

Holz-Alu-Systeme „richtig montiert“

Baukörperanschluss – Fenstermontage

Reiner Oberacker

Der Abdichtung von Fensteranschlußfugen kommt eine immer größere Bedeutung zu. Alle Wärmeschutzverordnungen seit 1977 (WVO 1977, 1984, 1995) haben eine „luftundurchlässige Abdichtung der sonstigen Fugen entsprechend dem Stand der Technik“ gefordert – und diese Bedingung ist auch in der EnEV 2002 enthalten.

In der Praxis hat sich diese Abdichtung, welche die raumseitige Herstellung der Luftdichtheit meint, in den letzten Jahren nur sehr wenig durchgesetzt. Zur gleichen Zeit ist aber die Entwicklung bei den Abdichtungsmaterialien sehr weit fortgeschritten und die Wärmedämmung und Dichtheit der Gebäude hat sich stark erhöht. Damit werden aber auch kleinere Undichtheiten als Wärmeverlustquellen inakzeptabel. Das gilt vor allem an Stellen, wo warme und feuchte Raumluft in Bereiche eindringt, wo sie durch Kondensatbildung erhebliche Schäden verursachen kann. Da das Ausschäumen der Fensteranschlußfuge keine dauerhafte Luftdichtheit herstellen kann, sind zusätzliche Maßnahmen auf der Rauminnenseite zu treffen (diese werden im Abschnitt „Schwerpunkte bei der Fenstermontage“ beschrieben).

Der äußere Übergangsbereich zwischen Wand und Fenster ist schlagregendicht auszuführen. Er soll dabei eine geringere Dampfdichtheit aufweisen, als die innere Fugenabdichtung. Je nach Gestaltung der äußeren Wandflächen, z. B. einfaches Verputzen oder Aufbringen eines Wärmedämm-Verbundsystems, fällt die Durchführung dieser Abdichtung in den Bereich verschiedener Gewerke. So gehört z. B. bei einem Wärmedämm-Verbundsystem die äußere Abdichtung auch der Fensteranschlußfuge zum Aufgabenbereich des Stukateurs. Insgesamt ist die Festlegung der Abdichtungsart und -durch-

führung eine Planungsaufgabe. Fachbetriebe stehen jedoch in der Hinweispflicht, wenn die Ausschreibung dafür keine gesonderte Position oder zumindest eine allgemeine Anforderung enthält. Wenn im Altbaubereich kein Planer vorhanden ist, gilt die Aufklärungs- und Hinweispflicht des Fenster-Monteurs in besonderem Maße.

Auf jeden Fall muß die Herstellung der Luftdichtheit im inneren Bereich von Fensteranschlußfugen als Stand der Technik gesehen werden.

Ordnungsgemäße Anschlußausbildung

Die Grundsätze für die ordnungsgemäße Ausbildung des Anschlusses lauten:

- Gestalterische Anforderungen klären.

- Belastungen (erwartete) aus Schlagregen, Raumfeuchtigkeit, Windbeanspruchung, Schall, Raum- und Außentemperaturen, Bewegungen von Baukörper und Fenster, sowie gegebenenfalls weitere besondere Belastungen (z. B. bei einbruchhemmenden Konstruktionen) genau erfassen.
- Trennebene zwischen Raum- und Außenklima festlegen; im Bedarfsfall Isothermenberechnung vornehmen.
- Abdichtungsebenen und Maßnahmen zur Abdichtung und Dämmung fixieren.
- Dabei den Grundsatz beachten: Innen dampfdichter als außen.
- Platzbedarf und Anschlußdetails für Zusatzeinrichtungen abklären (z. B. Rolläden, Betätigungsgriffe).
- Befestigungsmöglichkeiten ermitteln und Maßnahmen festlegen.

