

Internationaler
Sachverständigenkreis Ausbau und Fassade ISK

Ausbau und Fassade

Wissen – Fakten – Erkenntnisse

**12. Internationale Baufach- und
Sachverständigentagung
Ausbau und Fassade
ISK 2013 in Regensburg**

Tagungsband



Fraunhofer IRB  Verlag

Internationaler Sachverständigenkreis Ausbau und Fassade ISK

**Ausbau und Fassade
Wissen – Fakten – Erkenntnisse**

**12. Internationale Baufach- und Sachverständigentagung
Ausbau und Fassade
ISK 2013 in Regensburg**

Internationaler Sachverständigenkreis Ausbau und Fassade ISK

**Ausbau und Fassade
Wissen – Fakten – Erkenntnisse**

**12. Internationale Baufach- und Sachverständigentagung
Ausbau und Fassade
ISK 2013 in Regensburg
11. – 12. Oktober 2013**

Tagungsband

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-9072-3

ISBN (E-Book): 978-3-8167-9073-0

Redaktion: Sabine Marquardt, Fraunhofer IRB Verlag

Satz: Mediendienstleistungen des Fraunhofer IRB, Stuttgart

Umschlaggestaltung: Martin Kjer, Fraunhofer IRB Verlag

Druck: Bosch-Druck GmbH, Ergolding

Titelbilder: Gerd Geburtig; Feuerwehr Erfurt

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar.

Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© by Fraunhofer IRB Verlag, 2013

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart,

Telefon (0711) 970-2500

Telefax (0711) 970-2508

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

<http://www.baufachinformation.de>

Vorwort

Neue Bauweisen und höhere Anforderungen an die Wärmedämmung eines Gebäudes erfordern verbesserte Messmethoden und Nachweisverfahren. Die 12. ISK-Tagung „Wissen – Fakten – Erkenntnisse“ setzt sich daher nicht nur kritisch mit diesen Bauweisen auseinander, sondern auch mit den erforderlichen Messmethoden, wie der Thermografie und hygrothermische Simulationen.

Innendämmung, WDVS auf Holzkonstruktionen, der Dauerbrenner Fensterbankanschluß, Schwindverhalten von EPS und - immer noch brandaktuell - das Brandverhalten von WDVS-Systemen sind weitere herausragenden Themen dieser Tagung. Ein anderer Schwerpunkt sind Bäder in Trockenbaubauweise und Gips-Zementputze.

Das Kaminesgespräch wird zur ISK-Arena. Die große Teilnehmerzahl bei den Kaminesgesprächen hat uns zu diesem Schritt bewogen. In der ISK-Arena werden kompetente Vertreter der Industrie und der Handwerksfirmen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz ihre Argumente hinsichtlich des Systemzwanges bei WDVS kontrovers austauschen.

Wir freuen uns, Sie bei dieser 12. ISK-Tagung in Regensburg begrüßen zu dürfen.

Mit dem vorliegenden Tagungsband zur 12. ISK-Tagung wollen wir neben den Tagungsteilnehmern auch einer breiten Fachöffentlichkeit die Möglichkeit geben, sich durch die dokumentierten Vorträge zu informieren. Wir danken den Referenten für ihr Engagement und den Tagungsteilnehmern für ihr Interesse und ihre Unterstützung.

