

Praxisbeispiel: Luftdichtheitskonzepte und Qualitätsüberwachung bei der Wohngebäudesanierung

Dipl.-Ing. Paul Simons, Dipl.-Ing. Stefanie Rolfsmeier

BlowerDoor GmbH MessSysteme für Luftdichtheit
Zum Energie- und Umweltzentrum 1, D-31832 Springe-Eldagsen,
Tel. +49 (0)5044/975-40, E-Mail: info@blowerdoor.de

KURZFASSUNG

Wie gut die planmäßigen Grenzwerte für die luftdichte Gebäudehülle im Neubau realisiert werden belegen viele positive Erfahrungen und Messergebnisse. Doch auch die energetische Sanierung von Gebäuden wird noch viele Jahre ein Thema bleiben. In der Sanierung werden zukünftig Anforderungen an die Luftwechselrate von $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$ oder $\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ erwartet, da auch in diesem Segment mit Lüftungsanlagen gearbeitet oder darüber hinaus der Passivhausstandard angestrebt wird. Ziel des Vortrages ist es, die Frage zu beantworten, wie die gestellten Anforderungen planmäßig erreicht werden können. Die Vorgehensweise der Grundlagenermittlung und Planung wird vorgestellt und mit dem Beispiel einer Fachwerksanierung unterlegt.

SCHLÜSSELWÖRTER

Planung der luftdichten Ebene, Qualitätsüberwachung, Luftdichtheitskonzept, Fachwerkgebäude

EINLEITUNG

Viele positive Erfahrungen und Messergebnisse belegen im Neubaubereich, wie gut die planmäßigen Grenzwerte für die luftdichte Gebäudehülle realisiert werden können. Das Ziel der BlowerDoor GmbH ist aufzuzeigen, wie auch bei der Sanierung der planmäßig geforderte Luftdichtheitswert sicher erreicht wird und der Luftdichtheitstest den Erfolg von Planung und Ausführung eindrucksvoll bestätigt.



Abb. 1: Einbau des BlowerDoor Systems in einem sanierten Mehrfamilienhaus

BESTANDSANALYSE MITTELS VORGEZOGENER LUFTDICHTHEITSMESSUNG UND GEBÄUDEBEGEHUNG

Vor jeder Sanierung findet eine Bestandsaufnahme und Grundlagenermittlung statt. Während des Gebäuderundgangs wird mittels Gebläse Unterdruck erzeugt. Zusätzlich zu Bauteilbeschaffenheit und Dämmstandard wird die Qualität der Luftdichtheitschicht erfasst, d. h. Leckstellen, Leckagepfade und luftdurchlässige Bauteile. Auch eine Messung wird zur Abschätzung der Luftdichtheit durchgeführt. Ziel ist die Festlegung des zu erreichenden Zielwerts und der dazugehörigen Maßnahmen. In dem WTA-Merkblatt E 6-14 „Luftdichtheit im Bestand“ wird die Vorgehensweise dieser Messung beschrieben.

PLANUNG DER LUFTDICHTEN EBENE

Die Planung erfolgt im Prinzip genauso wie im Neubaubereich: Das Luftdichtheitskonzept wird erstellt, daran schließt sich die Detailplanung an.

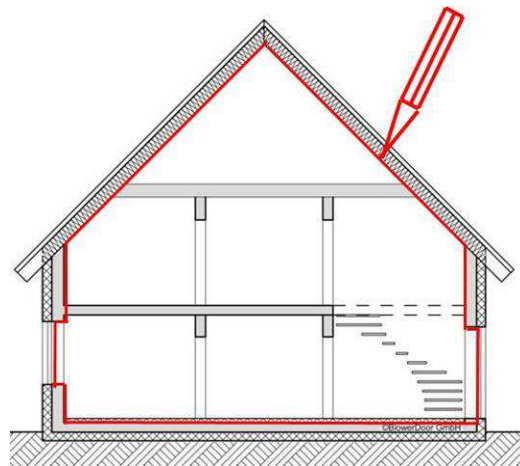


Abb. 2: Die rote Linie zeigt den Verlauf der Luftdichtheitsebene für jedes Bauteil und alle Anschlüsse (www.passiv.de)

Als Erstes beschreibt das Luftdichtungskonzept die luftdichte Ebene des Gebäudes mit den haustechnischen Besonderheiten.

