



Dachwohnungen - Das Kaltdach in der Sackgasser?

Dachwohnungen liegen im Trend. In den modernen Einfamilienhäusern ist es üblich geworden, das Wohnzimmer bis unter die bachschräge hochzuführen. In Mehrfamilienhäusern sind Attikawohnungen vor allem bei jungen Bewohnern beliebt. Wenige Möbel und ein paar Bilder genügen, um eine individuelle Wohnatmosphäre zu erzeugen. Dies ist vor allem eine Folge der Verwendung von Holzverkleidungen. Leider sind es oft gerade diese Holzverkleidungen, die Probleme verursachen.

Hinter Holzverkleidungen (vgl. Bild I) lassen sich nämlich Ausführungsfehler bis hin zum Pfusch einfach verstecken. Dies ist allerdings eine längere Geschichte, die einiger grundsätzlicher Erklärungen bedarf. Unsere Häuser bestehen im Innern im wesentlichen aus Luft. Ein mittleres Einfamilienhaus enthält rund 500 m³ Luft, die im Winter durch die Heizung erwärmt wird. Es ist eine physikalische Gesetzmässigkeit, dass sich alle Materialien ausdehnen, wenn sie erwärmt werden. Dies gilt auch für Luft. Durch die Ausdehnung nimmt die Dichte ab, d.h. die erwärmte Luft wird leichter. Ballonfahrer machen sich diese Eigenschaft zunutze.

«Ballon-Effekt»

In Warmluftballonen wird die Luft im Ballon mit Gasbrennern erwärmt, und je nach Lufttemperatur steigt oder sinkt der Ballon. Beheizte Gebäude sind mit Warmluftballonen vergleichbar. Sie fliegen zwar nicht in die Lüfte, aber die Gesetze des thermischen Auftriebs machen sich an der Gebäudehülle, vor allem bei der Dachkonstruktion, bemerkbar. Dies führt nicht selten zu Baumängeln, wie Zugserscheinungen in Dachwohnungen oder Kondensationsschäden an Holzbalken, Unterdächer oder Wärmedämmungen. Nehmen wir an, ein Einfamilienhaus mit 500 m³ Inhalt befindet sich in 500 m Meereshöhe. Die Innentemperatur betrage 20 °C bei einer Aussentemperatur von -5 °C. Die Innenluft wiegt dann etwa 1,13 kg/m³, die Aussenluft etwa 1,23 kg/m³. Pro m³ ergibt sich eine Gewichts Differenz von 100 Gramm, was bei 500 m³ einem Gewicht von 50 kg entspricht. Als Folge entsteht im Gebäude, genau wie beim Warmluftballon, ein Überdruck, der normalerweise unter dem Dach am grössten ist.

Deutlicher Überdruck.

Der Überdruck ist nicht sehr gross, aber er ist immerhin messbar. Die Abteilung Hochbau/Bauschäden der EMPA hat bei der Abklärung eines Schadenfalls in der Dachkonstruktion eines Fabrikgebäudes unmittelbar unter dem Dach einen Überdruck von 6 Pa (Pascal) gemessen. Die Raumhöhe betrug 8 m und die Temperaturdifferenz zwischen Innen und Aussen 35 °C. Aus dieser Messung lässt sich als Faustregel ableiten, dass sich im Winter in beheizten Gebäuden pro Meter Raumhöhe ein Überdruck von etwa 0,5 Pa aufbauen kann.

Bei einem zweigeschossigen Wohnzimmer oder einer zweigeschossigen Attikawohnung (mit offener Verbindungstreppe zwischen den Geschossen) ermöglicht dies Überdrücke von etwa 3 bis 4 Pa. Dieser Wert liegt immerhin in der Grössenordnung des Überdrucks in einem klimatisierten Gebäude, und es ist bekannt, dass bei klimatisierten Gebäuden aus diesem Grund die Fassaden- und Dachkonstruktionen für Bauschäden besonders anfällig sind.

