Zellulosefasern als Wärmedämmstoff in Hohlräumen

Autor(en): **Epple, Hansjörg / Preisig, Hansruedi**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **111 (1993)**

Heft 32

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-78220

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Zellulosefasern als Wärmedämmstoff in Hohlräumen

Aus Zeitungspapier gewonnene, mit Borax und Borsäure behandelte Zellulosefasern werden als Wärmedämmstoff insbesondere in Hohlräume von Holzständerkonstruktionen eingeblasen. Die Fasern dringen beim Blasvorgang in alle Spalten, Löcher und Durchdringungen ein, die deshalb nicht wie bei herkömmlichen Dämm- und Dichtigkeitsystemen mühevoll abgedichtet werden müssen. Luftdichtigkeitsmessungen an einem umgebauten Einfamilienhaus ergaben, dass eine flächige Verkleidung aus Platten für eine gute Luftdichtigkeit ausreicht. Feuchtigkeitsmessungen bestätigten, dass bei Wärmedämmungen aus eingeblasenen Zellulosefasern auf Dampfsperren verzichtet werden kann.

VON HANSJÖRG EPPLE, ADLISWIL, UND HANSRUEDI PREISIG, ZÜRICH

Traditionelle Dämm- und Dichtigkeitssysteme

Holzbauten werden heute in der Regel mit Mineralwolleplatten wärmegedämmt. Je nach System wird die Dämmschicht zwischen oder ausserhalb der Tragkonstruktion eingebaut. Eine zusätzliche Schicht muss eine genügende Luftdichtigkeit gewährleisten und eine schädliche Kondensatbildung verhindern. Dafür werden Kunststoffolien, Spezialpapiere oder auch Holzwerkstoff- oder Gipskartonplatten verwendet. Bei diesen Dichtungssystemen ergeben sich dann funktionstüchtige Konstruktionen, wenn die Stösse sowie An- und Abschlüsse dicht ausgeführt werden können. Diese Forderung ist nicht ohne weiteres zu erfüllen, wenn die Dämmschicht zwischen der Tragkonstruktion liegt und die Luftdichtigkeits- und Dampfsperrschicht von Balken, Sparren oder Pfetten durchdrungen wird. Dieses Dämmsystem ist weit verbreitet und bietet sich bei nachträglichen Dachraumausbauten oft als die einzige Lösung an.

Die grosse Zunahme von Beanstandungen belegen, dass zwischen der Tragkonstruktion angeordnete Dämmsysteme risikoreich sind. Beanstandet werden häufig Zugerscheinungen im Gebäudeinnern sowie Kondenswasser- und Pilzbildungen innerhalb der Konstruktion. Die Ursachen sind jeweils Undichtigkeiten in der Luftdichtigkeits- und Dampfsperrschicht.

Die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle spielt heute sowohl aus Komfortgründen als auch bezüglich Wärmeverlust eine wichtige Rolle. Deshalb sind in der Norm SIA 180 (Ausgabe 1988) «Wärmeschutz im Hochbau» entsprechende Richtwerte enthalten. Es handelt sich um den n_{L50}-Messwert – der Luftwechselrate bei 50 Pascal Druckunterschied – der zwischen 2 bis 4.5 h^{-1} variiert.

Untersuchungen des IP-Holz [1] ergaben, dass diese Grenzwerte häufig überschritten werden. Besonders häufig betroffen waren Gebäude mit zwischen der Tragkonstruktion liegender Dämm-, Luftdichtigkeits- und Dampfsperrschicht. Die Ursachen waren jeweils Undichtigkeiten bei An- und Abschlüssen der Luftdichtigkeits- respektive der Dampfsperrschicht. Sie waren nicht allein auf eine unsorgfältige Ausführung durch die Handwerker zurückzuführen, sondern meistens eine Folge des Systems mit den zahlreichen Durchdringungen (Bild 1).

Für Konstruktionen mit zahlreichen, nicht vermeidbaren Durchdringungen sollte ein Wärmedämm- und Dichtigkeitssystem zur Verfügung stehen, das folgende Eigenschaften aufweist:

- Im Bereich der Durchdringungen muss der Dämmstoff eine dichtende Wirkung gegen Warmluftaustritte und Kaltlufteintritte aufweisen.
- Der Dämmstoff muss Feuchtigkeit als Folge der Kondensation von übrigbleibenden Warmluftdurchtritten unbeschadet aufnehmen und speichern sowie während der Austrocknungszeit schnell wieder abgeben können.
- Die grossflächige Luftdichtigkeit wird durch Platten gewährleistet.

Hohlraumdämmung aus eingeblasenen Zellulosefasern

Im Rahmen des 1989 durchgeführten Wettbewerbes «Hochdämmende Wand- und Deckenkonstruktionen» des Bundesamtes für Energiewirtschaft wurden zwei Arbeiten mit Zellulosefasern als Dämmstoff ausgezeichnet. Der Dämmstoff wurde in die Hohlräume der Tragkonstruktion eingeblasen und soll das Problem der Luftdichtigkeit und Feuchtigkeitsanreicherung innerhalb der Konstruktion zufriedenstellend lösen.

