

# Zweischalen-Mauerwerk mit Foamglas-Wärmedämmung

Autor(en): **Wieland, Heinz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **103 (1985)**

Heft 39

PDF erstellt am: **17.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75889>

## **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.

mit Gas, Kohle, Holz usw. mithelfen, das Erdöl abzulösen. Das gibt einmal einen Mehrbedarf. Aber auch die anderen Substitutionsenergien, die traditionellen wie die neuen, sind für Zündung, Steuerung, Hilfsapparate, Antrieb von Umwälzpumpen auf die Elektrizität angewiesen. Ohne elektrischen Strom geht überhaupt nichts. Was durch rationale Nutzung im Stromsektor eingespart wird, wird zum Teil durch die Substitution des Erdöls wieder kompensiert.

Was aber zu beachten ist: *Energiesparen braucht Strom*. Die Wärmepumpe, die Nutzung der Sonnenenergie mit ihren Umwälzpumpen, der öffentliche (Bahn-)Verkehr, der allmählich an die Stelle des treibstoffverzehrenden privaten Verkehrs treten soll – sie alle brauchen Elektrizität. Auch für die rationellere Fertigung in der Industrie, für die Forschung, für die moderne Ausgestaltung des Arbeitsplatzes braucht es neben einem Mehreinsatz an Know-how mehr Maschinen und Apparate, die Elektrizität verbrauchen. Schliesslich braucht der Umweltschutz mehr Strom: Abgasreinigung, Aufbereitung fester Abfälle, Betrieb von Kläranlagen usw. sind hier die Stichworte. Das sind die Gründe, warum im Zeitalter des Energiesparens einzelne Energieträger wie das Erdöl einen rückläufigen Konsum haben, während andere, wie die Elektrizität, eine gedämpfte, aber dennoch stetig steigende Konsumzunahme aufweisen. Das Wachstum des Stromverbrauchs folgt eigenen Gesetzmässigkeiten.

Elektrizität ist nicht gleich Energie schlechthin. Das Energiesparen kann nicht durch Beschränkung des Stromkonsums gefördert werden.

Diese Einsicht entspricht nicht nur schweizerischen, sondern internationalen Erfahrungen. Ein Blick in die IEA-Runde zeigt, dass dort, wo der Energieverbrauch rückläufig war, die Elektrizität den kleinsten oder gar keinen Rückgang aufwies; dort, wo der Energieverbrauch wieder stieg, führte der elektrische Strom die Zuwachsraten an. In ihren Zukunftsperspektiven sagen deshalb die IEA-Länder eine wachsende Bedeutung der Elektrizität voraus, deren Anteil am gesamten Endenergieverbrauch von 15% im Jahre 1982 auf 20% im Jahre 2000 steigen soll. Dieser Gewichtszuwachs wird vor allem im Sektor Industrie einerseits und Haushalt, Gewerbe und Dienstleistungen andererseits erwartet. Im Zeitalter des industriellen Fortschritts, der Substitution und des Umweltschutzes die Elektrizität in ihrer Entfaltung durch gesetzliche Hemmnisse oder Verzögerung von Kraftwerksbauprogrammen zurückbinden zu wollen, stellt ein Unterfangen dar, das einer zeitgerechten Energiepolitik zuwiderläuft.

### Sparen mit Kopf!

So hat denn das Sparen viele Facetten: energiewirtschaftliche, ökologische, finanzielle, gesellschaftspolitische. Es ist

ein unerschöpfliches Thema. Es ist kein Modewort – um auf den Titel zurückzukommen –, sondern eine Generationenaufgabe, ein Grundpfeiler jeder Energiepolitik. Zwar ist Sparen auch eine Angelegenheit der Mentalität, der Einsicht in globale und ökologische Zusammenhänge, in die Grenzen menschlichen Tuns. Sparen ist aber auch eine Sache der Betriebswirtschaft, der Rentabilität, des kommerziellen Denkens, der Kosten-Nutzen-Analyse.

Richtig und sinnvoll Sparen braucht Know-how, Information und Transparenz. Deshalb ist ein Informationsaustausch so wichtig. Beim Sparen werden nicht nur hehre Postulate anvisiert, sondern Fragen wie «gewusst wo», «gewusst wie», «gewusst wann» und «gewusst wie lange», aber auch «gewusst wie nicht» konkret und praktisch behandelt. Sparen heisst nicht nur (blind) handeln, sparen heisst (vorher) denken. «Denk mit, spar mit», hiess das Motto der nationalen Energiesparkampagne, die im Oktober 1977 als Folge des GEK-Berichtes lanciert wurde. «Denk mit, spar mit» hat noch heute seine volle Gültigkeit. Wer das Herz auf dem rechten Fleck hat, der spart – und spart mit Kopf.