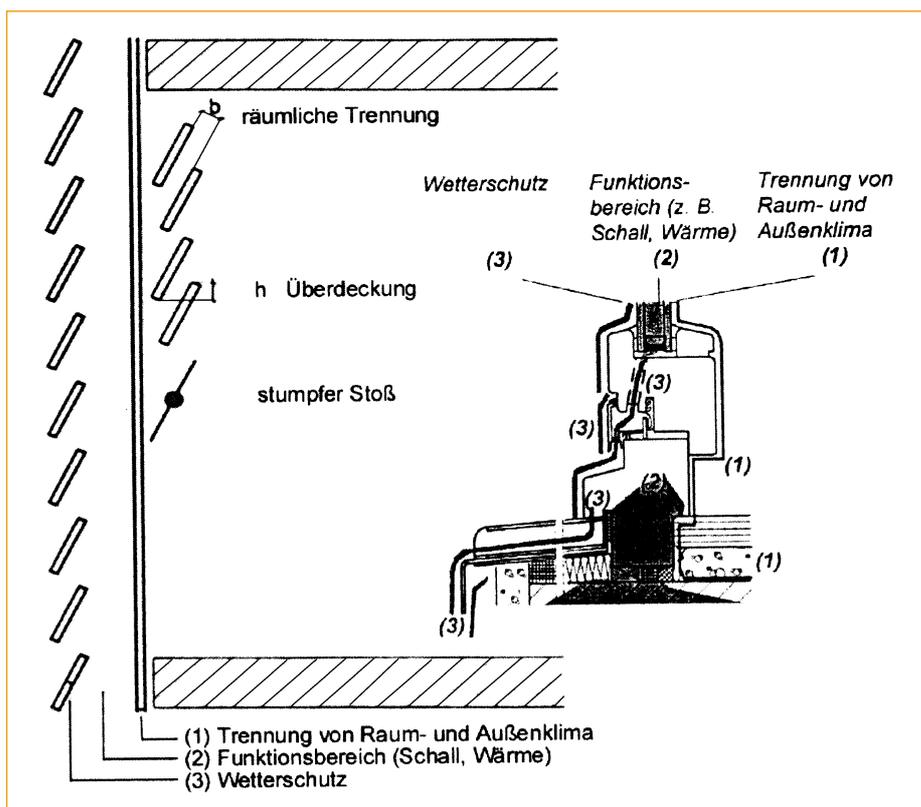


Bild 1: Ebenen und Funktionsbereich als Modell zur Beurteilung von Fenstern in der Außenwand
Bild: ift

Ebenen und Funktionsbereiche am Fenster

Bild 1 zeigt ein Modell, das den Verlauf von „Ebenen“ darstellt und auch den Grundsatz der möglichst umfassenden konstruktiven Maßnahmen zur Gewährleistung der Dichtheit (nach außen gegen Regen und nach innen gegen Luftdurchgang) beinhaltet.

Bei der Planung kann der Baukörperanschluß von Fenstern in seine Funktionen zerlegt werden und diese Funktionen in umlaufende Ebenen umgesetzt werden:

- Die Konstruktion muß raumseitig umlaufend luftdicht ausgeführt werden (Ebene (1)). Dies muß in Bereichen geschehen, deren Oberflächentemperatur über der Taupunkttemperatur der Luft liegt.
- Die Trennung von Raum- und Außenklima (Ebene (1)) ist dampfdiffusionsdichter auszuführen als der Wetterschutz (Ebene (3)), der Funktionsbereich (2) muß trocken gehalten werden.
- Die Regendichtheit der äußeren Wetterschutzebene (Ebene (3)) ist sicherzustellen, eventuell eingedrungene Feuchtigkeit muß kontrolliert nach außen abgeführt werden können.

Die Tauwasserbildung wird für die nächste Zeit ein wesentliches Problem in der Außenwand darstellen, wobei eine Lösung nur im Zusammenspiel zwischen Konstruktion, Ausführung und Einbau der Fenster sowie einer geplanten funktionsfähigen Raumlüftung erreicht werden kann.

