

Fragen der Luftdurchlässigkeit bei einer Holzkonstruktion

Autor(en): **Preisig, Hansruedi / Michel, Daniel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **105 (1987)**

Heft 6

PDF erstellt am: **27.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76511>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Fragen der Luftdurchlässigkeit bei einer Holzkonstruktion

Wie dicht darf die Gebäudehülle sein?

Von Hansruedi Preisig, Zürich, und Daniel Michel, Dübendorf

Holzhäuser gelten als relativ luftdurchlässig. Grosse Luftdurchlässigkeiten sind mit einem hohen Energieverbrauch, Komforteinbussen und mit Feuchtigkeitsschäden innerhalb der Konstruktion verbunden. Für die zulässige Luftdurchlässigkeit werden zukünftig Zielwerte vorgegeben, so z.B. in der Norm SIA 180 «Wärmeschutz im Hochbau», die sich in der Vernehmlassung befindet.

Das vorliegende Beispiel zeigt, dass Holzkonstruktionen mit niedriger Luftdurchlässigkeit machbar sind. Allerdings braucht es dazu eine sorgfältige Planung, handwerksgerechte Details und Unternehmer, die bereit sind, neue Konstruktionen auszuführen.

Warum eine kleine Luftdurchlässigkeit?

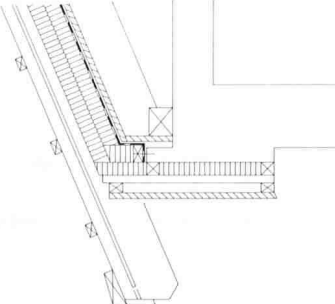
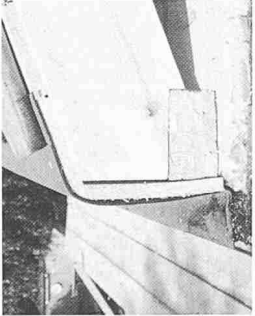

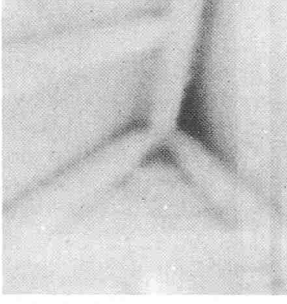
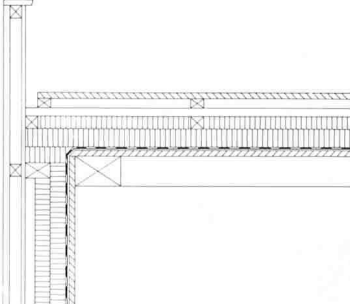

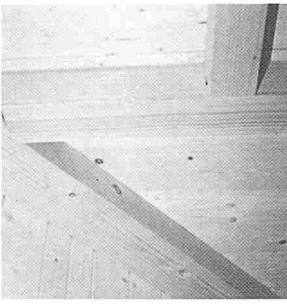
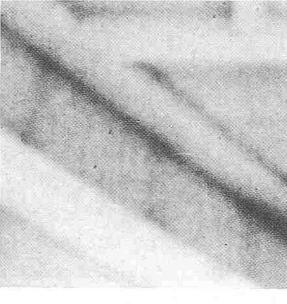
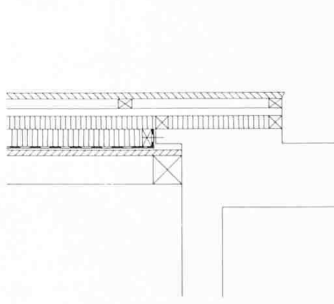

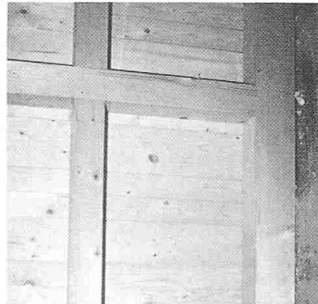

Bei den heute gut wärmedämmten Gebäuden sind für den Energieverbrauch die Lüftungswärmeverluste von besonderer Wichtigkeit. Sie ergeben sich durch die Lüftungsmethode, die unter anderem von der Qualität der

Luft im Gebäudeinnern abhängig ist. Sie sind aber auch eine Folge von unbeeinflussten Luftdurchtritten durch die Gebäudehülle. Eine auf diesem Wege im Winter nach aussen strömende Warmluft kann innerhalb der Konstruktion zu Kondenswasser, Pilzbildungen und Materialzerstörungen sowie zu einer örtlichen Verschlechterung des Wärmedämmvermögens führen [1, 2].