Ob die eingeblasenen Zellulosefasern als Wärmedämmstoff die gestellten Anforderungen erfüllen, waren die Themen von Diplomarbeiten zweier Studentengruppen an der Abteilung Architektur des Technikums Winterthur. Eine Gruppe untersuchte das Feuchtigkeitsverhalten [3], die andere die Luftdichtigkeitseigenschaften [4]. Messtechnisch unterstützt wurden die Arbeiten durch die Abteilungen Holz und Bauphysik der EMPA Dübendorf.

Feuchtigkeitsverhalten

Material und Kennwerte

Die für die Untersuchungen verwendeten Zellulosefasern stammen gemäss Angaben der Hersteller aus geschreddertem Zeitungspapier. Für den Brandschutz und gegen Insekten werden den Fasern Borax und Borsäure zugegeben.

An der Abteilung Bauphysik der EMPA Dübendorf wurden bauphysikalische und brandschutztechnische Kenndaten ermittelt (Tabelle 1). Im Labor des Technikums Winterthur erfolgte eine Bestimmung der Sorptionskurven von Zellulosefasern (Bild 2).

Versuchsanordnung und Messungen im eingebauten Zustand

Die Untersuchungen des Feuchtigkeitsverhaltens der in den Hohlraum zwischen Innentäfer und Unterdach eingeblasenen Zellulosefasern konnten an einer eigens dafür eingerichteten Versuchsanordnung im Dachraum des Amtshauses II der Stadt Zürich durchgeführt werden. Im steil geneigten Teil des nach Süden orientierten Mansardenwalmdaches wurde für die Messungen eine ca. 6.5 m lange abgeschlossene und wärmegedämmte Zelle über 12 Sparrenfelder gebaut. Im mittleren, von Randeinflüssen ungestörten Bereich dienten für die Untersuchungen zwei Messfelder von ca. 1 m Breite und 2.2 m Höhe über jeweils zwei Sparrenfeldern mit folgenden zwei Aufbauvarianten:

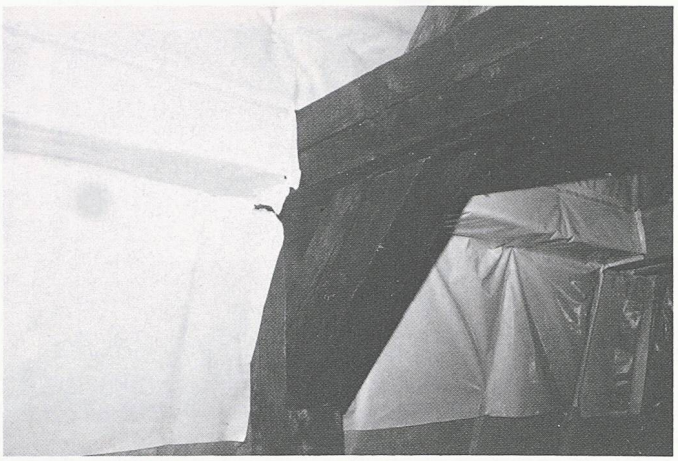

Bild 1. Systembedingte Undichtigkeiten in der Luftdichtigkeits- und Dampfsperrschicht bei den Durchstossstellen der Zangen

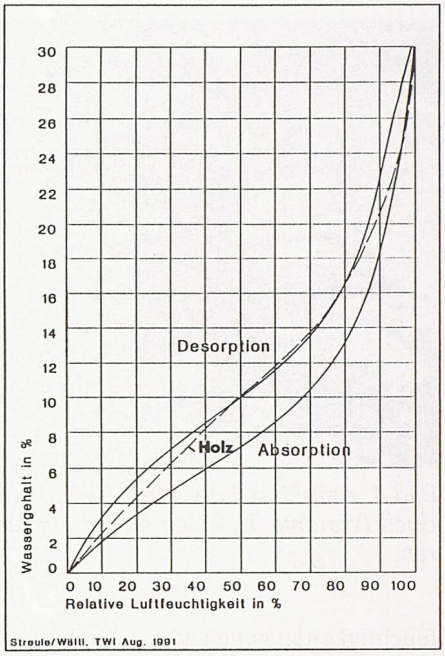

Bild 2. Sorptionsverhalten von Zellulosefasern aus Diplomarbeit Streule/Wälti, TWI Abt. Architektur, August 1991 [4] im Vergleich zu Holz aus Norm SIA 164, Holzbau

Variante 1 (Bild 3):

- Die alte Ziegellattung wurde entfernt. Als Unterdach dienten neue auf die Sparren aufgenagelte 5 mm dicke Hartfaserplatten. Darauf folgte die Konterlattung sowie die neue Ziegellattung. Die alten Biberschwanzziegel konnten wiederverwendet werden. An den Innenseiten der Sparren wurde ein rohes Fichtentäfer angebracht. In den Hohlraum zwischen Täfer und Hartfaserplatte wurden die Zellulosefasern von oben eingeblasen.

