen und Fotodokumentation für Auswertung im Nachhinein
- Verwendung von „Beilage-Dichtbändern“ für Bauteilecken bzw. schlecht messbare Bereiche, kann aber natürlich die Messung verfälschen
- Bewusstsein, dass es auf einer Baustelle immer wieder größere Leckagen gibt, die nicht gemessen werden können, weil sie unter Rohren, Kabeln, in Schächten, Auskragungen usw. „versteckt“ sind
- Das Anlegen der Messadapter auf die Bauteile funktionierte mit Armaflex-Dichtschnüren besser als mit Kompribändern, die je nach Hersteller relativ stark verdichtet werden müssen
- Bei sehr geringen Leckagen von unter 1 m³/h wurde noch keine zufriedenstellende Messgenauigkeit erreicht – da bedürfte es noch weiterer Versuche und Entwicklung
- Bei n₅₀-Werten von etwa 0,6/h (Passivhaus-Grenzwert) oder darunter können tatsächlich kaum mehr relevant messbare Leckagen gefunden werden

Durch umfassende Messreihen an der neuen Versuchseinrichtung der HFA am Standort Stetten, am existierenden Prüfstand des BTI, in den ACR-Prüfboxen bei AEE INTEC und den Probemessungen in Gebäuden und auf Baustellen wurde sehr viel Know-how zur Messung und Einschätzung kleinster Leckagen gesammelt. Folglich wurde ein Dienstleistungsangebot seitens der drei ACR-Institute geschaffen, mit dem sowohl punktförmige als auch lineare Leckagen bei geringsten Volumenströmen erfasst werden können.

Weitere Informationen

<https://www.acr.ac.at/newsletter/newsletterartikel-detail/acr-serie-infrastruktur-alles-dicht/>

<https://www.bti.at/bauphysik-sanierung/gebäude-luftdichtheit-blowerdoor-messungen/>

<https://www.aee-intec.at/luftortleck-oertliche-leckagen-n-methoden-und-sondenentwicklung-p236>

Danksagung

Das F&E-Kooperationsprojekt „Örtliche Leckagen - Methoden- und Sondenentwicklung“, gefördert durch das österreichische Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort (BMDW), wurde im Rahmen des Programms „Strategische Projekte“ der Austrian Cooperative Research (ACR) genehmigt. Es wurde unter der Leitung der Holzforschung Austria (HFA) mit AEE INTEC und dem Bautechnischen Institut (BTI) durchgeführt.

AutorInnenbeschreibung

Dr. Karl Höfler ist Bereichsleiter und DI Armin Knotzer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Bereichs „Bauen und Sanieren“ bei AEE INTEC. k.hoeffler@aee.at und a.knotzer@aee.at

AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19, Tel. 03112 / 5886, Fax DW-18
office@aee.at, www.aee-intec.at

Ing. Roland Kerschenbauer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Bereichs „Messtechnik“ bei AEE INTEC. r.kerschenbauer@aee.at

DI (FH) Karin Hauer, DI Georg Steiner und Ing. Jakob Haberl arbeiten im Fachbereich Fenster / Abteilung Bautechnik an der Holzforschung Austria, welcher von Dipl.-HTL-Ing. Peter Schober geleitet wird. K.hauer@holzforschung.at, G.Steiner@Holzforschung.at, J.Haberl@Holzforschung.at, P.Schober@Holzforschung.at

DI (FH) Dr. René Eckmann ist Leiter, DI Bernhard Nopp Mitarbeiter des Bautechnischen Instituts. r.eckmann@bti.at und b.nopp@bti.at



Messsondenausrüstung - 2 Hitzedrahtanemometer (unten im Bild), 3 Rohrstücke mit verschiedenem Durchmesser für unterschiedliche Leckagengrößen (Mitte) und dazugehörige Messadapter (oben im Bild) für Messungen auf einer Baustelle. Foto: AEE INTEC