Adresse des Verfassers: M. Kohn, dipl. Ing. ETH/SIA, Hohenklingenstr. 10, 8049 Zürich.

## Zweischalen-Mauerwerk mit Foamglas-Wärmedämmung

Von Heinz Wieland, Maienfeld

Im folgenden wird das Problem der Wasserdampfdiffusion im Zweischalen-Mauerwerk theoretisch und praktisch beleuchtet. Die Forderung nach Kondensationsfreiheit im Mauerwerk auch an singulären Stellen wird aufgestellt und begründet, dann aber auch gezeigt, wie diese Forderung erfüllt werden kann. Mit der Verwendung von Foamglas-Boards als Wärmedämmung wird ein etwas teureres, aber qualitativ hochwertiges Mauerwerk erzielt.

### Einleitung

Im Wohnungsbau wird das Zweischalenmauerwerk mit Kerndämmung häufig als hochwertiges wärmegeprägtes Mauerwerk verwendet. Die Vorteile dieser Bauweise sind vielfältig. Trotzdem darf nicht vergessen werden, dass

das Zweischalen-Mauerwerk mit Kerndämmung ein heikler Bauteil ist, da dünne Backsteinschalen nicht unproblematisch sind. Richtige statische Bemessung und vor allem auch richtige Verankerung der äusseren Schale, aber auch saubere handwerkliche Verarbeitung sind wichtig. Die Probleme der statischen Bemessung des Mauerwerkes

wurden in den letzten Jahren unter der Leitung von Prof. Thürlimann an der ETHZ untersucht und im wesentlichen in Lit. [1] und [2] beschrieben. Den Problemen der Wasserdampfdiffusion und Kondensation im Wandinnern hingegen wurde bis jetzt wenig Beachtung geschenkt.

### Feuchtigkeit im Wandinnern

Die Feuchtigkeit im Innern des Zweischalenmauerwerkes mit Kerndämmung und vor allem in letzterer ist das zentrale bauphysikalische Problem dieser Wandkonstruktion.

### Berechnung

Die einschlägigen SIA-Empfehlungen [3, 4] halten fest, dass nach einem anerkannten Verfahren nachgewiesen werden muss, dass keine schädlichen Kon-

denswassermengen ausgeschieden werden. Dazu werden auch die Randbedingungen festgelegt, welche denen der DIN 4108 entsprechen [5]. Was aber schädliche Kondenswassermengen sind und welche Verfahren als anerkannt gelten, wird darin nicht gesagt.

Für diesen Nachweis ist wohl das sogenannte «Glaser-Verfahren» am weitesten verbreitet, welches in der DIN 4108 [5] beschrieben ist und in Element 23 [6] übernommen wurde. Bereits im Element 23 wird angedeutet, dass die in den SIA-Empfehlungen festgelegten Randbedingungen nur für normale Verhältnisse im Schweizer Mittelland gelten. Und auch in der DIN 4108 [5] werden für Sonderfälle auf die tatsächlichen Klimabedingungen abgestimmte Berechnungsverfahren vorgeschrieben. Bedenkt man nun aber, dass schon Küche und Bad im Wohnhaus einen solchen Sonderfall darstellen und in der Schweiz nicht nur im Mittelland gebaut wird, so steht fest, dass die Angaben in der zitierten Literatur ungenügend sind. Die Schwäche liegt bei der Annahme der Randbedingungen und bei der Berechnung der Kondensationsmenge im Falle, dass tatsächlich Wasserdampfkondensation im Wandinnern auftritt. R. Sagelsdorff hat in dieser Zeitschrift [7] eine vereinfachte Rechenmethode vorgestellt, in welcher verschiedene Innen- und Aussenklimata berücksichtigt werden können. Allerdings konnte er nur die Werte für Zürich und Davos publizieren mit Raumluftfeuchtigkeiten von 40–60%. Das Verfahren ist damit nicht allgemein verwendbar. Es existieren auch Computerprogramme, welche die Dampfdiffusion z.T. täglich berechnen und die anfallenden Tauwassermengen aufsummieren. Auch sie setzen ausführliche Klimadaten für den Standort des Gebäudes voraus und sind zudem sehr aufwendig.