Um Missverständnissen vorzubeugen, wird daraufhingewiesen, dass die Raumhöhe und die Temperaturdifferenz die entscheidenden Faktoren für den Überdruck sind. Eine Etagenwohnung im 5. Obergeschoss ist deshalb nicht kritischer als eine Parterrewohnung. Wegen der Geschossdecken ist jede Etagenwohnung eine Einheit für sich. Anders hingegen sind die Verhältnisse in einem Einfamilienhaus mit einem offenen Treppenhaus.

Kehren wir nochmals zurück zum Warmluftballon. Dieser wird wegen ein paar Löchern in der Ballonhülle nicht abstürzen. Er wird allmählich an Höhe verlieren, und die Gasbrenner müssen eingeschaltet

werden, um die Verluste an Warmluft zu ersetzen. Genauso ist es bei Wohnbauten. Undichte Dächer lassen warme Raumluft ausströmen, und es muss entsprechend mehr geheizt werden. So mancher Hausbesitzer hat sich schon gewundert, warum trotz 100 mm Wärmedämmung im Dach und einem k-Wert deutlich unter 0,5 W/m²K die Heizkosten enttäuschend hoch sind.

Undichte Dachkonstruktion

Die Erklärung liegt fast immer in einer undichten Dachkonstruktion. Es wäre absurd, einen Warmluftballon mit Wärmedämmstoffen einzukleiden, damit das Innere länger warm bleibt, und gleichzeitig Löcher in der Ballonhülle zu tolerieren. Bei unseren Steildachkonstruktionen ist dies leider allzu häufig zutreffend. Bliebe noch zu ergänzen, dass Luftundichtigkeiten bei Wind besonders gravierend sein können. In einem konkreten Fall hat sich ein Bauherr bei seiner neuerstellten Dachwohnung für eine Elektroheizung entschieden, mit dem Resultat, dass die Raumtemperatur im Winter bei Ostwind bis auf 14 °C absank. Dieser untragbare Zustand führte zu einem Expertisenauftrag an die EMPA, in dessen Verlauf unter anderem die in den Bildern 2, 3 und 4 ersichtlichen Ausführungsfehler zum Vorschein kamen.

Mangelhafte Ausführung

Sobald die ersten Bretter der Innenverkleidung der Dachschräge entfernt waren, vgl. Bild 2, wurde die Hauptursache der Heizungsverluste erkennbar. Hinter der Bretterverkleidung fehlte, wie in ungezählten anderen Fällen, eine Luftdichtung, denn die Bretter selbst sind natürlich nicht luftdicht. Ausserdem war die Wärmedämmung falsch verlegt. Sie hatte Kontakt mit dem Unterdach. Zwischen Wärmedämmung und Holzverkleidung war ein Luftraum. Der seitliche Anschluss der Wärmedämmung an den Dachsparren war unfachmännisch. Bild 3 zeigt die gleiche Stelle wie Bild 2. Die Holzverkleidung wurde ganz entfernt und die Wärmedämmung herausgenommen. An der Seitenfläche des Dachsparrens sind ausgeprägte Schimmelpilzkulturen erkennbar. Die weiteren Abklärungen ergaben, dass die Dachkonstruktion dieses Neubaus als sogenanntes Kaldach konzipiert war. Kaldach bedeutet nicht, dass der Dachraum kalt, d.h. unbeheizt, ist, wie dies bei einer Winde der Fall ist. Vielmehr ist das Kaldach eine Konstruktion für beheizte Dachräume und eine Alternative zum sogenannten Warmdach, das in einem Folgeartikel im Rahmen dieser Serie behandelt wird.