Variante 2 (Bild 3):

- Bei der Variante 2 wurden die Hartfaserplatten direkt auf die alten Ziegellatten aufgenagelt. Neue Konter- und Ziegellatten wurden für die Biberschwanzdeckung verwendet. An den Innenseiten der Sparren wurde zunächst ein loses, einfach überlapptes Kraftpapier und darauf Holztäfer angebracht. Der Hohlraum konnte wiederum mit eingeblasenen Zellulosefasern von oben gefüllt werden.

In zwei abgeschotteten Feldern wurde anstelle des Unterdaches aus Hartfaserplatten ein «wasserdampfdichtes» Kunststoffglas verwendet, um den Einblasvorgang direkt überwachen zu können. Es wurde auch erwartet, dass während der Messperiode eine kräftige Kondensatbildung hinter dem Kunststoffglas beobachtet werden könne.

Die Untersuchungen wurden während der Winterperiode 1989/90 durchgeführt und mit reduziertem Aufwand im darauffolgenden Winter 1990/91 weitergeführt. In der Messzelle konnten die Lufttemperaturen während der Winterperiode 1989/90 konstant auf ca. 20 °C und die relativen Luftfeuchtigkeiten auf ca. 50% gehalten werden. Ab Ende April 1990 wurde die Konditionierung in der Messzelle unterbrochen und im Dezember 1990 mit Temperaturen von 23 °C und 60% relativer Luftfeuchtigkeit wieder aufgenommen.

Folgende Messungen wurden durchgeführt:

- Permanente Luftfeuchtigkeits- und Temperaturmessungen innerhalb der Dämmschicht unter dem Unterdach
- Periodische gravimetrische Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes des Dämmaterials
- Periodische Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Sparren und Ziegellatten mit elektrischem Holzfeuchtigkeits-Messgerät
- Bestimmung der Rohdichte des Wärmedämmaterials nach Abbruch der Messung.

Resultate, Diskussion

Messungen und Resultate Winter 1989/90

Im Winter 1989/90 - bei konstant gehaltenen Innenlufttemperaturen von 20 °C bei 50% relativer Luftfeuchtigkeit - erreichten die in der Dämmschicht unmittelbar unterhalb des Unterdaches gemessenen Luftfeuchtigkeiten nach sehr kurzer Zeit 80% bis 85%. Im März und April 1990 konnte ein Absinken der relativen Luftfeuchtigkeiten innerhalb der Dämmschicht auf 55% bis 70% festgestellt werden.

Die Feuchtigkeitsgehalte der periodisch ausgebauten Zellulosefasern betrugen im Februar 1990 ca. 14 bis 19 Masse-% (Mittelwert 16.4 Masse-% aus n = 3 Messwerten). Im März fielen die

Wärmeleitfähigkeit*	10,tr	0.040 W/mK
Dampfleitfähigkeit	D	0.289 mg/mhPa
Diffusionswiderstandszahl		2.5
Brandkennziffer		5.3

* Rohdichte: 50kg/m³;
Wassergehalt: 10 Masse-%

Tabelle 1. Materialkenndaten von Zellulosefasern (Marke Isofloc) als Wärmedämmaterial nach den Untersuchungen der EMPA [5]

Werte auf 11 bis 14 Masse-% (Mittelwert 12.1 Masse-%; n = 4) und im April 1990 auf 8.4 Masse-% (n = 4). Zwischen den Varianten 1 und 2 konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Die Resultate der Feuchtigkeitsgehalte der ausgebauten Zellulosefasern korrelieren gut mit den im Labor bei 20 °C ermittelten Sorptionsfeuchtigkeiten (Bild 2). Die innerhalb der Dämmschicht gemessenen relativen Luft-