Allen zitierten Rechenverfahren sind

die Gesetze der Diffusion von Wasser in ausschliesslich gasförmiger Phase durch offenporige Baustoffe zugrunde gelegt. Zudem werden nur stationäre Zustände betrachtet. Nun kann aber gezeigt werden, dass bei relativen Luftfeuchtigkeiten von mehr als etwa 90% in den Poren des Baustoffes diese Gesetze nicht mehr gültig sind [8] und bei Poren, welche mit Wasser in flüssiger Phase gefüllt sind, die Gesetze der Kapillarleitung gelten, welche ganz anders aufgebaut sind. Das heisst nichts anderes, als dass alle unsere Verfahren für die Berechnung der Dampfdiffusion falsch sind, sobald in den Baustoffen Kondensation vorkommt. Es stehen heute Rechenverfahren zur Verfügung, welche diese Umstände berücksichtigen [8].

Wie die praktische Erfahrung zeigt, treten Bauschäden infolge von Wasserdampfkondensation im Zweischalen-Mauerwerk kaum je im Regelquerschnitt auf. Gefährdet sind hingegen vor allem Anschlüsse, Ecken und Durchdringungen. Eine rechnerische Kontrolle des Regelquerschnittes kann daher höchstens die gravierendsten Mängel aufdecken. Wasserdampf diffundiert eben dreidimensional, immer dem Dampfdruckgefälle folgend, und verhält sich damit ähnlich wie der Wärmefluss in einem Bauteil. Die Dampfdiffusion kann somit – unter Beachtung des Sättigungsdruckes – analog zum Wärmefluss mehrdimensional berechnet werden. Auch diese Modelle sind nur gültig, solange das Wasser in den Baustoffporen nur in dampfförmiger Phase vorhanden ist. Sie erlauben es also nur, Kondensationsfreiheit nachzuweisen oder den Umfang einer Kondensationszone festzulegen. Eine zuverlässige Berechnung der kondensierten Wassermenge ist praktisch unmöglich. Trotzdem sind diese mehrdimensionalen Betrachtungen des Dampfdiffusionsvorganges für die Praxis wert-

voller als alle Versuche, die Kondensationsmenge in Regelquerschnitten zu berechnen.

### Praktische Erfahrungen

Ist nun die Wasserdampfkondensation im Innern von Zweischalen-Mauerwerken tatsächlich eine Ursache für Bauschäden? Dem Verfasser sind mehrere Bauschäden bekannt, welche aufwendige Sanierungsarbeiten verursachten und einwandfrei auf die übermässige Kondensation von Wasserdampf in Zweischalen-Mauerwerk zurückzuführen waren. Typisch für diese Bauschäden ist, dass sie erst 4–10 Jahre nach dem Erstellen des Bauwerkes auftreten und dann meist im Zusammenhang mit Anschlüssen, Durchdringungen usw. Wir können unterscheiden zwischen:

- Nicht schädlicher Wasserdampfkondensation, wie sie etwa in einem Zweischalenmauerwerk ohne Wärmedämmung entsteht.
- Unsichtbare Mängel, welche durch die Kondensation von Wasserdampf im äusseren Teil der Wärmedämmung aus Faserdämmstoffen im Zweischalen-Mauerwerk entstehen, wenn keine Dampfsperre verwendet wird. Eine kondensierte Wassermenge von 500 g/m<sup>2</sup> reduziert die Wärmedämmfähigkeit von 10 cm starkem Faserdämmstoff um 10–15%. Nach DIN 4108 [5] und Element 23 [6] sind rechnerische Mengen von bis zu 1000 g/m<sup>2</sup> zulässig.
- Die die Behaglichkeit beeinträchtigenden Mängel wie z.B. Schimmelpilz an feuchten Stellen, welche durch Oberflächenkondensation entstehen.
- Das Bauwerk zerstörende Mängel, welche z.B. entstehen können, wenn grössere Mengen von Kondensat in der Aussenschale gefrieren.

Die beiden letztgenannten Mängel werden sichtbar und können vom Bauherrn geltend gemacht werden unter der Voraussetzung, dass die Mängelhaftung des Planers noch nicht abgelaufen

Bild 1. Kondensationszone beim Anschluss eines Fensters an ein Zweischalenmauerwerk mit Kerndämmung aus Faserdämmstoff ohne Dampfsperre. Fensterrahmen wird feucht

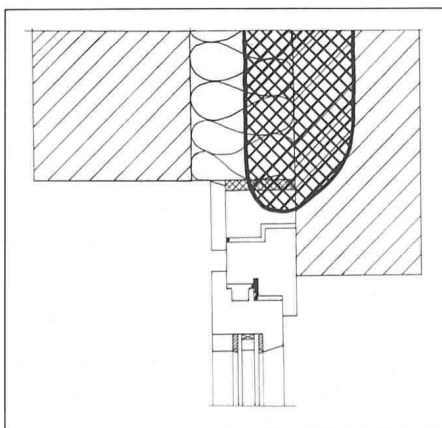


Bild 2. Kondensationszone beim fugenlosen Anschluss eines Fensters an ein Zweischalenmauerwerk mit Kerndämmung aus Polystyrol-Hartschaumplatten. Kondensationsmenge wesentlich kleiner als in Bild 1