Beispielhaftes Luftdichtheitskonzept für den Bauvertrag für ein ebenerdiges Fachwerk-Wohngebäude (Abb. 18, Seite 11) mit Dunstabzugshaube, Gasheizung, Kaminofen und Wäschetrockner (Quelle: Bauphysik-Kalender 2012).

Bestandteile der luftdichten Ebene:

- **Im Bereich der neu einzuziehenden Sohle** die Betonplatte; die Leitungsdurchführungen durch die Sohle, wie z. B. die Durchführung der Lüftungsleitungen, sind luftdicht auszuführen.
- **Im Bereich der Außenwände** im Erdgeschoss der Lehminnenputz, im Obergeschoss die Sperrholzplatte. Die **Fenster** der Dichtheitsklasse 3 schließen luftdicht an den Innenputz bzw. die Sperrholzplatte oder Gipskartonplatte an.

- **Bei der Elektroinstallation:** Leerdosen in den Außenwänden sind luftdicht auszuführen. Die Kabelverlegung im Dach erfolgt raumseitig der Luftdichtungsschicht (Dampfbremssfolie).
- **In der Dachschräge** bildet die Dampfbremse die Luftdichtungsschicht.
- Der **Spitzboden** gehört mit zum beheizten Bereich.

Haustechnische Besonderheiten:

- Es wird eine Umlufthaube eingesetzt.
- Die **Lüftungsanlage mit WRG** wird innerhalb der luftdichten Ebene aufgestellt.
- Der **Kaminofen** ist raumluftunabhängig, die Zuluftzuführung erfolgt über eine neu zu verlegende Zuluftleitung unterhalb der Betonsohle.
- Der **Schornstein** verläuft innerhalb der luftdichten Gebäudehülle. Das Kaminrohr ist dampfdicht, der Mantelstein ist luftdicht.

Anschließend erfolgt die Detailplanung mit Festlegung der Materialeigenschaften (das Material muss dauerhaft die Luftdichtheit gewährleisten) für Angebot oder Ausschreibung.

Zum besseren Verständnis werden die folgenden Detailkonstruktionen von Sanierungsprojekten mit Fotos und Erläuterungen zur Qualitätssicherung während der Bauphase dargestellt.

Fensteranschluss

Situation: Die Fassade wird mit einem Wärmedämmverbundsystem verkleidet und die Fenster werden erneuert, die Rollläden entfallen ersatzlos. Die Fensterebene wird nach außen verlegt, so dass die Fenster auf der alten Außenputzebene aufgebracht werden.

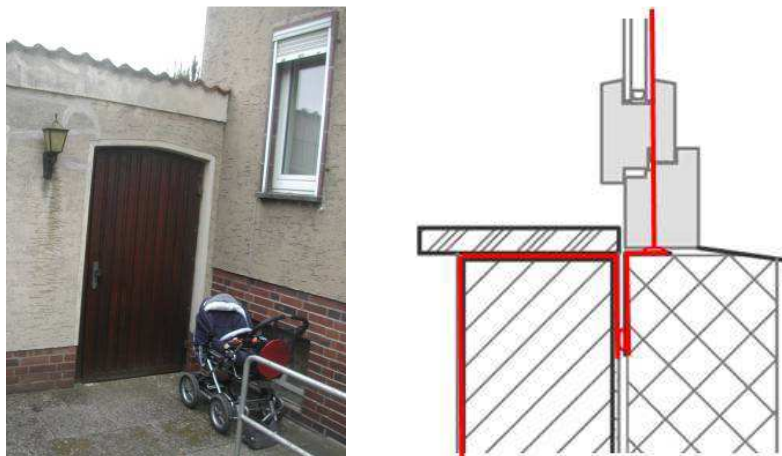


Abb. 3: Links: die Ausgangssituation, rechts: die zugehörige Zeichnung über den prinzipiellen Verlauf der Luftdichtheitsebenen