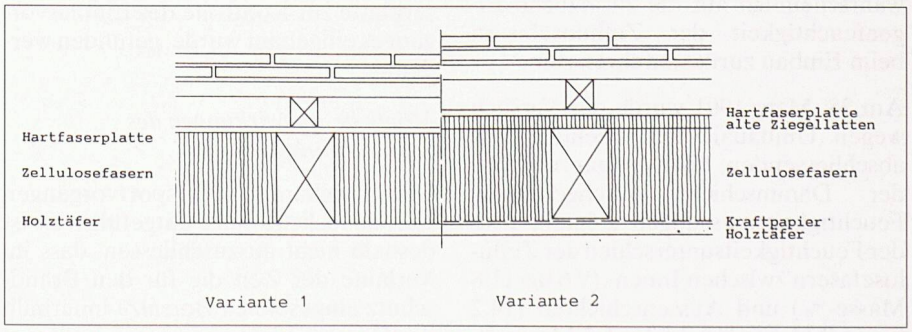

Bild 3. Amtshaus II der Stadt Zürich: Aufbau des Prüfdaches

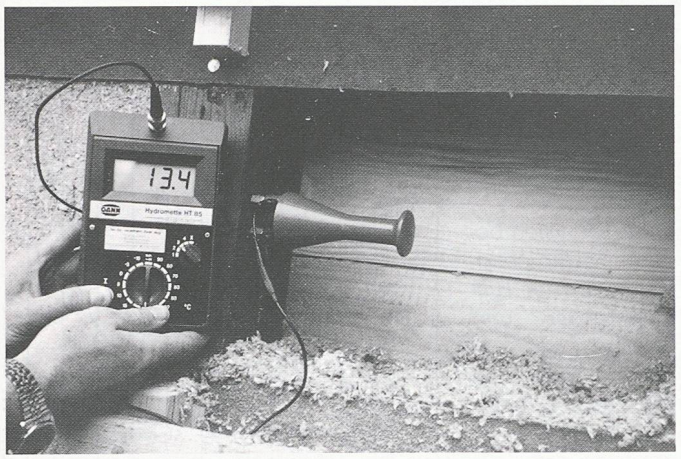

Bild 4. Amtshaus II der Stadt Zürich: Probeöffnung beim Prüfdach (Variante 1); keine erhöhte Holzfeuchtigkeit am Sparren

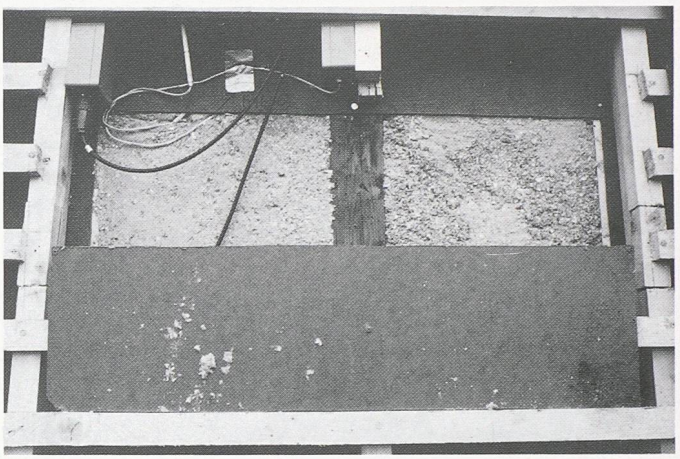

Bild 5. Amtshaus II der Stadt Zürich: Probeöffnung am Prüfdach (Variante 1); keine Anzeichen einer Pilzbildung an der Rückseite der Hartfaserplatten wie an den Sparren

feuchtigkeiten geben also einen ausgesprochen guten Einblick in das Feuchtigkeitsverhalten des Dämmstoffes.

Die elektrisch gemessenen Holzfeuchtigkeiten der Sparren (Bild 4) im äusseren Dämmschichtbereich betrugen in den Monaten Februar und März 1990 15.8 Masse-% (Mittelwert aus n = 10 Messungen). Der mittlere Feuchtigkeitsgehalt der Sparren im Dachraum ergab ebenfalls 15.8 Masse-% (n = 82). Im April konnte ein Absinken der Feuchtigkeitsgehalte der im äusseren Dämmschichtbereich liegenden Sparren auf 14.3 Masse-% (n = 7) festgestellt werden. Im Dachraum fielen die Werte im April auf 14.5 Masse-% (n = 42). Wiederum konnte zwischen den Varianten 1 und 2 kein massgeblicher Unterschied festgestellt werden.

Bei den Probeöffnungen konnten weder an den Hartfaserplatten, noch an den Sparren und Latten Anzeichen einer Pilzbildung festgestellt werden (Bild 5).

Im Februar 1991 konnten trotz des schärferen Innenklimas von 22 °C und 60% relativer Luftfeuchtigkeit tiefere Feuchtigkeitsgehalte der Dämmschicht (zwischen 10 bis 14 Masse-%) als in der vergleichbaren Periode des Vorjahres ermittelt werden. Der höhere Feuchtigkeitsgehalt im Februar 1990 dürfte wahrscheinlich auf die zusätzliche Eigenfeuchtigkeit der Zellulosefasern beim Einbau zurückzuführen sein.

Am 28. März 1991 wurde der Versuch wegen Umbauarbeiten beendet. Die abschliessenden, über die ganze Dicke der Dämmschicht durchgeführten Feuchtigkeitsmessungen zeigten, dass der Feuchtigkeitsunterschied der Zellulosefasern zwischen Innen- (9.6 bis 11.8 Masse-%) und Aussenschichten (14.2 bis 16.7 Masse-%) 3.5 bis 6.3 Masse-% betrug.

Gemessene Kondensatmengen

Aufgrund der gemessenen Feuchtigkeitsgehalte kann die während der Kondensationsperiode in der Dämmschicht aufgenommene Feuchtigkeitsmenge berechnet werden. Die Rohdichte der eingeblasenen Zellulosefasern betrug durchschnittlich 85 kg/m^3 (Messwerte). Die Feuchtigkeitszunahme in den äusseren 70 mm der Dämmschicht war im Winter 1991 ca. 5.5 Masse-%. Daraus ergibt sich eine berechnete Wasseraufnahme von etwa 330 g/m^2.