Der Vorsitzende der ISK 2013
Ralf Wagner

Inhaltsverzeichnis

Dr. phil. Dipl.-Met. Wolfgang Thüne, Oppenheim (D) Darstellung der Treibhaus-Hypothese und ihre kritische Überprüfung	9
Dr. Dipl.-Ing. Herwig Ronacher, Hermagor (A) Energie Plus Haus Weber – Sanierung eines historischen Bauernhauses auf Passivhausstandard mit Innendämmung	17
Dr. Ing. Rudolf Plagge, Dresden (D) Innendämmung von Altbaukonstruktionen – Bauphysikalische Bewertung mittels hygrothermischer Simulation anhand von Praxisbeispielen	27
Dipl.-Ing. (FH) Achim Bauer, Mannheim (D) Innendämmung! Und was passiert mit Wärmebrücken?	37
Dipl.-Ing. (HTL) Gerhard Enzenberger, Perg (A) Quetschfaltenbildung am WDVS	45
Dipl.-Ing. Sylvia Polleres, Wien (A) Äußerer Fensterbankanschluss im Holzhaus- und Massivbau <i>Neue Ansätze – praktische Lösungen</i>	53
Michael Hladik, Natters (A) Nachschwinden bei EPS	59
Dr. Ing. Gerd Geburtig, Weimar (D) Brandschutz bei WDVS – ein „brandheiβes“ Thema?	73
Wolfgang Past, Markt Piesting (A) Gute Thermografie contra bunte Bildchen	79
Dipl.-Ing. (FH) Ralf Wagner, Schwabach (A) Häusliches Bad – Zwangsehe oder Liebesheirat?	87
M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Zott, Röthis (A) 10 Jahre Gips-Zementputz	93
<i>Erfahrungen aus Schweiz, Österreich und Deutschland</i>	
Walter Schläpfer, Wallisellen (CH) Häusliches Bad – Putz (Gips-Zement)	99
<i>Wie hat sich das neue Bindemittel bewährt?</i>	
Prof. Dipl.-Ing. Jens Uwe Zipelius, Ammersbek (D) Fugen im Bad – das „ewige“ Thema	105
Dipl.-Ing. Daniel Zirkelbach, Holzkirchen (D) Hygrothermische Simulation – Anwendungsmöglichkeiten für Planer und Sachverständige	119
Aussteller im Zuge der ISK-Tagung	131

Darstellung der Treibhaus-Hypothese und ihre kritische Überprüfung

Wolfgang Thüne

Der Mensch ist eine Kreatur, die sich wie alles Leben den Rahmenbedingungen der Natur anpassen und sich ihren Gesetzen fügen muss. Dieses gilt für das Gravitationsgesetz und auch das Abkühlungsgesetz, die beide allen Körpern eigen sind. Wie die Erde und alles Leben auf ihr, so gibt auch der Mensch unentwegt Energie in Form von Wärmestrahlung ab. Alle Körper kühlen sich zwangsläufig ab, auch die Erde, so dass die Vorstellung, die Erde könne sich über die von ihr emittierte und dann partiell als „Gegenstrahlung“ an sie zurückgestrahlte Energie erwärmen, nicht den Tatsachen entspricht. Der Mensch muss in seinem Körper Nahrung verbrennen, um mit der in ihr photosynthetisch gespeicherten Energie seine Temperatur konstant zu halten. Die Erde erhält Ihre Lebensenergie direkt von der Sonne zugestrahlt. Infolge der Kugelgestalt und aufgrund der Drehbewegungen wird die Erdoberfläche unterschiedlich stark erwärmt, die Atmosphäre in Bewegung gesetzt, entstehen Wetter, Jahreszeiten und Klimazonen – ohne Zutun des Menschen.

Darstellung der Treibhaus-Hypothese und ihre kritische Überprüfung

Die Erde ist eine zum Weltall offene Lebensplattform

Die Erde ist ein Planet, der sich täglich um die eigene Achse dreht und die Sonne als Zentralgestirn jährlich auf einer elliptischen Bahn umkreist. Die Größe der Sonne, sie hat die 333-tausendfache Masse der Erde und der Abstand zur Erde, sind ausschlaggebend für die Lebensbedingungen. Aufgrund der „Schiefe der Ekliptik“ von derzeit 23,5 Grad wird die Erde zwar optimal, aber keineswegs gleichmäßig mit Licht und Wärme in Form elektromagnetischer Strahlung versorgt. Einen Überfluss an Wärme erhalten die Tropen, einen Mangel verzeichnen die Polgebiete. Der Grund liegt in der Kugelgestalt der Erde. Fallen die Lichtstrahlen nicht senkrecht auf einen Schirm, so erzielen sie eine geringere Beleuchtungsstärke aufgrund des Kosinus des Winkels, den das Licht mit dem Lot der Auffangfläche bildet (Beer'sches Gesetz). Die thermischen Unterschiede haben im Laufe der Entwicklung zu einer Vielzahl von Pflanzen und Tieren in unterschiedlichen Biozönosen mit abgrenzbaren Biotopen und charakteristischen Lebensgemeinschaften geführt, auch „Ökosysteme“ genannt.