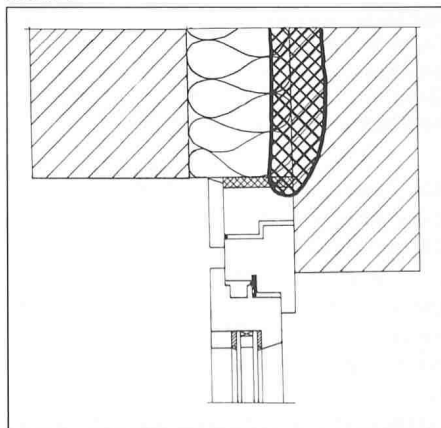
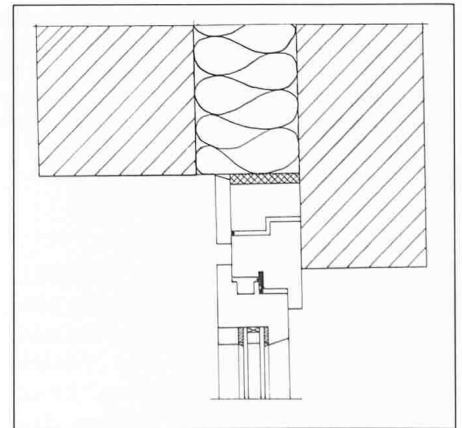


Bild 3. Anschluss eines Fensters an ein Zweischalenmauerwerk mit Kerndämmung aus Foamglas-Boards. Keine Kondensation bei korrektem Anschluss (siehe Bild 4)



ist. Auch der an der zweiten Stelle genannte Mangel kann mit der Zeit sichtbar werden, dann nämlich, wenn die kondensierte Feuchtigkeit an der Aussenschale abläuft und z.B. auf der Kellerdecke gesammelt nach innen abgeleitet wird. Durch die kapillare Saugwirkung steigt die Feuchtigkeit an der inneren Schale wieder hoch und führt dort zu Schimmelansatz und Zerstörung des Innenputzes. Die Dämmschicht unter dem Fussboden verteilt die Feuchtigkeit auch zu den Innenwänden. Man muss so nass gewordene Wärmedämmstoffe einmal in den Händen gehabt haben, um zu erleben, wie graue Theorie zur Wirklichkeit wird.

Die Kondensation von Wasserdampf ist aber nicht die einzige Art, auf die Feuchtigkeit in die Kerndämmung eines Mauerwerkes eindringen kann. Abgesehen von undichten Sanitärleitungen ist es vor allem Regen, welcher im Bauzustand ins Mauerwerk eindringt und die Wärmedämmung oft völlig durchnässt. Dem Verfasser sind Bauwerke bekannt, wo man sogar gezwungen war, am Mauerfuss eigentliche Drainagelöcher vorzusehen, um die Feuchtigkeit ableiten zu können!

### Folgerungen

Die nur lineare Berechnung der Dampfdiffusion im Regelquerschnitt ist ungenügend und kann Bauschäden nicht verhindern. Möchte man der komplexen mehrdimensionalen Berechnung der Dampfdiffusion im Zweischalen-Mauerwerk ausweichen, so sind Baumaterialien und Detailausbildungen zu wählen, welche eine Durchfeuchtung der Wärmedämmung mit Sicherheit verhindern. Dabei ist zu beachten, dass neben Wärmebrücken auch Diffusionsbrücken entstehen können, etwa durch offene Fugen in oder Durchdringungen mit Faserdämmstoffen.

Da die Menge des kondensierenden Wassers an den gefährdeten Stellen unmöglich quantifiziert werden kann, scheint die *Forderung nach Konstruktionen, welche theoretisch keine Wasserdampfkondensation zulassen*, berechtigt und sinnvoll. Im Zweischalen-Mauerwerk bedeutet dies die Verwendung weitgehend dampfdiffusionsdichter Wärmedämmstoffe oder einer warmseitig des Dämmstoffes angeordneten Dampfsperre mit sorgfältig abgedichteten Fugen und Anschlüssen.

Die Möglichkeit der sommerlichen Austrocknung von Kondensat wird damit zur zusätzlichen Sicherheit, welche kleine Planungs- und Ausführungsmängel abdeckt, Mängel, welche auf dem Bau kaum zu vermeiden sind. Die aufgestellte Forderung ist nicht zuletzt

dadurch gerechtfertigt, dass heute eine Vielzahl von Baumaterialien zu Verfügung steht, welche ihre Erfüllung ohne grosse Mehrkosten erlaubt.