Herkömmliche Diffusionsberechnungen versagen, um die gemessene Kondensatmenge im Faserdämmstoff nachzuweisen.

Sorptionsverhalten

Diffusionsberechnungen versagen, weil sich im Dämmstoff aus Zellulosefasern wegen der grossen Sorptionsfähigkeit ein Gleichgewicht zwischen Diffusions- und kapillaren Transportvorgängen einstellen kann. Dies bewirkt, dass der Feuchtigkeitsgehalt der Zellulosefasern kaum über 16 Masse-% ansteigt und keine Feuchtigkeitsanreicherung an allen mit den Zellulosefasern in Kontakt stehenden Flächen auftritt. Aus diesem Grund konnten auch keine höheren Feuchtigkeitsgehalte unterhalb des Kunststoffglases, das bei zwei Sparrenfeldern anstelle der Hartfaserplatte zur Kontrolle des Einblasvorganges eingebaut wurde, gefunden werden.

Mögliche Auswirkungen des Kapillartransportes

Bei kapillaren Transportvorgängen werden lösliche Salze mitgeführt. Es ist deshalb nicht auszuschliessen, dass im Verlaufe der Zeit die für den Brandschutz eingesetzten Borsalze innerhalb der Dämmschicht nach innen verlagert werden. Es ist möglich, dass die Konzentration des Borsalzes entsprechend im äusseren Dämmschichtbereich mit der Zeit abnimmt. Eine Ueberprüfung dieses Effektes fand bisher nicht statt.

Luftdurchlässigkeit

Messmethode, Objekt

Die Luftdurchlässigkeit einer Gebäudehülle, deren Hohlräume mit Zellulosefasern wärmegedämmt sind, lässt sich nur an einem Objekt messen und beurteilen. Ein dafür geeignetes Haus befand sich in der Stadt Winterthur. Ein grosser Vorteil war, dass die gesamte Tragkonstruktion des ca. 60jährigen Doppeleinfamilienhauses aus Holz bestand und die Luftdurchlässigkeit nach verschiedenen Phasen der Umbauarbeiten bestimmt werden konnte. Gemessen wurde die Luftdurchlässigkeit bei einem künstlich erzeugten Unterdruck von 50 Pascal. Daraus resultierte der sogenannte n_{L50}-Wert. Entsprechende Richtwerte sind in der Norm SIA 180 «Wärmeschutz im Hochbau» (Ausgabe 1988) enthalten.

Beim Objekt handelt es sich um einen Holzständerbau, dessen Aussenwände mit verputzten, zement- und kalkgebundenen Holzfaserplatten verkleidet sind. Die gesamte Holzkonstruktion wurde sowohl bei den Wänden wie beim Dach von innen her neu mit Gipsplatten verkleidet. Danach konnten die Hohlräume mit Zellulosefasern ausgeblasen werden. Eine zweite Lage Gipsplatten wurde schliesslich auf der ersten befestigt, um eine stabile Innenverkleidung zu erhalten (Bild 6). Alle Fenster wurden ersetzt.

Versuchsanordnung und Messungen

Die erste Messung der Luftdurchlässigkeit fand nach dem Einbau der ersten Gipsplatte statt. Bei den zahlreichen Durchdringungen wurden die Platten

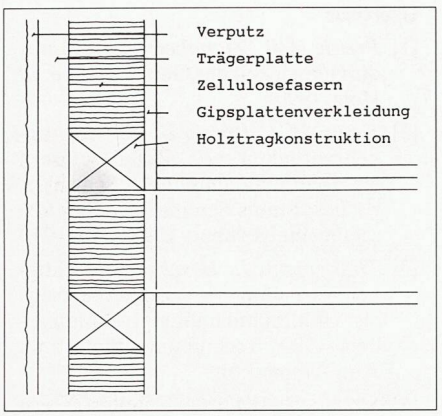

Bild 6. (links) Einfamilienhaus Winterthur: Schnitt durch Wand/Deckenanschluss Aufbau der Aussenwand

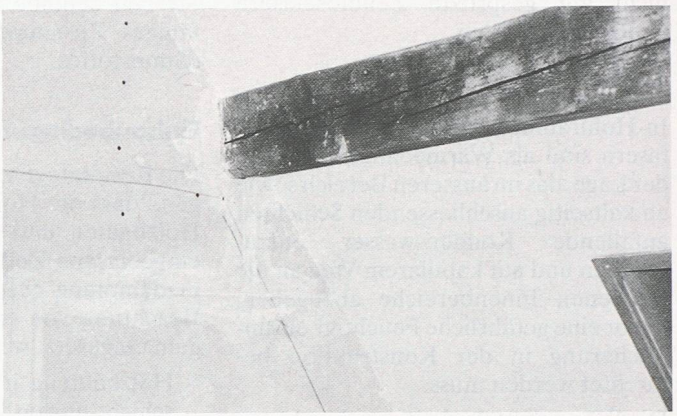

Bild 7. (rechts) Einfamilienhaus Winterthur: Durchdringung einer Mittelpfette durch Gipskartonplattenverkleidung