In ein für ihn optimales Ökosystem, in allen Religionen als „Paradies“ bezeichnet, wurde der Mensch hineingestellt. Damit er als „nackter Affe“ leben und überleben konnte, mussten bestimmte Randbedingungen gegeben sein. Die Wichtigste war eine über das Jahr gleichmäßige Temperatur von etwa 28°C. Wie alle Lebewesen benötigt der Mensch zur Aufrechterhaltung seiner Lebensfunktionen eine bestimmte Körpertemperatur, 37°C. Während die Tiere ein Fell oder Gefieder tragen, um sich vor Kälte und Unterkühlung zu schützen oder als Zugvögel jeweils vor dem Winter fliehen, hatte der haarlose Mensch keine dieser Möglichkeiten. Ausgerüstet mit zahllosen Temperatursensoren in der Haut musste er nun als „homo sapiens“ seinen Verstand gepaart mit seiner Beobachtungsgabe nutzen, um sich den stark schwankenden Temperaturen (von minus bis plus 50°C) jeweils angemessene „Kleider“ zuzulegen.

Die nächtliche Abkühlung ist eine uralte Tatsache, der sich auch der Mensch anpassen musste, insbesondere in den subtropischen Hochdruckregionen, wo die Schwankungen der Temperaturen besonders extrem, die Tage heiß, aber die Nächte empfindlich kalt sind. Die Menschen mussten sich eine künstliche Kleidung sowie Behausungen zulegen. Erst dann konnten sie beginnen, sich über die ganze Welt auszubreiten. Wie bei den Tieren abgeschaut, so machten sie sich bei der Kleidung die Tatsache zunutze, dass die Wärmeleitfähigkeit der Luft extrem gering ist, nämlich 0,025 W/mK gegenüber Glas mit 0,6–0,9 W/mK. Die Luft muss nur stillgestellt sein und darf sich nicht bewegen, um die Wärmeleitung und vor allem die Konvektion möglichst zu unterbinden. Die Dämmstoff-Industrie bevorzugt auch solche Materialien, in denen, wie bei der Glaswolle, viel Luft eingeschlossen ist. Ein nahezu perfektes Gerät, um die Abkühlung des heißen Kaffees zu verlangsamen, ist die Thermoskanne, auch Dewar-Gefäß genannt.

Beim Bau von Behausungen verfährt der Mensch nach dem gleichen Prinzip. Er schafft Räume mit Fenstern, die er zum Belüften öffnen und zum Beheizen schließen kann. Ob der Boden mittels der Sonne oder einer Bodenheizung erwärmt wird, die per Schwerkraft aufgedrückte Luft wird durch Wärmeleitung erwärmt, wird spezifisch leichter und steigt auf. Dies nennt man Konvektion und ihr verdanken die Haufenwolken ihre Existenz. Es ist der Zweck von Häusern, in den Subtropen am Tage als Hitzeschutz zu dienen, in den außertropischen Breiten vor Kälte zu schützen. Sie müssen beheizbar und gut isoliert sein. Nur in Häusern als geschlossenen Räumen kann der Mensch unter Ausschluss des Wetters sich sein „eigenes Klima“ schaffen. Unter freiem Himmel geht das nicht! Wärme geht auf drei Arten verloren, durch Strahlung, Leitung und Konvektion, wobei bei der Treibhaushypothese Leitung und Konvektion einfach „unterschlagen“ werden. Bei einem Gewächshaus ist zwar durch die Glashülle die Strahlung wie die Konvektion unterbunden, aber die Glasscheiben leiten weiter Wärme nach draußen und zwar so effizient, dass sich innen am Glas Eisblumen bilden können. Die Moleküle eines Gases

stoßen nicht nur auf die Gefäßwände, sie erfahren untereinander pro Sekunde etwa 4×10^9 Zusammenstöße. Das Beheizen gewöhnlicher Gewächshäuser im Winter ist daher teuer und unrentabel.