Es ist offensichtlich, dass die Grösse des Luftaustausches nach oben durch die Energieverluste und nach unten durch die Anforderungen an die Luftqualität eingegrenzt werden muss. Der effektive Luftaustausch wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst, so z.B. durch die Lage des Gebäudes, die Wind- und Temperaturverhältnisse, das Lüftungssystem, das Benutzerverhalten. Das Zusammenwirken aller Faktoren ist komplex und macht die Lüftung schwer kontrollierbar. Für überschlägige Berechnungen wird angenommen, dass bei Windstille und geschlossenen Fenstern ein Luftwechsel von etwa 0,3 bis 0,5 pro Stunde stattfindet; ein entsprechend höherer Wert muss einbezogen werden, wenn der Benutzereinfluss dazutritt. In Wirklichkeit ist aber das Band dieser Luftdurchlässigkeit in unseren Bauten weit grösser und reicht von 0,05 bis etwa 0,6 Luftwechseln pro Stunde.

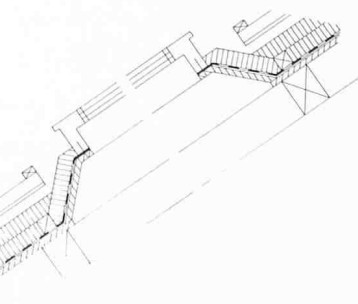
Zusammenstellung 1

Prinzip	Schnitt bei der Traufe	Schnitt beim Ort	
der Tragkonstruktion			Pfettendach mit innen sichtbarer Holzkonstruktion Verwendung von natürlich getrocknetem Holz durch Lagerung im Freien während etwa 3 Monaten zwischen Einschnitt und Abbund Bei der Traufe Sparren bis ausserkant Schwelle verlaufend Beim Ort Pfetten und Schwellen bis ausserkant Sparren verlaufend
der Luftdichtigkeit			Luftdichtigkeits- und Dampfsperrschicht auf Holzschalung beim Dach wie bei den Giebelwänden Verwendung von armierten Polymer-Bitumenbahnen als Luftdichtigkeit- und Dampfsperrschicht Bahnen bei den Stössen in der Fläche überlappt und durch Verschweissung verklebt
der Wärmedämmung			Bei den An- und Abschlüssen Bahnen auf- bzw. abgebordet und durch Verschweissung mit dem Untergrund verklebt Anschluss an das bestehende Gebäude durch Verklebung der Bahnen mit der Wand- bzw. Deckenkonstruktion und Anpressung mittels verschraubter Lattung
der Vordächer			Wärmedämmschicht aus Mineralwolleplatten von total 12 cm Dicke Platten 2lagig zwischen eine Holzlattenkonstruktion verlegt Für die Lattenkonstruktion Verwendung von natürlich getrocknetem Holz wie für die Tragkonstruktion Bildung des Vordaches bei der Traufe durch eine Stickerkonstruktion innerhalb der Wärmedämmschicht Bildung des Vordaches beim Ort durch die Holzschalung und eine Lattenkonstruktion zwischen Unterdach und Eindeckung

Detail- konstruktion	Detailschnitt	Aufnahme während der Ausführung	Innenaufnahme (analoger Bildauschnitt wie bei der thermographischen Aufnahme)	Thermographische Innenaufnahme (Aufnahme bei einer künstlich erzeugten Druckdifferenz innen/aussern und einer Temperaturdifferenz von 15 K)	Beurteilung
der Traufe		 <p>Sparren nur bis ausserkant Schwelle verlaufend, Polymer-Bitumenbahn darüber geführt und auf Betonborde geklebt</p>			Anschluss luftdicht, keine schwarzen «Schnäuze» wegen eindringender Kaltluft sichtbar Stelle in Ecke wegen etwa 2-3 K tieferer Oberflächentemperatur als Folge der Wärmebrückenwirkung der Betondecke im Eckbereich Wärmebrückenwirkung nicht von Bedeutung
des Ortes		 <p>Firstpfette nicht nach aussen verlaufend, Polymer-Bitumenbahn über Anschlussbereich geführt</p>			Anschluss luftdicht, keine schwarzen «Schnäuze» wegen eindringender Kaltluft sichtbar Dunkle Stellen wegen minim tieferer Oberflächentemperatur als Folge der Wärmebrückenwirkung im Eckbereich zwischen Holzschalung und Sparren sowie bei der Lattenkonstruktion parallel zur Traufe innerhalb der ersten Lage der Wärmedämmschicht Wärmebrückenwirkung nicht von Bedeutung
der Giebelwand		 <p>Anschluss der Polymer-Bitumenbahn analog der Traufe, sichtbar 2. Lage der Dämmschicht sowie der Konterlatten und Latten der Holzschalung</p>			Anschluss minimal luftdicht, schwarze «Schnaubildung» in den Nuten der Holzschalung wegen eindringender Kaltluft erkennbar, Kaltluft-eintritt von Hand kaum spürbar Schwarze Stelle auf Boden wegen örtlicher Wärmebrückenwirkung und der erwähnten Kaltluft-eintritte