Abb. 4: Links: Bei der Qualitätsüberwachung wurde festgestellt, dass das elastische Material zwischen Fenster und Putz auf einen löchrigen, nicht tragfähigen Putz aufgebracht wurde. Rechts: zur Sanierung wurde der Untergrund durch eine Spachtelung verfestigt und Fenster und Putz wurden mittels einer Verklebung luftdicht miteinander verbunden.

Innenputz

Nur verputztes Mauerwerk ist sicher luftdicht.



Abb. 5: Bei einer vorangegangenen Ortsbegehung wurde vorgeschlagen, das unverputzte Mauerwerk zu verputzen, doch es wurde nur punktuell nachgearbeitet. An vielen Stellen zieht es immer noch aus den offenen Fugen.

Innendämmung in Trockenbauweise

Die Besonderheit ist, dass in der Fläche die Gipskartonplatte die Luftdichtheitsebene ist. Es wird die Detailplanung der Traufe dargestellt mit dem durchdringenden Deckenbalken.

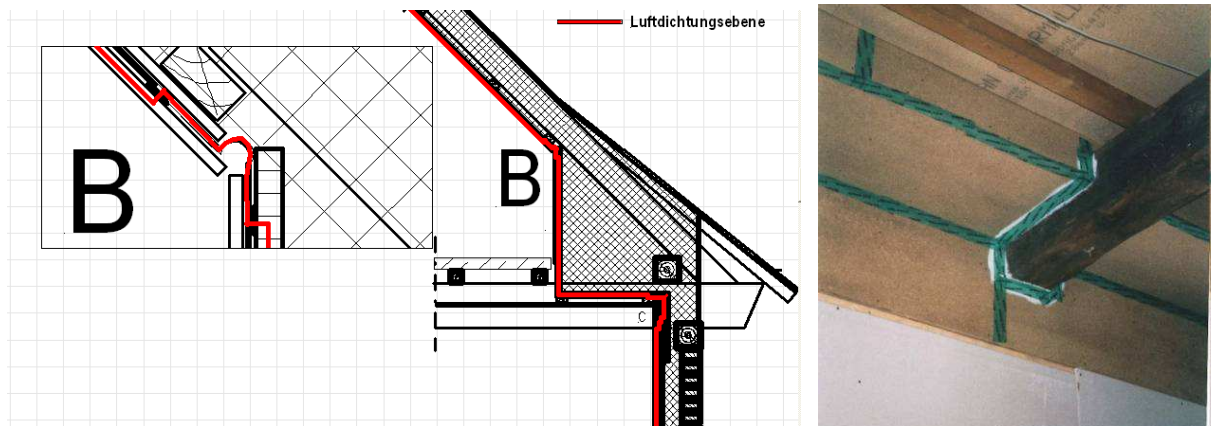


Abb. 6: Links: In der Zeichnung ist die detaillierte Planung zu erkennen, z. B. die Schlaufe in der Luftdichtheitsebene, um die Bewegungen des Dachstuhles aufzunehmen. Rechts die vorbildliche Ausführung dieses Details, als weiße Schicht im Deckenbalkenbereich ist der Primer zu erkennen.



Abb. 7: Bei der Ausbildung der Abdichtung zwischen den Deckenbalken hätte zunächst ein haftfähiger Untergrund hergestellt werden müssen.

Dach

Bei Dächern ist es teilweise sehr beliebt, die **Führung der Dampfbremse und Luftdichtheitsebene von außen** auszuführen. Der Problempunkt sind die Anschlüsse.