Die Atmosphäre ist eine bewegliche Gashölle, keine starre Glaskugel

Nach diesen Vorbetrachtungen kommen wir zu der von wissenschaftlicher wie politischer Warte über die Medien verbreiteten Behauptung, die Erde sei ein „Treibhaus“, könne sich mit der von ihr selbst emittierten Energie erwärmen. Wie erwähnt ist ein Leben unter freiem Himmel in den mittleren und nördlichen Breiten weder für Mensch noch Pflanze möglich. Die Lebensdauer der meisten Pflanzen reicht daher nur von Frühjahr bis Herbst. Selbst die Laubbäume werfen vor dem Winter ihr Laub ab und begeben sich in die Winterruhe. Schwalben und Störche ziehen rechtzeitig in den warmen Süden. Der Mensch ist kein Zugvogel und muss in beheizbaren Wohnungen dem Winter trotzen. Warum also glauben wir der Parole, die Erde sei ein „Treibhaus“, das sich gar aus eigener Kraft von eiskalten -18°C auf angenehme $+15^\circ\text{C}$ erwärmen könne?

Auf diese Frage gibt es bisher keine zufriedenstellende Antwort, außer der, die Albert Einstein (1879–1955) gab, indem er feststellte, dass die menschliche Dummheit unendlich sei. Es ist bewiesen, dass selbst die größten Lügen von den meisten Menschen akzeptiert werden und sich zur Glaubenswahrheit verdichten, wenn sie nur gut verpackt und häufig genug wiederholt werden. Arthur Schopenhauer (1788–1860) sagte: „Es gibt auf der Welt nur ein lügenhaftes Wesen: Es ist der Mensch.“ Wer die Medien beherrscht, kann Lügen mit Lichtgeschwindigkeit um die Welt verbreiten. Werden diese plausibel verpackt und von „hoher Warte“, von wissenschaftlichen Autoritäten und anerkannten Experten präsentiert, dann ist ihr Siegeszug garantiert. Ein Beispiel war der populäre „Fernsehprofessor“ Heinz Haber (1913–1990). Er produzierte für die ARD Fernsehreihen wie „Unser blauer Planet“ (1965) oder „Stirbt unser blauer Planet?“ (1973). Haber wurde 1939 mit einer Arbeit „Über den Energieaustausch zwischen Translation und Rotation durch Stöße“ promoviert. Nach seiner Habilitation ging er 1946 in die USA, um ab 1956 im Auftrag der US-Regierung in der Fernsehreihe „Unser Freund das Atom“ bei Disneyland für die friedliche Nutzung der Kernenergie zu werben.

Zurück in Deutschland warb er für das Bild von der Erde als „Treibhaus“, ohne dass dies auf größere Resonanz stieß, denn die „Klimapolitik“ steckte noch in der Versuchsphase. Er musste das psychologische Kunststück vollbringen, das archaische Bild von der „Hölle“ mit dem Bild vom „Treibhaus“ zur Deckung zu bringen und im kollektiven Unbewusstsein zu verankern. Wenn der „Industriemensch“ durch „Treibhausgasemissionen“ die Erde weiter so „aufheize“, bekomme sie „Fieber“, erleide einen „Klimakollaps“ und werde zur „Hölle“. Um diese Botschaft zu transportieren und zu implantieren, war Dr. Heinz Haber als Physikprofessor ob seiner ausgestrahlten Seriosität bestens geeignet.

In seinem Buch „Stirbt unser blauer Planet“ von 1973 schreibt er: *„Wieso ist dieses Gas, das weniger als ein dreißigstel Prozent der Atmosphäre ausmacht, imstande, das Klima der Erde zu steuern? Kohlendioxid in der Atmosphäre hat die gleiche Wirkung wie die Glasscheibe eines Gewächshauses. Für das sichtbare Sonnenlicht, nämlich den größten Teil der Sonnenenergie, ist es völlig durchsichtig. Das Gas absorbiert jedoch Wärmestrahlung, die wieder nach draußen entweichen will. Glas wirkt genau so, und das ist der Grund, weshalb es in einem Gewächshaus oder auch in unseren modernen, sehr stark verglasten Hochhäusern oft so heiß ist. Man kann ausrechnen, dass selbst geringe Schwankungen im Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre die gesamte Temperatur des Planeten sehr stark beeinflussen können.“*