Verschiedene Kaldächer

Das Kaldach hat, von innen nach aussen, im Prinzip den folgenden Aufbau:

1. Verkleidung der Dachschräge
2. Luftdichtung
3. Wärmedämmung
4. Erster Durchlüftungsraum
5. Unterdach
6. Zweiter Durchlüftungsraum
7. Dacheindeckung

Dieses Prinzip wird in der Praxis in zwei Ausführungsvarianten realisiert, zu denen es jeweils noch Untervarianten gibt. Bei der ersten Variante wird die Wärmedämmung zwischen den Dachsparren verlegt. Diese Variante ist vor allem im Schweizer Mittelland häufig anzutreffen. Die Dachsparren sind unsichtbar hinter der Verkleidung angeordnet. Die luftdichte Ausführung ist bei dieser Variante besonders schwierig. Diese Variante ist Gegenstand dieses Artikels. Bei der zweiten Variante sind die Dachsparren im Innern in ihrer ganzen Konstruktionshöhe sichtbar, vgl. Bild 1. Über den Dachsparren befindet sich die Verkleidung und darüber die übrigen Schichten des oben angeführten Systemaufbaus. Diese Variante findet vor allem in Berggebieten Anwendung. Bei ihr ist die luftdichte Ausführung weit weniger schwierig, als beim Kaldach mit Wärmedämmung zwischen den Sparren. Diese Variante ist jedoch nicht Gegenstand dieses Artikels.



Problematische Abdichtung

Der erste Durchlüftungsraum hat die Aufgabe, Feuchtschäden in der Dachkonstruktion zu verhindern, die aufgrund des Dampfdruckgefälles zwischen innen und aussen möglich sind. Er ist im Prinzip

identisch mit dem Hinterlüftungsraum bei hinterlüfteten Fassadenverkleidungen. Normalerweise strömt bei der Dachtraufe Aussenluft in den ersten Belüftungsraum, steigt zwischen Wärmedämmung und Unterdach nach oben und entweicht wieder beim Dachfirst. Der im Winter kalte, erste



Bild 2



Bild 3

Durchlüftungsraum ist das charakteristische Merkmal des Kaltdachs. Wegen diesem Durchlüftungsraum, der ja prinzipiell das Aussenklima darstellt, ist das Kaltdach mit Wärmedämmung zwischen den Dachsparren für Luftdurchtritte besonders anfällig. Nicht nur die Holzbretter sind undicht, auch die Wärmedämmung und das Anbringen einer eigentlichen Luftdichtungsschicht ist in der Praxis bei diesem Typ schwierig und bringt oft Misserfolge. Absolut unzulässig ist es, wie in Bild 2, auf eine Luftdichtung zwischen Holzverkleidung und Wärmedämmung zu verzichten. Was war die Folge?

Weil die Wärmedämmung falsch eingelegt war, strömte Kaltluft, die bei der Traufe eintrat, nicht zwischen

Wärmedämmung und Unterdach, sondern zwischen Wärmedämmung und Holzverkleidung nach oben.

Die Wärmedämmung wurde also von kalter Luft unterwandert und war nutzlos. Die Kaltluft strömte dann bei den ungezählten kleinen Undichtigkeiten in der Holzverkleidung (Fugen, Stösse, Äste, Risse usw.) in den Innenraum. Der Bauherr verstopfte daraufhin die Zuluft-Öffnungen bei der Traufe mit Mörtel, vgl. Bild 4. Dadurch liessen die Zugserscheinungen in der Dachwohnung zwar etwas nach, dafür wuchsen in der nun schlecht belüfteten Dachkonstruktion Schimmelpilze, kein Einzelfall, wie die aus einem anderen Schadenfall stammende Abbildung 5 zeigt.