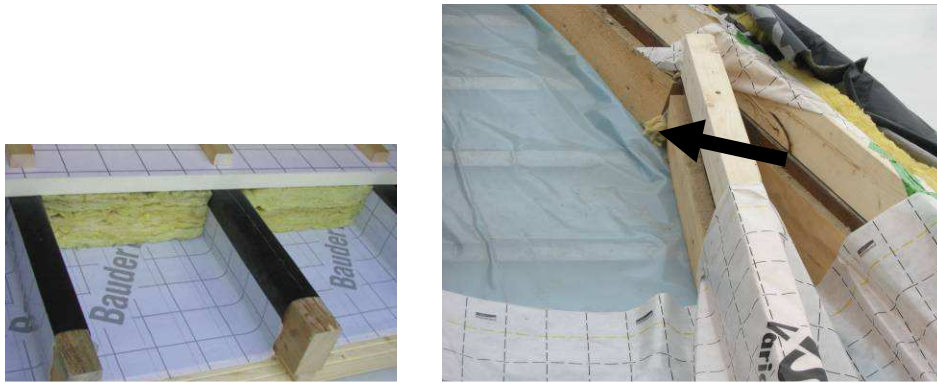


Abb. 8: Links: Werksbild der Firma Bauder. Rechts: Um die Gefahr der Tauwasserbildung zu reduzieren, sollten die Luftdichtheitsebenen immer über die vorhandene Sparrenlage gezogen werden und diese erst dann aufgedoppelt werden. Die Ausführung des Zwickels (Pfeil) hinsichtlich der Führung der luftdichten Ebene und Verklebung ist eine handwerkliche Herausforderung.



Abb. 9: Links: Auf dem Bild lässt sich die Führung der luftdichten Ebene nur erahnen. Rechts: Das schwächste Glied in der Kette gibt nach. Mal ist es die Verbindung zwischen Folie und Klebemittel und das andere Mal zwischen Klebemittel und Drenpелverputz.



Abb. 10: Links: Der Nebel macht Mängel an den Verklebungen sichtbar. Rechts: Die Erzeugung des notwendigen Überdruckes erfolgte mit dem BlowerDoor Messsystem.

Empfehlung: Eine Führung der Luftdichtheitsebene über die Sparren bitte nur bei einfachen Satteldächern, möglichst ohne Gauben, einsetzen und dabei zusätzlich eine intensive Qualitätsüberwachung installieren.

Der nachträgliche Dachgeschossausbau ist sicherlich eine häufige Form des Eingriffs in die bestehende Bausubstanz, sei es als separate Erweiterung oder als Erweiterung im Zuge einer kompletten Gebäudesanierung. Auch für diese Bausituation muss geklärt werden, wo die Luftdichtheitsebene verläuft.

Variante 1: Das gesamte Gebäude wird als eine Einheit dem Luftdichtheitstest unterzogen, so wie in Abb. 2 dargestellt. Bei Mehrfamilienhäusern sollte vorab geklärt werden, dass für die Luftdichtheitsmessung alle Wohnungen offen stehen können.

Variante 2: Der Dachgeschossausbau wird in Bezug auf die Luftdichtheitsschicht unabhängig von dem Rest des Gebäudes ausgeführt. Das hat in Mehrfamilienhäusern den Vorteil, dass der Luftdichtheitstest unabhängig von der Nutzung der anderen Wohnungen durchgeführt werden kann. Bei dieser Variante ist darauf zu achten, dass die Decke zur darunterliegenden Wohnung luftdicht ausgeführt wird und dass Installationsschächte zur Dachgeschosswohnung luftdicht ausgeführt werden.