Zusammenstellung 2

Zusammenstellung 3

<p>Detail- konstruktion</p>	<p>Detailschnitt</p> 	<p>Aufnahme während der Ausführung</p>  <p>Bei Dunstrohr Polymer-Bitumenbahn aufgebracht und verschweisst. Noch nicht ausgeführt: Fixierung der Bahn mit Bride</p>	<p>Innenaufnahme (analoger Bildausschnitt wie bei der thermographischen Aufnahme)</p> 	<p>Thermographische Innenaufnahme (Aufnahme bei einer künstlich erzeugten Druckdifferenz innen/aussern und einer Temperaturdifferenz von 15 K)</p> 	<p>Beurteilung</p> <p>Anschluss luftdicht, keine schwarzen «Schnäuze» wegen eindringender Kaltluft sichtbar</p> <p>Dunkle Stellen wegen minim tieferen Oberflächentemperaturen als Folge der Wärmebrückenwirkung im Eckbereich zwischen Holzschalung und Sparren</p>
<p>des Fensters in der Giebelwand</p>		 <p>Polymer-Bitumenbahn auf Holzschalung, bei Fenster zwischen Hilfsrahmens und Holzriegel verlaufend</p>			<p>Anschluss des Hilfsrahmens an die Holzkonstruktion sowie des Fensterrahmens an den Hilfsrahmen luftdicht, keine schwarzen «Schnäuze» wegen eindringender Kaltluft sichtbar</p> <p>Schwarze Stellen am Isolierglas wegen der Wärmebrückenwirkung durch den Randverbund der Fensterscheibe</p>
<p>des Fensters in der Dachfläche</p>		 <p>Polymer-Bitumenbahn bei Dachfenster auf «Holzkiste» bis zwischen Anschlagteil und Fensterrahmen geführt</p>			<p>Anschluss des Fensterrahmens an die «Holzkiste» luftdicht</p> <p>Schwarze Stellen wegen Luftintritten bei den Fällzen zwischen Flügel und Rahmen</p> <p>Schwarze Stellen am Isolierglas wegen der Wärmebrückenwirkung durch den Randverbund der Fensterscheibe</p>

Unter dem Einfluss der erwähnten Faktoren ist die Messung eines solchen Luftwechsels technisch und zeitlich sehr aufwendig. Einfacher und vor allem besser reproduzierbar ist es, eine Luftdurchlässigkeitsmessung bei einer bestimmten Druckdifferenz zwischen innen und aussen durchzuführen [2, 3]. Für diese Art der Luftdurchlässigkeit existieren Zielwerte, so z.B. in der Norm SIA 180 «Wärmeschutz im Hochbau», die sich in der Vernehmlassung befindet. Nach dieser Norm liegt der Zielwert für Wohnbauten mit vorwiegender Fensterlüftung zwischen 2,5 bis 4,5 Luftwechsel pro Stunde bei einer Druckdifferenz zwischen innen und aussen von 50 Pascal, genannt n_{L50} -Wert. Bei stark windexponierter Lage sollte eher der untere, im gegenteiligen Fall eher der obere n_{L50} -Wert angestrebt werden.

Die Luftdurchlässigkeitsmessung

Das Messverfahren basiert darauf, dass in einem Gebäude mit Ventilatoren ein konstanter Unterdruck erzeugt wird; die abgesaugte Luftmenge ist mit der durch Leckstellen wieder einströmenden Luftmenge identisch. Die Messung ist einfach, der Zeitaufwand und die Störung der Bewohner sind gering.

Bei Gebäude- oder Raummessungen wird dazu anstelle eines Fensters oder einer Türe ein Spezialelement montiert, an das der Ventilator und die Messstrecke für das geförderte Luftvolumen angeschlossen sind. Gemessen wird die Luftmenge pro Gebäude- bzw. Raumvolumen und Stunde bei einem erzeugten Druckunterschied von 50 Pascal (etwa 5 mm Wassersäule). Daraus ergibt sich der erwähnte n_{L50} -Wert, der allgemein gebräuchlich ist. Aus der internationalen Forschung und Messungen in der Schweiz sind für Vergleichswerte genügend grosse Datenmengen vorhanden.

Das Sichtbarmachen der Leckstellen

Die Leckstellen können gleichzeitig bei dem erzeugten Unterdruck mit der Infrarot-Thermographie sichtbar gemacht werden. Dabei werden alle jene Stellen erkennbar, die sich wegen der einströmenden Kaltluft bei den Leckstellen abgekühlt haben. Allerdings ist

dazu eine minimale Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen von 10 K (Kelvin) erforderlich.