Dieser Vergleich ist physikalisch unhaltbar, aber un-
gemein plausibel. Gerade darin liegt sein großer Erfolg, sein globaler Siegeszug. Wer schon einmal mit dem Kopf gegen eine Glasscheibe gestoßen ist und die schmerzhaft Beule im Spiegel betrachtet hat, der weiß zwischen Gas und Glas zu unterscheiden. Wenn Archimedes (287–212 v. Chr.) dies lesen könnte, er würde mit dem Kopf schütteln. Gilt das „Archimedische Prinzip“ nicht mehr? Dieses Auftriebsgesetz gilt für Flüssigkeiten und Gase. Warum können Heißluftballons fliegen oder Warmluftblasen aufsteigen, sich abkühlen und durch Kondensation kleine wie große Haufenwolken bilden? Hat Professor Dr. Heinz Haber nichts von Kirchhoff und Bunsen sowie deren „Spektralanalyse“ gehört? Man gehe nur nach Sonnenuntergang in ein Gewächshaus, um am eignen Leib zu erfahren, wie schnell es dort im Glashaus abkühlt. Auch die fahrbaren „Gewächshäuser“, unsere Autos, kühlen extrem rasch ab, wenn sie im Schnee stecken bleiben und der Sprit ausgeht. Vor

dem Erfrieren können dann nur noch heißer Tee und dicke Wolldecken schützen. Selbst mühsam abgekratzter Raureif auf den Autos erschüttert unseren Glauben an die Erde als „Treibhaus“. Ein Aufschrei der Physiker und des Bildungsbürgertums gegen diesen physikalisch völlig absurden Vergleich blieb aus.

Die offiziell unwidersprochene Erklärung von Heinz Haber wurde schließlich im Jahre 1986, als die Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V. ihre „Warnung vor der drohenden Klimakatastrophe“ aussprach, in den Rang einer wissenschaftlichen Erkenntnis gehoben. Damit wurde auch ein neuer Politikzweig begründet, die „Klimaschutzpolitik“. In seinem Buch „Wir Klimamacher“ beschrieb 1990 der Physiker Professor Dr. Hartmut Graßl vom Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg das „Treibhaus“ wie folgt: *Die Strahlen der Sonne, die ungehindert von diesen Gasen (allen voran Kohlendioxid) durch die Atmosphäre der Erde dringen und die Oberfläche des Planeten so wohltuend erwärmen, bleiben, wenn sie als Wärmestrahlen entweichen wollen, unter einem Schirm von Spurengasmolekülen wie in einem Glashaus gefangen. Je mehr davon in der Atmosphäre schweben, desto wärmer wird es auf der Erde. Das ist ein Naturgesetz.“*

Nein, das ist kein Naturgesetz! Das ist eine bewusste Verneinung von Naturgesetzen, ganz im Sinne einer reduktionistischen politischen Ideologie zwecks Umgestaltung der gesamten Gesellschaftsordnung. Vergleicht man die beiden Physikprofessoren Haber und Graßl, so bemühen sich beide, die Existenz eines „natürlichen Treibhauseffektes“ populär und plausibel zu machen. Beider Argumentation unterscheidet sich etwas. Während Haber die Erde sofort in ein „Glashaus“ steckt, lässt Graßl die Sonnenstrahlen ungehindert die Erde „wohltuend erwärmen“, um dann zu behaupten, dass deren Wärmestrahlung unter einem „Schirm von Spurengasmolekülen“ gefangen gehalten werde. Hierauf gründet die politische Forderung, die Emission von „Treibhausgasen“ drastisch zu reduzieren, um ein weiteres Aufheizen der Atmosphäre zu stoppen und damit die „Klimakatastrophe“ zu verhindern.