Abb. 11: Optimaler Zustand für den Luftdichtheitstest im vorgezogenen Zustand
(Quelle: Bauphysikkalender 2010)

QUALITÄT DER AUSFÜHRUNG ÜBER 14 JAHRE EXEMPLARISCH BETRACHTET

Exemplarische Ausführungsqualitäten in einer Zeitspanne über 14 Jahre

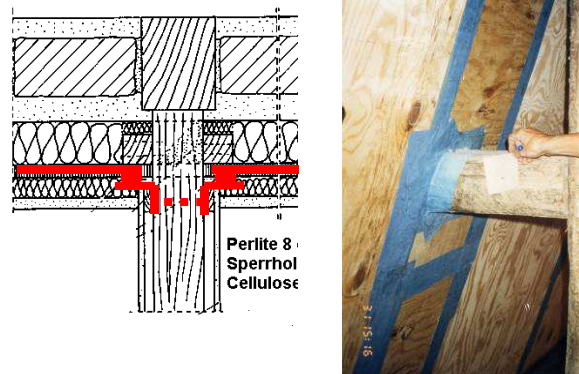


Abb 12: Beispiel aus dem Jahr 1995: Ein Fachwerkriegel durchstößt die Sperrholzplatte. Wir waren mit der Ausführung nicht ganz zufrieden, weil anstelle eines flexiblen zum Baupappensystem gehörigen Klebers ein im abgebundenen Zustand starrer Kleber verwendet wurde und weil die Bewegungsfalte zwischen Riegel und Sperrholzplatte nach unserer Ansicht bzw. entgegen unserer Vorgaben zu klein ausgeführt wurde (Quelle: Niedrigenergie-Bauweise im alten Fachwerkhaus 1998).



Abb. 13: Beispiel aus dem Jahr 2009: Führung der Luftdichtheitsebene von der Innendämmung eines Fachwerkgebäudes zum Fenster, hier wurden nur noch Klebebänder geliefert und lose in Baustaub verlegt.

PROJEKTBEISPIELE

Einfamilienhaus



Abb. 14: Vor und nach der Sanierung



Abb. 15: BlowerDoor Test nach der Sanierung. Links: Estrichrand der Betonkappen-
decke über dem Keller. Bei einer Luftdichtheitsmessung vor der Sanierung
wäre aufgefallen, dass die Decke luftdurchlässig ist und es hätten Maßnah-
men zur Dichtung vor dem Aufbringen des Estrichs getroffen werden können.
Rechts: Oberes Treppenpodest. Durch die Abschottung des Podestes zum
unbeheizten Dachboden wäre diese Leckage zu beheben gewesen.

Der Zielwert für den Luftdichtheitstest war $n_{50} \leq 1,0 \text{ h}^{-1}$, erreicht wurden die Mindest-
anforderungen für dieses Gebäude nach EnEV mit Lüftungsanlage:
 $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$.

Mehrfamilienhaus



Abb. 16: Mehrfamilienhaus vor und nach der Sanierung.
Das BlowerDoor Messsystem wurde in die Haustür eingesetzt.



Abb. 17: Links: Das Gebäude hat massive Wände und Stahlbetondecken, deshalb wurde in der Planungsphase erwartet, dass die Bodenanschlüsse dicht sind, es zieht aber aus sehr vielen Bodenanschlüssen.
Rechts: Nebelaustritt aus der Dachfläche. Nach der Sanierung waren augenscheinlich im Dachbereich die größten Leckagen verblieben.

Der Zielwert für den Luftdichtheitstest war $n_{50} \leq 1,0 \text{ h}^{-1}$, erreicht wurden die Mindestanforderungen für dieses Gebäude mit Lüftungsanlage: $n_{50} = 1,4 \text{ h}^{-1}$.

Bei dem um 1900 erbauten Mehrfamilienhaus in Hannover Ahrbergviertel Abb. 1 wurde ein $n_{50} = 1,2 \text{ h}^{-1}$ erzielt.

Fachwerkgebäude



Abb. 18: Fachwerkgebäude 2008 bis 2010 saniert.

Der Zielwert für den Luftdichtheitstest war $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$, erreicht wurden für dieses Gebäude mit Lüftungsanlage $n_{50} = 1,70 \text{ h}^{-1}$. Beim Luftdichtheitstest wurden sehr viele kleine Leckagen gefunden. Durch die Qualitätsüberwachung wurden im Vorfeld die größten Mängel wie in Abb. 13 zu sehen abgestellt. Nicht geprüft wurde die Luftdurchlässigkeit des Luftdichtheitsmaterials (OSB Platten) im Dachgeschoss (Quelle: Tagungsband 3. Internationaler Holz [Bau] Physik-Kongress 2012).