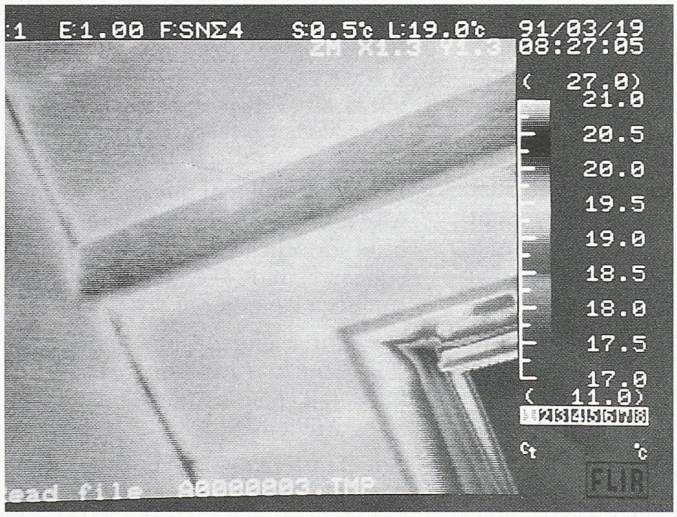

Bild 8. Einfamilienhaus Winterthur: Thermografieaufnahme der Durchdringung bei Mittelpfette aus Bild 7; keine Luftundichtigkeiten erkennbar (s. auch Titelbild)

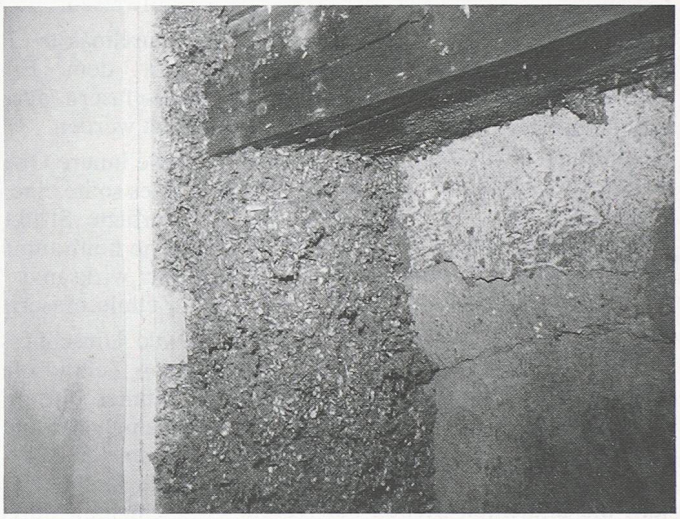

Bild 9. Einfamilienhaus Winterthur: Probeöffnung an der Aussenwand; kompakte, dichte Anschlüsse der Zellulosefasern

lediglich «stumpf» und ohne spezielle Dichtungsmassnahmen angeschlossen. Um alle Nebeneinflüsse auszuschalten, wurden Lüftungsöffnungen sowie der Zugang zum Kellergeschoss abgedichtet.

Die zweite Messung der Luftdurchlässigkeit erfolgte, nachdem die Zellulosefasern eingeblasen waren. Nach dem Aufbringen der zweiten Gipsplatte und dem Ausblasen der Fensterleibungsanschlüsse fand die dritte Messung statt. Während jeder Messung wurden von verschiedenen Anschlussdetails Infrarotaufnahmen erstellt.

Resultate, Diskussion

Der n_{L50}-Wert des Gebäudes ohne Dämmschicht lag erwartungsgemäss hoch und betrug 10.7h^{-1}. Undichtigkeiten waren aufgrund der Infrarotaufnahmen vor allem im Bereich der Durchdringungen der Gipsplattenverkleidung durch Sparren, Balken, Streben und Pfetten festzustellen.

Nach dem Ausblasen der Hohlräume bei Wand und Dach mit Zellulosefasern fiel der n_{L50}-Wert auf 3.3h^{-1}. Ein Vergleich der Infrarotaufnahmen vor und nach dem Ausblasen zeigte, dass die Sparren- und Balkendurchdringungen durch die Zellulosefasern «abgedichtet» wurden (Bild 7; Bild 8).

Der n_{L50}-Wert reduzierte sich nach dem Ausblasen der Fensterleibungsanschlüsse auf 2.7h^{-1}. Mit Hilfe der Infrarotaufnahmen liessen sich keine Undichtigkeiten der Gebäudehülle ausfindig machen. Die wenig tieferen Oberflächentemperaturen im Bereich der Anschlüsse von Balken und Sparren sind auf geometrisch bedingte Wärmebrücken zurückzuführen.