Hartmut Graßl lehnt sich in seiner Beschreibung an Svante Arrhenius (1859–1927) an, der den „Schirm von Spurengasmolekülen“ in 6 km Höhe

als „Glasspiegel“ aufspannte und mit dem wechselnden CO₂-Gehalt der Luft das Entstehen und Vergehen der Eis- und Warmzeiten erklären wollte. Doch ganz so einfach funktioniert die Natur nicht, ist das permanente Auf und Ab der Temperaturen nicht zu erklären. Wie einfach wäre die Prognose der Temperaturen, wenn eine Kausalität zwischen ihnen und dem CO₂-Gehalt der Luft bestünde. Zudem ist diese Darstellung mit der Definition „natürlicher Treibhauseffekt“ nicht vereinbar. Diese besagt, dass die Kraft der Sonne nur ausreichen würde, um die Erde auf eine „Globaltemperatur“ von –18°C zu bringen. Von einer „wohltuenden“ Erwärmung kann keine Rede sein. Leben wäre auf einer mit –18°C eiskalten Erde nicht möglich.

Der Sprung in ein physikalisches Treibhaus-Wunderland

Beim Anblick des 5.895 m hohen schneebedeckten Kilimandscharo zwischen Kenia und Tansania, wo die Anthropologen die „Wiege der Menschheit“ vermuten, wusste der „homo sapiens“, dass es mit der Höhe Richtung Sonne nicht wärmer, sondern kälter wird. Radiosonden-Aufstiege haben dies bestätigt und für die Höhe von 6 km wurde eine mittlere Temperatur von –18°C ermittelt. Exakt aus dieser Höhe mit eiskalten –18°C soll der –18°C kalte Erdboden mit der von ihm emittierten „Wärmestrahlung“ von –18°C auf +15°C erwärmt werden? Sitzt unter dem „Schirm von Spurengasmolekülen“ in 6 km Höhe eine unbekannte „Wärmequelle“, die den Boden um 33 Grad von –18° auf +15°C erwärmt? Diese „Wärmequelle“ ist ein Produkt menschlicher Phantasie, sie existiert nicht, wie auch der Naturforscher Alexander von Humboldt (1769–1859) bei seinen Bergexpeditionen in den Anden Ecuadors und Kolumbiens feststellte.

Die Temperatur nimmt, abgesehen im Falle von Inversionen/Temperaturumkehrschichten, mit der Höhe ab, so wie auch die Schwerkraft und damit der Druck abnehmen. Es gibt eine physikalische Beziehung, die ideale Gasgleichung $P \times V = R \times T$, die eine Beziehung zwischen Druck, Volumen und Temperatur herstellt. Nimmt der Druck ab und bleibt das Volumen konstant, dann nimmt zwangsläufig auch die Temperatur ab. Nimmt dabei auch das Volumen zu, die Abkühlung bleibt, denn sich ausdehnende Luft muss eine Arbeit leisten, die mittels der inneren Energie der Luftmasse geleistet wird. Wird beim Aufstieg der Luft bei der Kondensation des Wasser-

dampfes keine „Kondensationswärme“ frei, dann beträgt der „adiabatische Temperaturgradient“ -1°C pro 100 m Höhenzunahme.

Mit der Unterstellung, es gäbe einen „natürlichen Treibhauseffekt“ von $+33^{\circ}\text{C}$, der zum Dogma, zum Glaubenssatz, erhoben wurde, um ihn jeder Kritik zu entziehen, verließen die Physiker den Bereich der Physik und wechselten in die Metaphysik. Damit versuchten sie, ihre Hypothese jeglichem Versuch der experimentellen Überprüfung zu entziehen. Diese Taktik ging bisher dank kräftiger Unterstützung durch die Medien und die Politik auf. Es wurde ein öffentliches „Klima“ geschaffen, das Jeden, der den Mut sowie die Zivilcourage hat, die „Treibhaushypothese“ infrage zu stellen, sogleich vom „Zeitgeist“ ins wissenschaftliche Abseits stellte. Und dieser ist gnadenlos, bis hin zur Androhung, die „Klimaskeptiker“ an den Pranger zu stellen, ins Gefängnis zu werfen oder, wie dereinst die „Hexen“, gleich zum Tode zu verurteilen. Glaubt der Mensch an eine „fixe Idee“, so kann er gnadenlos sein.