Bei einem auf Niedrigenergiestandard sanierten Fachwerkgebäude in Großlengden wurde bereits 1996 ein $n_{50} = 1,3 \text{ h}^{-1}$ gemessen (Quelle: Niedrigenergie-Bauweise im alten Fachwerkhaus Jahr 1998).

Hochhäuser

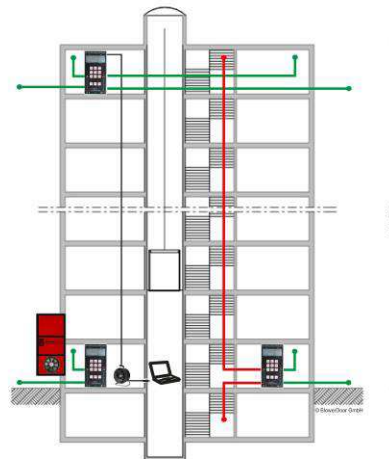


Abb. 19: Welthöchstes in Passivhausbauweise saniertes Hochhaus. Der Zielwert für den Luftdichtheitstest ist $n_{50} \leq 0,45 \text{ h}^{-1}$, erreicht wurden $n_{50} = 0,21 \text{ h}^{-1}$ (Quelle: Passivhaustagung Innsbruck 2011). Rechts in der Zeichnung die Anordnung der Referenzdruckmessstellen. Grün die Differenzdrücke zwischen innen und außen, rot innerhalb des Gebäudes, um während der Messung die Druckverluste infolge der Nachströmung beurteilen zu können.

FAZIT

Eine gute Ausführung der Luftdichtheitsebene ist bei der Sanierung schwieriger zu realisieren als im Neubau. Die Beispiele zeigen akzeptable bis gute Ergebnisse. Durch verbesserte Bestandanalyse, Planung und handwerkliche Ausführungen ist insbesondere bei Gebäudetypen ähnlich den 4 kleinen Beispielgebäuden noch ein erhebliches Verbesserungspotenzial vorhanden. Es ist mehr noch als im Neubau ein hohes handwerkliches Wissen gefragt, da mit vielen Überraschungen gerechnet werden muss, die kurzfristig gelöst werden müssen.

Vor der Beauftragung zur Ausführung von Luftdichtheitsarbeiten sollte sich der Auftraggeber über Fähigkeiten und Referenzen der Firmen informieren. Die Bauleitung sollte insbesondere zu Beginn der Arbeiten die Ausführung fachlich kontrollieren oder Fachleute zum Thema Luftdichtheit hinzuziehen.

REFERENZEN/LITERATUR:

Eckermann, W., Sittig, H.-J., Voges, I., Simons, P., Otte, J.: Niedrigenergie-Bauweise im alten Fachwerkhaus. Manfred Gerner (Hrsg.), Fulda 1998

Dorschky, S, Rolfsmeier, S., Simons, P.: Luftdichtheit in Planung, Ausführung und Messung. Bauphysikkalender 2010, Ernst & Sohn, Berlin 2010

Rolfsmeier, S., Simons, P., Dorschky, S.: Luftdichtheit in Planung, Ausführung und Messung. Bauphysikkalender 2012, Ernst & Sohn, Berlin 2012

Arbeitskreis ökologischer Holzbau e.V. (Herausgeber): Der Tagungsband, 3. Internationaler Holz [Bau] Physik-Kongress, Leipzig 2012

Tagungsband der 15. Internationalen Passivhaustagung 2011 in Innsbruck, Herausgeber Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Feist, Universität Innsbruck und Passivhausinstitut, Darmstadt/Innsbruck 2011

[WTA E 6-14] WTA-Merkblatt E 6-14 Luftdichtheit im Bestand. Berlin 2012