Die EMPA hat im Rahmen ihrer Expertentätigkeit im Sektor Bauschäden zahlreiche Mängel an luftundichten Kaltdächern

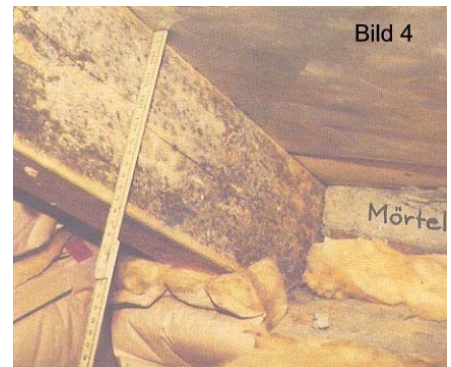


Bild 4



Bild 5

untersucht. Nicht immer waren die Ausführungsfehler so gravierend wie in den Bildern 2 bis 5. Aber auch in Fällen, in denen sich die ausführenden Handwerker sichtlich um eine möglichst grosse Dichtigkeit bemühten, mussten immer wieder lokale Schwachstellen festgestellt werden. Dies wirft die Frage auf, ob allenfalls das Prinzip des Kaltdaches mit Wärmedämmung zwischen den Sparren als zu risikoreich eingestuft werden muss. Endet dieser Kaltdach-typ in einer Sackgasse? Diese Frage soll am Beispiel einiger typischer Problemsituationen beantwortet werden.

Die 1988 in Kraft gesetzte Norm SIA 238 „Wärmedämmung in Steildächern“ schreibt bei wärmegegedämmten Steildächern eine Luftdichtung vor, die nicht nur in der Fläche, sondern bei

An- und Abschlüssen und bei Durchdringungen wie Kaminen, Einlüftungsrohren usw. zu gewährleisten ist.

Folien schwierig zu verarbeiten

Ein Blick auf die Baustellen zeigt, dass man in der Praxis die Luftdichtung normalerweise mit Kunststoff-Folien zu realisieren versucht. Jeder, der glaubt, damit sei das Ei des Columbus gefunden, möge sich im Abdichten der folgenden, typischen dreidimensionalen Innenecke versuchen: Erste Seite rohes, verschmutztes Mauerwerk, zweite Seite sägeroher, rissiger Holzbalken, dritte Seite Wärmedämmung. Da ist selbst für den Fachmann und beim Einsatz der relativ teuren Butylklebestreifen guter Rat oft teuer. Auch bei der viel einfacheren zweidimensionalen Raumkante muss man beim Umbiegen der Folie oft mit Wülsten kämpfen, die schwer zu dichten sind. Eine theoretisch simplere Situation ist das Abdichten von Folienstössen in der Fläche. Aber auch hier finden sich immer wieder Wülste, weil sich die Folien beim Anbringen in der mühsamen Überkopfarbeit verzogen haben. Ausserdem ist es schwierig, den Klebestreifen anzudrücken, weil die weiche Wärmedämmung hinter der Folie nicht genügend Widerstand leistet. Und wie steht es mit der Langzeitwirkung der Klebestreifen? Gewiss, die technische Entwicklung der letzten Jahre brachte Verbesserungen, doch, was heute klebt, klebt dies auch in 30

Jahren noch? Im Zweifelsfalle gilt für bauliche Mängel eine fünfjährige Garantie, Was später eintritt, ist verjährt und damit alleiniges Risiko des Eigentümers.

Typische Schwachstellen

Bild 6 zeigt einen typischen, undichten Anschluss aus dem Jahre 1982. Bild 7 zeigt eine analoge Situation aus dem Jahre 1990. Fazit: Die verwendete Folie wurde teurer, die undichten Anschlüsse blieben, trotz der inzwischen geltenden Norm SIA 238.

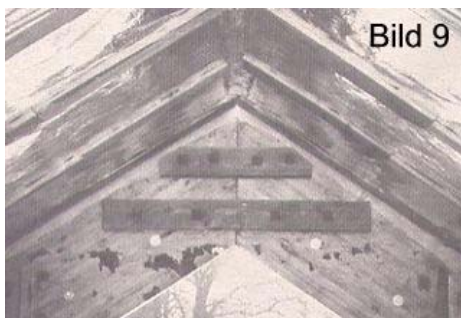
Bild 8 zeigt eine weitere typische Problemsituation, nämlich die Durchdringung von Sanitärleitungen. Hand aufs Herz: Wer würde sich zutrauen, diese Stelle luftdicht zu verschliessen? Ähnliche Probleme entstehen bei Kaminen. Selbst