### Behaglichkeit

Nachdem die bauphysikalischen Vorteile der Verwendung dampfdichter Dämmstoffe bzw. von Dampfsperren im Zweischalen-Mauerwerk ausführlich dargelegt wurden, muss noch darauf hingewiesen werden, dass eine mehr oder weniger dampfdichte Wandkonstruktion die Behaglichkeit im Rauminnern höchstens verbessert. Voraussetzung dazu ist allerdings, dass die innere Wandschale die Fähigkeit hat, gewisse Mengen von Feuchtigkeit kurzfristig aufzunehmen, zu speichern und wieder abzugeben. Ausdrücke wie «atmende Wände» oder die «3. Haut des Menschen» im Zusammenhang mit Wandkonstruktionen mit grosser Dampfdurchlässigkeit entspringen der Phantasie übereifriger Werbeleute und sind weder bauphysikalisch noch baubiologisch begründbar.

### Bauphysikalisch richtige Lösungen

Die Kondenswasserfreiheit im Innern von Zweischalenmauerwerk mit Kerndämmung kann durch verschiedene Aufbauten erreicht werden.

#### Verwendung von Faserdämmstoffen

Zum bauphysikalisch richtigen Aufbau des Zweischalen-Mauerwerkes mit Faserdämmstoff ist der Einbau einer Dampfsperre mit dichten Fugen und Anschlüssen notwendig. Die Verwendung von Faserdämmstoffplatten mit aufgebrachter Dampfbremse aus mit Aluminium bedampftem Polyäthylen oder Kraftpapier *genügt nicht*, wenn die dadurch entstehenden zahllosen Fugen nicht abgedichtet werden. Dies ist jedoch baupraktisch nicht möglich. Als Dampfsperre genügt eine Polyäthylenfolie von 0,2 mm Stärke (Bauplastik). Je nach Bauvorgang lassen sich höherwertige Dampfsperren vor allem besser verarbeiten. Die heute üblichen Arbeitsverfahren beim Erstellen von Zweischalenmauerwerken müssen für das Einbringen einer richtigen Dampfsperre umgestellt werden.

#### Verwendung von Kunststoff-Schaumstoffen

Auch bei der Verwendung von Kunststoff-Hartschaumplatten ist eine wirksame Dampfsperre notwendig, wenn Wasserdampfkondensation ganz vermieden werden soll. Dank dem grösse-

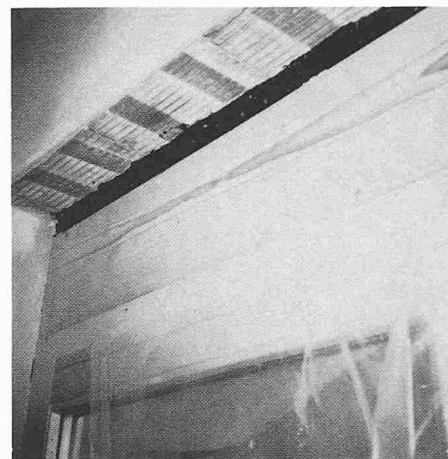


Bild 4. Luft- und dampfdichter Anschluss eines Fensters an die Kerndämmung aus Foamglas-Boards mit Bitumen-Kaltkleber

Bild 5. Kerndämmung aus Foamglas-Boards an einem gemauerten Pfeiler

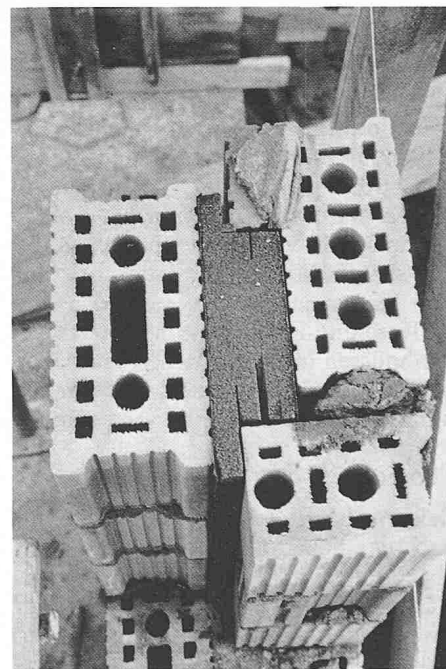


Bild 6. Abwischen des überstehenden Mörtels an der Aussenschale vor Versetzen der Wärmedämmung







Bild 7. Versetzen der 1. Reihe Wärmedämmung aus Foamglas-Boards genau horizontal

ren Dampfdiffusionswiderstand der Kunststoff-Schaumplatten gegenüber den Platten aus Mineralfaserstoffen sind die anfallenden Wassermengen bei fehlender Dampfsperre jedoch kleiner und mithin das Schadenrisiko auch geringer. Wird auf das Einbringen einer Dampfsperre verzichtet, so müssen die Kunststoff-Hartschaumplatten mit Nut und Kamm ausgerüstet sein. Die Anschlüsse und Fugen zwischen Reststücken müssen mit Kunststoffschaum sauber ausgeschäumt werden, um Wärme- und Diffusionsbrücken zu vermeiden.