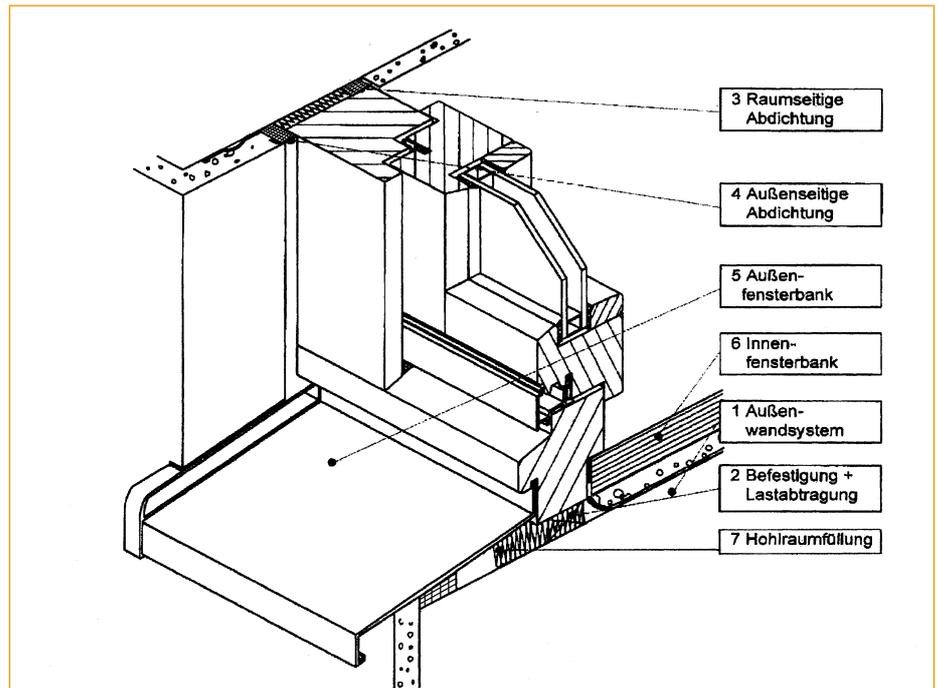
Schwerpunkte bei der Fenstermontage

Entsprechend dem Stand der Technik sind bei der Fenstermontage die in Bild 2 dargestellten Merkmale bei der Planung, Ausschreibung und Ausführung besonders zu beachten.

Physikalische Grundlagen

Feuchte

In der Regel herrscht in unserer Klimazone ein Dampfdruckgefälle von der Raumseite zur Außenseite. Insbesondere in der kalten Jahreszeit fällt auf dem Weg von der warmen Raumseite zur kalten Außenseite Feuchtigkeit aus, wenn die Taupunkttemperatur der Raumluft unterschritten wird.



1	Außenwandsystem	Zur Fenstermontage ist es notwendig, das Außenwandsystem zu kennen. Hiernach richten sich die Einbaulage, die Befestigungsart, die Abdichtungsebenen und Dichtsysteme sowie ggf. zusätzliche Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes.
2	Befestigung und Lastabtrag	Zur Lastabtragung in Fensterebene werden Tragklötze benötigt. Senkrecht zur Fensterebene kommen Befestigungselemente zum Einsatz. Hierunter sind Rahmendübel und Maueranker zu verstehen. Nageln entspricht nicht dem Stand der Technik. Die Befestigungsabstände sind vom Rahmenwerkstoff abhängig, d. h. bei Kunststoff 700 mm, bei Holz und Aluminium 800 mm. Die Befestigung erfolgt jeweils einseitig ca. 200 mm von der äußeren Rahmenecke. Die Befestigung und Lastabtragung muß auch im Bereich von Rolladenkästen sichergestellt sein.
3	Raumseitige Abdichtung	Es muß verhindert werden, daß die feuchte Raumluft in den Fugenbereich eindringen kann und es zur Bildung von Tauwasser kommt. Die innere Abdichtung muß umlaufend gegeben sein, dies gilt auch für Bereiche wie die innere Fensterbank und den Revisionsabstempel von Rolladenkästen. Es kommen nur bewegungsfähige Dichtungssysteme in Frage.
4	Außenseitige Abdichtung	Oftmals genügt eine Regensperre, die auch konstruktiv ausgeführt werden kann. Bei regen- und windbelasteten Fassadenseiten ist eine Abdichtung jedoch notwendig; deren Ausführung ist vom jeweiligen Außenwandsystem abhängig.
5	Außenfensterbank	Besonders zu beachten sind die Neigung ($\geq 5^\circ$), der Fassadenüberstand (≥ 20 mm, 30-40 mm wird empfohlen) und eine dichte Anbindung (seitlicher Leibungsanschluß und Abdichtung zum Blendrahmen). Bei Ausladungen ≥ 150 mm ist eine zusätzliche Befestigung notwendig.
6	Hohlraumfüllung	Hierunter sind Dämmmaterialien jeder Art zu verstehen. Sie dienen zur Fugenraumfüllung sowie zur Verbesserung des Wärme- und Schallschutzes. Sie stellen keine Abdichtung gegen Feuchtigkeit dar.