Die gemessenen Luftdurchlässigkeiten lagen bereits vor dem Anbringen der zweiten Gipsplatte innerhalb der in der Norm SIA 180 empfohlenen Richtwerte von 2 bis 4.5h^{-1}. Auf ein zusätzliches Abdichten der Anschlussbauteile Boden/Wand, Decke/Wand sowie entlang den sichtbaren Durchdringungen durch die Gipskarton-Plattenverkleidung konnte verzichtet werden.

Der Grund für die geringe Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle beruht auf dem Zusammenwirken der flächigen Abdichtung, die durch die Gipsplatten bewerkstelligt wird, und dem direkten Verschliessen der undichten Anschlüsse und Durchdringungen durch die Zellulosefasern.

Beim Einblasen wird im Hohlraum ein kleiner Überdruck erzeugt. Es entsteht an allen undichten Stellen ein Luftstrom, der die stark verfilzten Zellulosefasern mitführt. Diese klammern sich an den rauhen Oberflächen der undichten Stellen fest, bis alle Löcher und Ritzen mit immer feineren Fasern nach und nach ausgefüllt und «abgedichtet» sind. Für ein kompaktes und dichtes Anschliessen der Zellulosefasern sind mehr oder wenig gleichmässig verteilte Undichtigkeiten im Hohlraum notwendig.

Probeöffnungen zeigten, dass der Hohlraum kompakt und bis in alle Ecken und Ritzen vollständig mit Fasern gefüllt war (Bild 9). Die gemessene Rohdichte betrug 75 kg/m³. Beim Einblasen war eine Rohdichte von ca. 50 kg/m³ vorgesehen.

Schlussfolgerungen

Untersuchungsresultate

Einsatzgebiet der Zellulosefasern

Die Untersuchungen wurden an Zellulosefasern vorgenommen, die in Hohlräume von Holzbauten eingeblasen wurden und vor allem die Funktion der Wärmedämmung und auch eine dichtende Aufgabe bei den Durchdringungen übernahmen. Die Resultate dürfen

nicht auf gespritzte Zellulosefasern übertragen werden.

Feuchtigkeitsverhalten

In Hohlräume eingeblasene Zellulosefasern sind als Wärmedämmschicht in der Lage, das im äusseren Bereich sowie an kaltseitig anschliessenden Schichten anfallende Kondenswasser aufzunehmen und auf kapillarem Weg an die trockenen Innenbereiche abzugeben, bevor eine gefährliche Feuchtigkeitsanreicherung in der Konstruktion befürchtet werden muss.

Die Wärmeleitfähigkeit der eingeblasenen Zellulosefasern wird durch die Feuchtigkeitsaufnahme im äussersten Dämmschichtbereich gemäss den EMPA-Untersuchungen nur minimal erhöht. Im Extremfall steigt die Wärmeleitfähigkeit in den äusseren 20 bis 30 mm auf 0.05 W/mK. Diese Zunahme ist bezogen auf die üblicherweise weit grössere Gesamtdicke der Wärmedämmung für die Berechnung des k-Wertes nicht relevant.

Luftdurchlässigkeit

Eine günstige Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle wird erreicht, wenn raumseitig eine flächige Abdichtung vorgesehen wird und die Zellulosefasern die undichten Stellen bei Durchdringungen sowie An- und Abschlüssen beim Einblasen verschliessen. Am untersuchten Beispiel wurde ein n_{L50}-Wert von $2.7h^{-1}$ erreicht. Der Wert liegt innerhalb der empfohlenen Richtwerte gemäss Norm SIA 180.

Rohdichte

Die Rohdichten waren bei den untersuchten Objekten deutlich höher als geplant. Die in der Tabelle 1 angegebenen Wärmeleitfähigkeiten beruhen auf einer Rohdichte von 50 kg/m³. Die effektiven Wärmeleitfähigkeiten der in Hohlräumen eingeblasenen Zellulosefasern dürften in den meisten Fällen wegen der höheren Rohdichte um ca. 10% höher liegen, was bei der Berechnung des k-Wertes berücksichtigt werden sollte.

Zusammenfallen der Dämmschicht

Bisher wenig untersucht wurde die Frage des Zusammenfallens der Zellulosefasern durch Erschütterungen oder Feuchtigkeitseinflüsse. Die Gefahr eines Zusammenfallens der Dämmschicht dürfte mit abnehmender Rohdichte anwachsen. Es ist aus diesem Grunde eher von Vorteil, bei stark geneigten und senkrechten Hohlräumen etwas höhere Rohdichten anzustreben. Ebenfalls sollte ein zusammenhängender Hohlraum nicht mehr als Geschosshöhe betragen. Horizontale Latten und Streben behindern zuverlässig ein allfälliges Zusammensacken des Faserdämmstoffes.