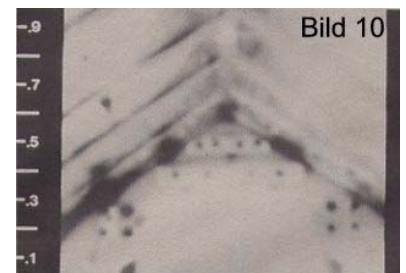
das Elektrokabel für die Deckenlampe hat, wenn es die Luftdichtigkeitsschicht durchstösst, schon Probleme verursacht. Ist da nicht das Prinzip als solches in Frage gestellt? In Fällen wo die Abdichtung optisch perfekt erscheint, vgl.



Bild 9, zeigt die Infrarotkamera durch dunkle Flecken die verborgenen Undichtigkeiten, vgl. Bild 10. Man beachte die Schraubenköpfe, deren Wärmebrückenwirkung im Vergleich zu den Leckstellen praktisch vernachlässigbar ist.

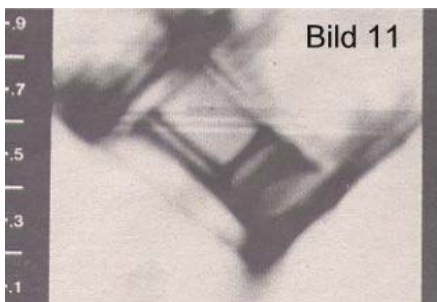


Und wie steht es mit dem schrägen Dachflächenfenster? Es war wegen seinen «traditionell» luftundichten Anschlüssen gegen die Dachfläche schon immer ein Sorgenkind. Was der Fachmann mit der Infrarotkamera von innen erkennen kann, vgl. Bild 11. kann der Hauseigentümer im Winter



auch ohne technische Hilfsmittel sehen, vgl. Bild 12. Der Schnee schmilzt rings um das Dachfenster. Das Geld wird zum Dach hinausgehitzt.

Vieles sprach dafür



Mancher Leser mag sich angesichts dieser ernüchternden Bilanz fragen, wie es zu dieser Entwicklung kommen konnte. Es scheint aber, dass der Einsatz des Kaltdachtyps mit Wärmedämmung zwischen den Sparren durchaus nicht leichtfertig erfolgte. Bauphysikalische Überlegungen sprachen dafür. Die guten Erfahrungen mit hinterlüfteten Fassadenverkleidungen sprachen dafür.

Es sprach dafür, dass die oft nass, nahezu «waldfrisch» auf dem Bau erstellten Dachstühle

bei diesem Konzept austrocknen konnten. Die ganze Erfahrung sprach dafür, denn die traditionellen Dachwohnungen waren alle mehr oder weniger als Kaltdächer ausgebildet. Aber eben, und das macht den grossen Unterschied: Sie waren nicht mit Holztäfern verkleidet, sondern verputzt z.B. auf Schilf-rohrmatten oder



Holzwoleplatten. Und auf dem Verputz war noch eine Tapete, und beide zusammen waren in genügendem Masse luftdicht.

Wenn die Tapete Risse bekam, wurde neu tapeziert. Mit dem Verputz liessen sich genügend dichte Anschlüsse an Giebelfassaden, Kniestöcke, Kamine, Sanitärrohre usw. problemlos realisieren. Statt Dachflächenfenster gab es Lukarnenfenster, deren dichter Einbau keine besonderen Anforderungen stellte. Das Holz für den Dachstuhl wurde im Winter geschlagen, bevor es im Saft stand, dann gelagert und weitgehend trocken eingebaut, so dass das Schwinden am Bau und die dabei aufgehenden Risse und Anschlussfugen kein Problem waren.