### Verwendung von Foamglas-Boards

Bekanntlich ist der direkte Kontakt von nacktem Schaumglas mit noch nicht abgeundenem Zementmörtel unerwünscht. Will man Schaumglas im Zweischalen-Mauerwerk verwenden, so muss dieses auf beiden Seiten kaschiert sein. Durch diese Kaschierung lassen sich aber auch für diesen Zweck handlichere Formate erreichen. Für die Kerndämmung im Zweischalen-Mauerwerk sind daher sogenannte Foamglas-Boards zu verwenden. Da Schaumglas selbst sehr dampfdicht ist, sind *Dampfsperren nicht mehr notwendig*. Zudem können die heute üblichen Arbeitsverfahren zum Erstellen von Zweischalen-Mauerwerken verwendet werden.

### Zweischalen-Mauerwerk mit Foamglas

Im folgenden soll die Verwendung von Foamglas-Boards als Kerndämmung des Zweischalen-Mauerwerkes beschrieben werden. Varianten dazu un-

ter der Verwendung von Kunststoff-Hartschaumplatten oder Mineralfaserplatten mit raumseitig angeordneter Dampfsperre, welche unter Verwendung eines entsprechenden Witterungsschutzes gebaut wurden, sind der nachstehend gezeigten Lösung technisch weitgehend gleichwertig.

### Aufbau – Ausführung

Bei der Verwendung von Foamglas-Boards als Kerndämmung des Zweischalen-Mauerwerkes kann das Mauerwerk in beliebiger Reihenfolge aufgezogen werden. Wie auch bei anderem Zweischalen-Mauerwerk sollen pro Normalgeschosshöhe zwei Ankerreihen eingebracht werden. Am besten geschieht dies auf einer Höhe von 60 cm, entsprechend drei Steinlagen, und 180 cm, entsprechend neun Steinlagen. Wichtig ist, dass die unterste Reihe der Foamglas-Board-Platten waagrecht eingebracht wird. Allenfalls muss mit Kaltbitumenkleber eine dünne Schicht zum Ausgleich der Unebenheiten vorgelegt werden. Dank der Mass- und Winkelgenauigkeit der Foamglas-Board-Platten kann später auf weitere Kontrollen verzichtet werden. Wie die Bilder zeigen, können auch komplizierte Details mit Foamglas einfach und sauber ausgeführt werden. Dabei müssen die Foamglas-Board-Platten entsprechend geschnitten und eingepasst werden, was aber problemlos ausgeführt werden kann. An dem ausgeführten Versuchsbauwerk hat vor allem die ausgezeichnete Verarbeitbarkeit der Foamglas-Board-Platten überrascht. Diese können mit einem starren Metallsägeblatt gesägt und Überzähne mit Reststücken von Foamglas abgeschliffen werden. Gelingt die Anpassung auf Anrieb nicht sehr gut, so können allfällige Fugen mit dem Kaltbitumenkleber einfach ausgespachtelt werden. Die leichte Verarbeitbarkeit von Foamglas reduziert den Arbeitsaufwand zum Erstellen hochwertiger Zweischalen-Mauerwerke ganz erheblich.

Mit dreidimensionaler Berechnung von Wärmefluss und Dampfdiffusion wurde nachgewiesen, dass im allgemeinen das Verkleben der Fugen mit Bitumenkaltkleber nicht notwendig ist. Dieser wird lediglich dazu verwendet, um die Platten am bestehenden Mauerwerk anzukleben. Zuvor sind die Mörtelfugen an diesem Mauerwerk mit einem Besen abzuwischen, um keine Probleme mit vorstehendem Mörtel zu erhalten. Beim Anschluss von Fenstern kann weiterhin PU-Ortsschaum verwendet werden. Vorgängig ist allerdings die Stirnfläche der Foamglas-Boardplatte mit Kaltkleber zu bestreichen. Durch das Überstreichen des PU-Schaumes mit Bitumenkaltkleber nach der Mon-

tage des Fensters wird ein sauberer Anschluss der Dampfsperre an das Fenster erreicht.