Auf dem Bildschirm der Infrarot-Kamera werden diese Stellen als schwarze «Schlieren» oder «Schnäuze» sichtbar und können zur Dokumentation fotografisch festgehalten werden. Bei wenig luftdurchlässigen Gebäuden ergeben sich beim Infrarotbild jedoch kaum Unterschiede zwischen den sog. Wärmebrücken und jenen Stellen, die sich durch die einströmende Luft abgekühlt haben. Für die Interpretation ist es deshalb notwendig, eine allfällige einströmende Kaltluft z.B. mit Rauch zu verifizieren.

Das Objekt und seine Konstruktion

Beim Objekt handelt es sich um ein bestehendes Flachdach-Einfamilienhaus in einer Massivbauweise, auf das neu ein Obergeschoss mit einem Steildach zu erstellen war. Verlangt wurde eine gut wärmedämmende, möglichst wenig luftdurchlässige Gebäudehülle, um die Energieverluste gering zu halten und Schäden innerhalb der Konstruktion wegen von innen nach aussen strömender Warmluft zu vermeiden. Zur Ausführung gelangte eine Leichtbauweise in Holz, die innen sichtbar ist. Das Prinzip der Konstruktion, der Wärmedämmung und der Luftdichtigkeit geht aus der Zusammenstellung 1 hervor.

Der neu erstellte Gebäudeteil besteht aus der ursprünglichen massiven Betonflachdecke als Boden sowie einer Leichtbauweise in Holz für die Giebelwände und das Steildach. In die beiden Giebelwände wurden zwei zweiflügelige Fenster und in das Dach vier Dachflächenfenster eingebaut, wobei alle Fenster eine umlaufende Falzdichtung aufweisen. Das Dach wird zudem durch ein Kamin und drei Strangenlüftungsrohre durchdrungen.

Messergebnisse

Gemessen wurde die Luftdurchlässigkeit des neuen Gebäudeteiles, d.h. des Schrägdaches und der Giebelwände mit allen Einbauten und Durchdringungen. Die Messung ergab einen n_{L50} -Wert von

1 h^{-1} ; dies bedeutet, dass die Raumluft bei der künstlich erzeugten Druckdifferenz einmal pro Stunde ausgewechselt wurde.

Ein solch gutes Ergebnis ist wohl erhofft, jedoch nicht erwartet worden, vor allem weil die Arbeiten nicht durch Spezialisten, sondern durch die örtlichen Handwerker ausgeführt wurden.

Der gemessene n_{L50} -Wert von 1 h^{-1} ist für das vorliegende Objekt mit einer Fensterlüftung als eher zu tief zu beurteilen. Für eine Abluftanlage mit einer Wärmerückgewinnung hingegen wäre er geeignet. Eine solche Anlage ist zurzeit noch nicht vorgesehen. Der Frischluftbedarf wird über die Lüftungsklappe eines Dachfensterelementes sichergestellt, die der Bewohner bedient. Da unter Umständen erhöhte Feuchtigkeit auftreten kann, wird das Objekt messtechnisch überwacht. Vorgesehen sind auch weitere Luftdurchlässigkeitsmessungen in periodischen Abständen.

Die Überprüfung der An- und Abschlüsse sowie der Durchdringungen mit der Infrarot-Thermographie hat mit Ausnahme der Fensterfäze keine nennenswerten Lufteintritte ergeben. Die thermographisch überprüften Stellen zusammen mit den Konstruktions- und Ausführungsdetails sowie eine Beurteilung gehen aus den Zusammenstellungen 2 und 3 hervor.

Es hat sich gezeigt, dass bei einer sorgfältigen Planung, handwerksgerechten Details und fortschrittlichen Unternehmern Holzkonstruktionen mit niedriger Luftdurchlässigkeit machbar sind.

Literatur:

- [1] Roos P., Affentranger S., Menti K., Preisig H. R., Wagner R.: «Wärmedämmung zwischen den Sparren in traditioneller und verbesserter Art», Schweizer Holzbau Nr. 5, 1986
- [2] Kropf F., Michel D., Sell J., Hartmann P.: «Luftdurchlässigkeit von Häusern in Holz- und gemischter Bauweise», EMPA-Bericht Nr. 216 (1987), im Druck
- [3] Michel D.: «Optimaler Luftaustausch in Wohnbauten - Geeignete Lüftungsmethode und konstruktive Lösungsansätze», SIA-Dokumentation D001, 1985

Adressen der Verfasser: H. R. Preisig, Architekt HTL/SIA, 8008 Zürich; D. Michel, dipl. Kult.-Ing. ETH, EMPA Abt. Holz, 8600 Dübendorf.