Einbaubedingungen

Die Resultate der Untersuchungen zeigen, dass in Hohlräumen von alten Holzbauten und Dachraumausbauten eingeblasene Zellulosefasern als Wärmedämmung geeignet sind und unter Beachtung von einigen wichtigen Regeln eingesetzt werden dürfen:

- Holzbauteile innerhalb der Dämmschicht dürfen keine Fäulnisschäden aufweisen.
- Durchnässte Holzbauteile müssen vor dem Einblasen der Zellulosefasern ausreichend ausgetrocknet werden.
- Die innere Oberfläche des Unterdaches sollte eine möglichst rauhe oder verfilzte Struktur aufweisen, damit eine hohlraumfreie und somit kapillar wirksame Verbindung zu den Zellulosefasern entstehen kann.
- Die Umschliessungsflächen des mit den Zellulosefasern gefüllten Hohlraumes dürfen sich nicht oder nur wenig verformen, damit keine Hohlräume entstehen. Insbesondere muss ein Ausbauchen der angrenzenden Schichten durch Feuchtigkeitsänderungen ausgeschlossen werden. Ein enger Kontakt zwischen den Umfassungsflächen des Hohlraumes und der Dämmschicht muss gewährleistet sein.
- Der Hohlraum von Wänden sollte nicht höher als eingeschossig sein. Eine Unterteilung auf halber Geschosshöhe ist zu empfehlen.
- Horizontale Latten und Streben an der warmen Seite der Umfassungsfläche des Hohlraumes behindern ein allfälliges Zusammenfallen der Dämmschicht.
- In vertikalen oder stark geneigten Hohlräumen ist eine höhere Rohdichte anzustreben.
- Die Kondensationsebene muss immer innerhalb des Faserdämmstoffes liegen. Der Faserdämmstoff muss in einer ausreichenden Dicke eingeblasen werden, damit ein kapillarer Feuchtigkeitsausgleich stattfinden kann.
- Nur grosse Leckagen des Hohlraumes sind vor dem Einblasen auszustopfen (z.B. mit Kokosfasern). Damit ein kompaktes und dichtes Füllen des Hohlraumes gewährleistet werden kann, sind möglichst gleichmässig verteilte Leckagen im Hohlraum wünschenswert.

Folgende Anforderungen müssen an den Unternehmer gestellt werden:

Literatur

[1] *Preisig H. R., Zumoberhaus M.:* Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle; IP Holz, 1990

[2] *Epple, H. J., Preisig H. R.:* Feuchtigkeitsverhalten von Zellulosefasern als Hohlraumdämmung; 6. Schweizerisches Status-Seminar Energieforschung im Hochbau, 1990, S. 213–218

[3] *Thürlemann J., Bösch B.:* Feuchtigkeitsverhalten von Zellulosefasern als Hohlraumdämmung, Diplomarbeit 1990, Technikum Winterthur, Abt. Architektur

[4] *Streule G., Wälti O.:* Zellulosefasern als Wärmedämmung, Diplomarbeit 1991, Technikum Winterthur, Abt. Architektur

[5] EMPA-Berichte Nr. 127'521 und 128'901: Bauphysikalische und brandschutztechnische Kenndaten

- Der Unternehmer muss den Nachweis erbringen, mit dem Material vertraut zu sein und die Einbaubedingungen und Schutzmassnahmen genau zu kennen.
- Der Unternehmer muss in der Lage sein, Holzkonstruktionen bezüglich Pilzbefall, Fäulnis und Feuchtigkeit zu beurteilen.
- Zur Beurteilung der Feuchtigkeit an der Holzkonstruktion müssen Feuchtigkeitsmessungen durchgeführt werden.
- Der Unternehmer sollte zur Beurteilung des Hohlraumes mit einem Endoskop ausgerüstet sein.
- Die Einblasöffnungen sind frühzeitig vor dem Einblasen genau zu bestimmen und an den Wänden anzuzeichnen. Die Einblasöffnungen werden mit Hilfe des Endoskopes bestimmt oder allenfalls vor dem Anbringen der inneren oder äusseren Verkleidung festgelegt.
- Der Einblasvorgang wird vor dem Einblasen festgelegt.
- Vor dem Einblasen ist darauf zu achten, dass die Hohlräume gleichmässig verteilte Undichtigkeiten aufweisen. Ein dichtes Abschliessen der Stösse und Anschlüsse von Verkleidungsplatten ist nicht zulässig.
- Der Unternehmer sollte in der Lage sein, die Rohdichte auf ca. 10 kg/m³ genau einzustellen.

Adressen der Verfasser: *Hansjörg Epple*, dipl. Ing. ETH/SIA, Dozent TWI/Abt. Architektur, Tecnotest AG, 8134 Adliswil; und Hansruedi Preisig, dipl. Arch. HTL/SIA, Dozent TWI Abt. Architektur, 8001 Zürich.

Wir danken Herrn Häfeli, Energieberatungsstelle der Stadt Zürich, für die massgebliche Unterstützung und wertvolle Mitarbeit bei den Versuchen im Dachgeschoss des Amtshauses II.