### Vorteile

Vorteile des Zweischalen-Mauerwerkes mit Foamglas-Boardplatten als Kerndämmung gegenüber einem konventionell aufgebauten Zweischalenmauerwerk mit Dampfsperre sind:

- Der Arbeitsvorgang kann vom Unternehmer frei gewählt werden.
- Es ist keine Abnahme einer Dampfsperre notwendig. Nicht verklebte Plattenstöße führen zu keinen Bauschäden.
- Auch komplizierte Formen und Anschlüsse können problemlos erstellt werden.
- Im allgemeinen sind keine Überlegungen bezüglich Dampfdiffusion notwendig (Ausnahme: extreme Nassräume). Es ist die Kombination aller Baustoffe für Innen- und Aussenschale möglich (Backstein, Kalksandstein, Betonsteine aller Art, Beton, Holz, vorgehängte Schalen usw.)
- Absolut dampf- und winddichte Anschlüsse an Fenster und Türen sind problemlos möglich.
- Das allgemein erhebliche Bauschaden-Risiko beim Zweischalen-Mauerwerk mit Kerndämmung wird auf ein absolutes Minimum reduziert.
- Der rechnerische k-Wert einer Wand mit gleichstarker Wärmedämmung aus Foamglas ist zwar etwas tiefer, dafür bleibt er über die Zeit mit Sicherheit konstant, während der von Wänden mit Faser- und Kunststoffschaum-Dämmstoffen, vor allem bei fehlender oder mangelhaft angebrachter Dampfsperre, im Winterhalbjahr gegenüber dem rechnerischen Wert stark ansteigt und auch während der Bauaustrocknung erheblich höher liegt.
- Foamglas schwindet nicht und sinkt nicht in sich zusammen. Es bleibt im Mauerwerk dauerhaft, so wie es eingebracht wurde.
- Foamglas zwingt zu sauberem und genauem Arbeiten, was aber mit geringem Zeitaufwand möglich ist. Die Arbeitsweise entspricht der des gelernten Maurers.

### Preisvergleich

Mauerwerk mit Foamglaskerndämmung entspricht in vielen Teilen dem Foamglas-Kompaktdach. Es ist eher etwas teurer in der Investition, dafür aber sehr wertbeständig und mit kleinstmöglichem Bauschadenrisiko behaftet. Die folgenden Angaben mögen als Richtpreise pro m<sup>2</sup> Wandfläche dienen:

Zweischalen-Mauerwerk mit Faserdämmstoffplatten  
80 mm ohne Dampfsperre Fr. 158.-/m<sup>2</sup>

Zweischalen-Mauerwerk mit Faserdämmstoffplatten  
80 mm mit Dampfsperre aus Polyäthylenfolie 0,2 mm Fr. 172.-/m<sup>2</sup>  
Zweischalen-Mauerwerk mit Kunststoff-Hartschaumplatten  
80 mm inkl. Dampfsperre und Ausschäumen der Fugen Fr. 186.-/m<sup>2</sup>  
Zweischalen-Mauerwerk mit Foamglas-Board-Platten  
80 mm Fr. 188.-/m<sup>2</sup>

Damit ist das Zweischalen-Mauerwerk mit Foamglas-Board-Wärmedämmung etwa 10% teurer als die Variante mit Faserdämmstoff mit Dampfsperre. Die Gesamtbaukosten im Wohnungsbau dürften durch die Verwendung von Foamglas-Board als Kerndämmung im Zweischalenmauerwerk etwa 1,5% höher liegen. Als Gegenleistung erhält man ein Mauerwerk mit unter allen Umständen und langfristig konstantem k-Wert sowie kleinstmöglichem Bauschadenrisiko.

### Zusammenfassung

Feuchtigkeit im Innern eines Zweischalen-Mauerwerkes kann zu Bauschäden führen. Diese sind am ehesten in Ecken, bei Anschlüssen oder Durch-

dringungen zu erwarten. Die an diesen Stellen kondensierende Feuchtigkeit kann jedoch nicht rechnerisch zum Voraus bestimmt werden. Die Forderung nach Konstruktionen ohne Kondensation im Innern, auch bei tiefen Temperaturen, scheint daher sinnvoll. Die so gewonnene zusätzliche Sicherheit verhindert Bauschäden auch dann, wenn Planung und Bauausführung an einzelnen Stellen nicht ganz optimal sind. Die Kondensationsfreiheit an kritischen Stellen kann rechnerisch – allerdings mit erheblichem Aufwand – ermittelt werden.