Gegen das Vorhaben, mit wissenschaftlicher Akribie unbestreitbare Naturgesetze wie die von Sir Isaac Newton (1642–1727) formulierten Gravitations- und Abkühlungsgesetze zu negieren, auf den Kopf und in den Dienst einer quasireligiösen Ideologie zu stellen, hat sich vehement der Physiker und Kybernetiker Karl Steinbuch (1917–2005) gewehrt. In seinem Buch „Kollektive Dummheit – Streitschrift gegen den Zeitgeist“ (1992) schreibt er: *„Der Mensch in der Informationsflut ist vergleichbar einem Schiff auf hoher See, das Orientierung sucht. Aber an seinem Horizont leuchtet nicht ein Leuchtfener, sondern viele und alle signalisieren: Mir musst du folgen, die anderen führen ins Verderben!“* Weiter: *„In unserer Zeit, in der viele informell überfordert sind, haben schreckliche Simplifikateure Hochkonjunktur. Überall bieten sie Erklärungsmuster an, die leicht zu begreifen sind. Im Zeitalter der Informationsflut ist die gefährlichste Art der Lüge die selektive Wahrheit, die irreführende Beschreibung einer Realität durch ausgesuchte Teilwahrheiten. Offensichtlich muss man, um zu lügen, nicht unbedingt die Wahrheit verfälschen: Bei der selektiven Wahrheit stimmen möglicherweise alle Einzelheiten, nur das Gesamtbild ist falsch.“*

Doch beim Bild der Erde als „Treibhaus“ stimmen nicht einmal die Einzelheiten. Es beweist sich, was der damalige Präsident der Max-Planck-Gesellschaft

e. V., der Biologieprofessor Dr. Hubert Markl, anlässlich der Weltausstellung „EXPO 2000“ in Hannover öffentlich bekannte: „Lug und Trug sind integrale Bestandteile des Forschens.“ Politische Hörigkeit wird mit Forschungsgeldern belohnt, zahlt sich aus.

Die Natur spielt sich nicht im Computer, sondern in der Natur ab

So unabdingbar „Gedankenexperimente“ sind, so wichtig ist bei der Formulierung von „physikalischen Gesetzen“ das Experiment, um nicht irrigen Hypothesen aufzusitzen und mit ihnen falsche Weltbilder zu propagieren. Galileo Galilei (1564–1642) machte das Experiment in der Physik zum Maßstab für „wahr und falsch“. Ohne Experiment hätte er die „Fallgesetze“ nicht formulieren können. Das Prinzip der Physik ist, durch Beobachtung und Messung die Funktionsweise der Natur zu ergründen und aus diesem Verständnis heraus „Naturgesetze“ abzuleiten, wie es Sir Isaac Newton tat.

Ganz im Gegensatz zum Menschen kann die Natur nicht „lügen“, können Naturvorgänge beobachtet, analysiert und experimentell nachgestellt werden, um sie zu erklären und Gesetzmäßigkeiten aufzustellen. Ohne großräumige Luftdruckbeobachtungen hätte der Physiker Christoph Buys-Ballot (1817–1890) nicht im Jahr 1860 das Barische Windgesetz formulieren können. Es besagt, dass die Winde, die von einem Hoch zu einem Tief wehen auf der Nordhalbkugel nach rechts und auf der Südhalbkugel nach links abgelenkt werden. Oder nehmen wir den Braunschweiger Bürgermeister Otto von Guericke (1602–1686). Er entwickelte 1649 die Kolbenvakuumluftpumpe und zeigte experimentell, dass Licht den luftleeren Raum durchdringt, der Schall aber nicht. 1654 führte er auf dem Reichstag zu Regensburg in Anwesenheit des römisch-deutschen Kaisers Ferdinand III. das berühmte „Magdeburger Halbkugel-Experiment“ durch. Er demonstrierte nicht nur die Kraft des Luftdrucks, sondern bewies indirekt die Existenz des Gewichts der Atmosphäre, die wiederum nur mit der Existenz einer Anziehungskraft zu erklären ist. Guillaume Amontons (1663–1705) entdeckte die Proportionalität von Druck und Temperatur bei konstantem Volumen. Steigt bei konstantem Volumen der Druck, dann steigt auch die Temperatur, auch ohne die geringste Zufuhr von Wärme. Im Jahre 1811 erkannte Amadeo Avogadro (1776–1856), dass gleiche Volumina verschiedener idealer Gase die gleiche Zahl Moleküle enthalten.