Bild 2: Details eines fachgerechten Fensteranschlusses

Bild: ift

In Bild 3 ist die Sättigungsmenge der Luft in Abhängigkeit von der Temperatur dargestellt. Die Sättigungsmenge ist diejenige Menge an Wasser, die Luft einer bestimmten Temperatur maximal aufnehmen kann. Aus dem Verlauf der Kurve erkennt man, daß die Sättigungsmenge mit der Temperatur stark ansteigt.

Warme Luft kann somit mehr Wasser aufnehmen als kalte Luft.

Die relative Luftfeuchtigkeit bezeichnet den Feuchtegehalt der Luft bezogen auf die Sättigungsmenge, d. h. ein Wassergehalt von $8,65 \text{ g/m}^3$ bei 20°C entspricht einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 %, da der maximale Wassergehalt der Luft bei 20°C $17,3 \text{ g/m}^3$ beträgt. Tauwasser entsteht dann, wenn die Luft durch

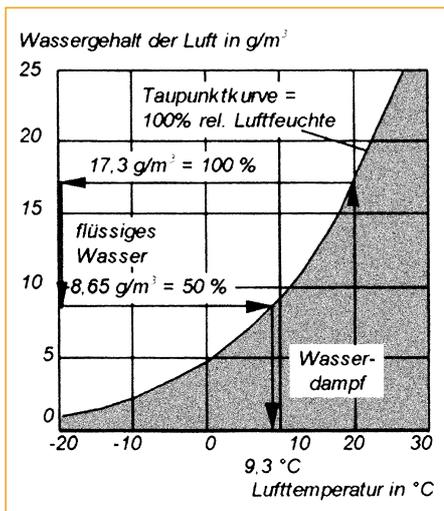


Bild 3: Taupunktcurve zur Bestimmung der Taupunkttemperatur

Abkühlen nicht mehr in der Lage ist, die ursprüngliche Menge Wasser zu speichern.

Temperatur

Wirken auf eine Außenwand längere Zeit konstante, aber zu beiden Seiten unterschiedliche Innen- und Außentemperaturen ein, so stellt sich über dem Querschnitt der Wand ein charakteristischer Temperaturverlauf ein. Dieser Temperaturverlauf ist abhängig von den wärmetechnischen Eigenschaften des Außenwandsystems (U-Wert) sowie weiteren Randbedingungen, wie die Lage der Wand oder Decke oder von Luftströmungen am Bauteil.

Die Temperaturverläufe bei komplexeren Bauteilen, wie z. B. der Anschlußbereich eines Fensters können durch die Isothermendarstellung beschrieben werden. Die Isotherme ist eine Linie, die Punkte mit gleicher Temperatur verbindet.

Für die Festlegung der Ebene (1) „Trennung von Raum- und Außenklima“ (Bild 1) können die Temperaturfelder als Hilfsgröße herangezogen werden. Die zur Beurteilung eines Anschlusses wichtigste Isotherme ist für das übliche Raumklima (20 °C/50 % relative Luftfeuchte) die 10°-Isotherme. Sie ergibt sich aus der Taupunktcurve (Bild 3), die beim üblichen Raumklima einen Taupunkt bei 9,3 °C ergibt.

Die 10°-Isotherme dient als Kriterium zur wärme- und feuchtetechnischen Beurteilung eines Baukörperan-

schlusses. Sie soll innerhalb der Konstruktion verlaufen, um die Tauwasserbildung auf der raumseitigen Oberfläche (Wand-Fuge-Rahmen) zu vermeiden, und möglichst schwach gekrümmt sein, um den Wärmeverlust über den Anschlußbereich gering zu halten.

Bild 4 zeigt im Vergleich die Isothermen bei verschiedenen Einbaulagen, bezogen auf eine Außentemperatur von -10 °C, eine Raumtemperatur von 20 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 50 %. Dies sind die Vorgaben nach DIN 4108-3 für feuchtetechnische Betrachtungen.