Für Altbausanierung geeignet

Trotzdem, es macht keinen Sinn, alten Zeiten nachzutruern, aber es macht Sinn, in der Gegenwart aus Erkenntnissen zu lernen und Folgerungen zu ziehen. Für das Kaltdach mit Wärmedämmung zwischen den Sparren bedeutet dies, dass es für Neubauten in der Regel nicht die beste Lösung darstellt. Die übliche Abdichtung gegen Luftaustritte mit Kunststoff-Folien ist in der praktischen Realisierung problematisch. Aber auch für das Kaltdach mit Wärmedämmung über den Sparren gelten Einschränkungen. Je komplizierter die Dachform eines Gebäudes ist, desto grösser werden die Probleme. Dachwalme und Dachkehlen erschweren oder verunmöglichen eine ordnungsgemässe Durchlüftung. Je mehr Kamine, Dachfenster usw. vorhanden sind, desto fragwürdiger ist auch der Einsatz dieser Konstruktion. Vor diesem Hintergrund erscheint der heute erkennbare Trend zum Warmdach begründet zu sein, was nicht bedeutet, dass das Warmdach nicht auch seine speziellen Tücken hätte.

Das Kaltdach hat hingegen weiterhin eine Bedeutung bei der Altbausanierung, wo die Wärmedämmung meist zwischen die Sparren verlegt werden muss. Wer sicher gehen möchte, verzichtet auf die frei unter die Balken gespannte Foliendichtung und fixiert unter den Sparren eine Lage Gipskartonplatten oder Holzspanplatten mit geleimter Nut und Federverbindung. Die Anschlussfugen werden mit geeigneten Materialien (Gipskartonplatten: Füllergips, Spanplatten: Fugenbänder oder dauerelastische Fugenkitte) abgedichtet. Bei Dachflächenfenstern wird mit der Plattenlage bis zum Fensterrahmen gefahren.

Bei sorgfältiger Arbeit ist diese Dichtung in vielen Fällen bereits ausreichend, ansonsten kann auf der Unterseite der Plattenlage faltenfrei, und entsprechend dicht, eine Folie angeklebt werden. Das abschliessende Holztaüfer hat nur noch optische Bedeutung. Es kann jederzeit entfernt und durch eine andere Oberfläche ersetzt werden, ohne dass deswegen die Dachkonstruktion in Gefahr kommt.

Bild 13 zeigt ein entsprechendes Beispiel. Bei einer 1987 durchgeführten Altbausanierung wurden für die Luftdichtung Holzspanplatten eingesetzt. Alle Anschlussfugen wurden mit dauerelastischem Kitt und kritische Stellen zusätzlich mit einem Fugenband gedichtet. Auf eine Folie wurde verzichtet. Die



Die Holzverkleidung konnte anschliessend problemlos auf den Spanplatten fixiert werden. Eine 1991 durchgeführte Befragung der Eigentümerin ergab nur Positives. Keine Mängel an der Dachkonstruktion, kein lokales Wegschmelzen von Schnee, keine Zugserscheinungen, dafür eine erstaunlich tiefe Heizkostenabrechnung.

Einfache Lösung

Abschliessend noch einige Anmerkungen zur Sanierung von luftundichten Kaltdächern. Bei unzulässigen Zugserscheinungen, übermässigen Heizverlusten oder Feuchteschäden in der Konstruktion ist eine Sanierung unumgänglich. Die EMPA hat 1983, als die ersten Schadenmeldungen eingingen, vorgeschlagen, innenseitig unter die bestehende Holzverkleidung eine Folie mit Butylbändern dicht aufzuziehen und mit einer zweiten Holzverkleidung zu überdecken. Diese Sanierung hat sich inzwischen in vielen Fällen bewährt. Sie ist rasch durchführbar, so dass die entstehenden Umtriebe für die Bewohner zumutbar sind. Sie ist bei sorgfältiger Ausführungen sicher, und die 15 bis 20 mm Raumverlust durch die Aufdoppelung der Verkleidung sind tragbar und bereiten normalerweise keine technischen Probleme.