Die aufgestellte Forderung kann erreicht werden, indem Faserdämmstoffe mit einer Dampfsperre mit dichten Fugen und Anschlüssen an andere Bauteile eingebracht werden, wobei der Bauvorgang klug gewählt werden muss. Werden Kunststoff-Hartschaumplatten als Wärmedämmung verwendet, so sind deren Fugen mit Nut und Kamm zu versehen und, wo diese fehlen, an Anschlüssen auszuschäumen. Diese Ausführung eliminiert die Wasserdampfkondensation nicht ganz, aber zu einem wesentlichen Teil. Auf einfache Art und Weise können die Forderungen erreicht werden, indem Foamglas als Wärmedämmstoff verwendet wird. Dieser ist zwar etwas teurer, lässt sich

aber auf der Baustelle sehr leicht und bei fast jeder Witterung verarbeiten. Die so errichteten Mauerwerke weisen ein minimales wärme- und feuchtigkeitstechnisches Bauschadenrisiko auf.

Adresse des Verfassers: *Heinz Wieland*, dipl. Bauing. ETH, Im Städtli, 7304 Maienfeld.

### Literaturverzeichnis

- [1] SIA 177/1, Ausgabe 1983
- [2] Vorlesung ETH Abt. 2 SS/84 Baustatik, ausgewählte Kapitel: Mauerwerksbau von Prof. Dr. B. Thürlimann, Dr. R. Furler, H. R. Ganz, W. Santi
- [3] SIA 180, Ausgabe 1970
- [4] SIA 180/1, Ausgabe 1980
- [5] DIN 4108 Teil 3 und 5, Ausgabe 1981
- [6] Informationsstelle der Schweizerischen Ziegelindustrie: Element 23
- [7] Eine neue Methode zur einfachen Diffusionskontrolle bei Aussenwänden R. Saggelsdorf in SIA 37/84
- [8] Kapillarer und dampfförmiger Feuchte-transport in mehrschichtigen Bauteilen. Dissertation von Kurt Kiessel, Essen 1983
- [9] Tabellarium aller wichtigen Grössen für den Wärme- und Kälteschutz von Dr. J. S. Cammerer, 11. Auflage 1973

## Verbunddübel für Konstruktionen mit Stahl/Beton-Verbund

Michel Crisinel und David Clénin, Lausanne

In Stahl/Beton-Verbundträgern ist eine zuverlässige Verbindung zwischen dem Stahlelement und dem Betonelement des Trägers erforderlich. Das herkömmliche Aufschweissen von Kopfdübeln auf den Stahlträger verursacht Schwierigkeiten auf der Baustelle, besonders wenn die Schweissung durch ein Profilblech des Betonelements hindurch erfolgen muss. Der neue HVB-Verbunddübel wird mittels eines Bolzenschiessgerätes ohne Schweissen fest mit dem Stahlträger verbunden. Die Tragfähigkeit solcher Verbindungen wurde in ausgedehnten Versuchsreihen untersucht.

### Einleitung

Stahl/Beton-Verbundträger sind tragende, auf Biegung beanspruchte Elemente, die aus einem Stahlträger und einer Betonplatte bestehen. Die beiden Materialien sind mechanisch miteinander verbunden, um die Relativverschiebung zwischen Stahl und Beton einzuschränken und damit eine Verbundwirkung zwischen den beiden Komponenten

zu erzielen. Im Hochbau wird der Verbund meist mittels Kopfbolzendübel hergestellt. Dabei handelt es sich um zylindrische Stahlteile mit Kopf, die auf den Flansch des Stahlprofils geschweisst werden.

Die Schweissung erfolgt normalerweise halbautomatisch mit Hilfe einer Pistole. Wenn die Konstruktion der Betonplatte mit Profilblech (Verbunddecke) ausgebildet ist, kann das Aufschweissen

der Kopfbolzendübel durch das Profilblech hindurch zu Schwierigkeiten führen. Folgende Einflüsse müssen für eine einwandfreie Schweissung berücksichtigt werden: Beschaffenheit der Oberfläche des Stahlträgers (Rost, Farbanstrich, Wasser, Schmutz), Beschichtung des Profilbleches (Galvanisierung, Lack), Feuchtigkeitsgehalt und Temperatur der Luft, Stromversorgung der Schweisspistole (Stromstärke und Gleichmässigkeit des Stromes). Probleme bezüglich der Schweissung von Kopfbolzendübeln können zum Verzicht auf eine Verbundkonstruktion führen. Deshalb wird jeder Versuch, solche Schweissprobleme zu umgehen, vom Ingenieur wie auch vom Stahlbauunternehmer aufmerksam verfolgt.

Die Firma Hilti entwickelte daher einen neuen Verbunddübel HVB, der jegliche Schweissung erübrigt. Das Versetzen dieser Dübel erfordert somit keine Stromversorgung, und die mit der Schweissung auf der Baustelle verbundenen Probleme werden eliminiert.

Der HVB-Verbunddübel (Bild 1) besteht aus einem L-förmigen, kaltver-