Temperaturfaktor

Die Praxis der vergangenen Jahre hat gezeigt, daß die idealisierten Annahmen für die Isothermen-Betrachtung nicht immer tatsächlich vorliegen und insbesondere, daß Schimmelpilzwachstum bereits dann auf Bauteiloberflächen möglich ist, wenn diese anhaltend oder zumindest über längere Zeit einer relativen Luftfeuchte ab 80 % ausgesetzt sind (bei Tauwasser-Ausfall sind an dieser Stelle 100 % relative Luftfeuchte vorhanden). Die für ihr Wachstum erforderliche Nahrung finden Schimmelpilze praktisch überall, da bereits geringe Mengen Hausstaub, Fett, organische Beschichtungen u. ä. einen ausreichenden Nährboden darstellen.

Für diese Nachweisführung – wenn etwa der Bauteilkatalog im Beiblatt 2 zu DIN 4108 nicht paßt – wurde der Temperaturfaktor f_{Rsi} gebildet, für den gilt: $f_{Rsi} \geq f_{min} = 0,70$. Dieser Wert ist

als Mindestanforderung auch an der ungünstigsten Stelle des Baukörperanschlusses zu erfüllen. Um diese Stelle herauszufinden, ist eine (sehr große) Vielzahl von Berechnungen durchzuführen, was wiederum den Einsatz spezieller EDV-Programme erfordert. Die einzelne Rechnung selbst ist einfach (wenn man die Werte alle hat) und stellt sich nach DIN EN ISO 10 211-2 und DIN EN ISO 13 788 folgendermaßen dar:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

Darin bedeuten:

f_{Rsi} = Temperaturfaktor (dimensionsloser Wert)

θ_{si} = raumseitige Oberflächentemperatur in °C

θ_i = Innenlufttemperatur in °C

θ_e = Außenlufttemperatur in °C

Die in der Norm vorgegebenen Randbedingungen lauten:

Innenlufttemperatur $\theta_i = 20$ °C

Außenlufttemperatur $\theta_e = -5$ °C

Wärmeübergangswiderstand, innen im Bereich der Außenwand $R_{Si} = 0,13$ m² K/W

Wärmeübergangswiderstand, innen im Bereich des Fensters $R_{si} = 0,13$ m² K/W

Wärmeübergangswiderstand, außen $R_{se} = 0,04$ m² K/W

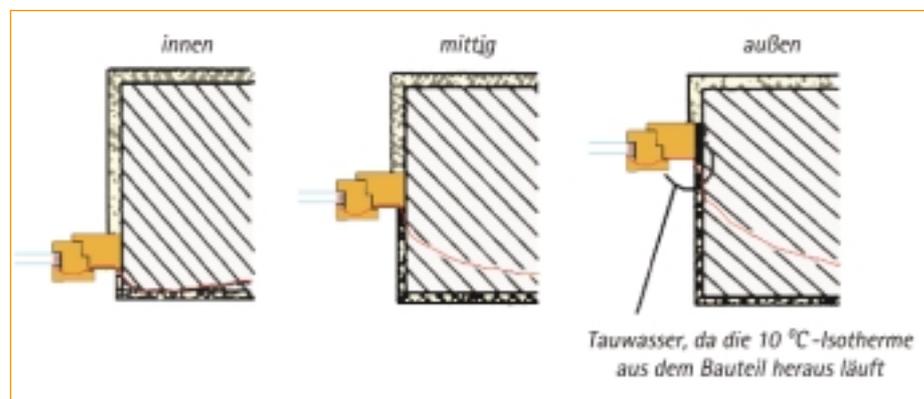


Bild 4: Im Vergleich die Isothermen bei verschiedenen Einbaulagen, bezogen auf eine Außentemperatur von -10 °C, eine Raumtemperatur von 20 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 50 % (schematische Darstellung)

Die Vorgehensweise soll nochmals an einer konkreten Einbausituation aufgezeigt werden. Die niedrigste innere Oberflächentemperatur wurde dabei durch Messung mit einem Temperatur-Meßfühler mit 11°C festgestellt.

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} = \frac{11 - (-5)}{20 - (-5)} = 0,64$$

$$f_{Rsi} = 0,64 < 0,70 = f_{min}$$

d. h. die Anforderung ist nicht erfüllt.

Anmerkung:

Dieses Berechnungsergebnis bestätigt die Erfahrung, daß bei monolithischem Mauerwerk eine mittlere Einbaulage noch günstig und eine solche im äußeren Drittel der Wanddicke ungünstig ist.

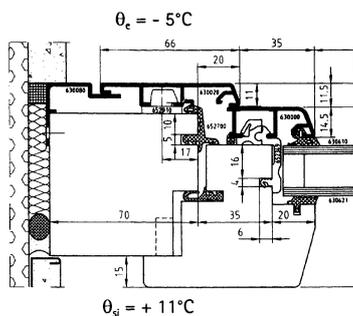


Bild 5

Setzt man diese Randbedingungen in die Gleichung für f_{Rsi} ein, so erhält man eine erforderliche raumseitige Mindest-Oberflächentemperatur von 12,6 °C. An dieser Zahl wird sichtbar, daß die Vermeidung von Schimmelpilzen höhere Anforderungen stellt als die Vermeidung von Tauwasser (wozu die 10°-Isotherme herangezogen wurde). Bild 5 verdeutlicht dies am Beispiel einer konkreten Einbausituation.

Immerhin gesteht die DIN EN ISO 13 788 zu, daß „im Bereich von Fenstern und Pfosten-Riegel-Fassaden“ kurzzeitig Tauwasser auftreten darf. Es darf jedoch nicht von der Oberfläche der Konstruktion aufgenommen werden oder in Fugen eindringen. Angrenzende empfindliche Materialien dürfen nicht in Kontakt mit Tauwasser kommen.

Ausführungsbeispiele

Die innere Abdichtung der Fuge zwischen Fenstern/Außentüren und Maueranschluß ist nach dem heutigen Stand der Technik zwingend erforderlich.

Um eine Bauanschlußfuge dauerhaft vor dem Eindringen von Feuchtigkeit zu schützen, und zudem erhöhten Anforderungen an dem Wärmeschutz gerecht zu werden, reicht es nicht aus, die Bauanschlußfuge lediglich außen gegen Wind und Schlagregen abzudichten. Zur Herstellung der geforderten Luftdichtheit und zur Ver-

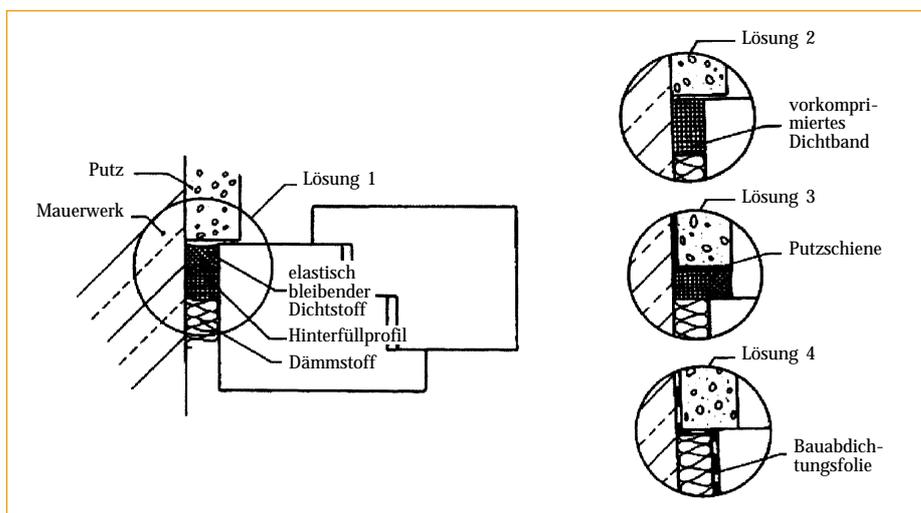


Bild 6: Für Fachbetriebe gibt es die folgenden Möglichkeiten, um die innere Abdichtung vorzunehmen

hinderung von Feuchteschäden ist die zusätzliche innere Abdichtung unbedingt notwendig. Die Vorteile dieser Vorgehensweise sind:

- Verringerung unkontrollierter Wärmeverluste durch Luftdichtheit,
- Verhinderung von Feuchteschäden durch Tauwasser,
- erhöhter Schallschutz,
- verbesserte Optik der Fuge.



Dipl.-Wi.-Ing. Reiner Oberacker ist der Leiter der „Technischen Beratung im Fachverband Glas-Fenster-Fassade, Baden-Württemberg“