Die nach ihm benannte Avogadro-Konstante beträgt $6,022 \times 10^{23}$ Atomen 12C. Der direkte konkrete Zusammenhang von Druck, Volumen und Temperatur ergibt sich aus der Allgemeinen Gasgleichung $P \times V = n \times R \times T$.

Mit diesem physikalischen Grundwissen ist es allein durch logisches Denken möglich, augenscheinlich plausible und sehr trickreiche Manipulationsversuche zum Beweis des angeblich „natürlichen Treibhauseffektes“ zu widerlegen. In der Sendung „Faszination Wissen“ des Bayerischen Rundfunks vom 3. Juni 2012 mit dem Titel „Falscher Klima-Alarm“ führte Professor Dr. Martin Heimann vom Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena einen Versuch vor, um „den CO₂-Effekt auf das Klima“ zu illustrieren. Er stellte zwei von einer Lampe beleuchtete Kästen nebeneinander. In beiden waren der CO₂-Gehalt und die Temperatur identisch. Dann erhöhte er durch Einfüllen von CO₂ den CO₂-Partialdruck in einem Kasten und erklärte die Erhöhung der Temperatur damit, dass sich das zusätzliche CO₂ durch den vom Boden ausgehenden Wärmestrom erwärme und seinerseits nun den Erdboden erwärme. Überzeugt Sie das Experiment? Das Experiment ist nicht zu beanstanden, aber die angebliche physikalische Erklärung.

Das Experiment beweist tatsächlich die Richtigkeit der idealen Gasgleichung, den direkten Zusammenhang zwischen Druck, Volumen und Temperatur. Da die äußere Bestrahlung nicht geändert wurde, auch nicht das Volumen der Kästen, ergibt sich die Erhöhung der Temperatur allein aus der Erhöhung des Gasdrucks. Es wäre auch wärmer geworden, wenn man statt des Kohlenstoffdioxids Stickstoff oder Sauerstoff in den Kasten geblasen und dadurch den Druck erhöht hätte.

Wir wissen, dass die Atmosphäre als Gashölle um die Erde allein durch die Massenanziehung der Erde festgehalten wird. Ohne diese Gashölle, ohne Luft, könnte keine Lufttemperatur gemessen werden. Beispiel hierfür ist der Mond, der eine zu geringe Anziehungskraft besitzt, um eine Atmosphäre an sich zu binden. Der Mond hat keine der Erde vergleichbare Lufttemperatur. Doch was ist die Lufttemperatur? Sie ist eine Qualitätsgröße und Ausdruck der Intensität der Molekülbewegung in einem Stoff, sei er fest, flüssig oder gasförmig. Mit der Abnahme des schwerkraftbedingten Luftdrucks nimmt mit der Höhe zwangsläufig auch die Lufttemperatur

ab. Mit Abnahme des Luftdrucks nimmt die Zahl der Zusammenstöße zwischen den Molekülen ab, bis die Verdünnung der Luft so groß ist, dass keine Lufttemperatur mehr gemessen werden kann. Dies ist in etwa 66 km Höhe über der Erdoberfläche der Fall. Die Luft ist so dünn und der Abstand der Moleküle so groß, der Luftdruck so gering, dass die kinetische Energie der Restmoleküle nicht mehr reicht, um ein „Thermometer“ durch Stoßenergie zu erwärmen.

Zurück zu dem „Experiment“: Die Lufttemperatur ist Ausdruck der Summe der kinetischen Bewegungsenergie aller Luftmoleküle. Die mittlere Geschwindigkeit der Luftmoleküle beträgt bei 0°C circa 400 m/sec und bei 20°C etwa 500 m/sec. Der Beweis von Professor Dr. Martin Heimann ist folglich ein Scheinbeweis, eine Irreführung der Öffentlichkeit, die als bewusst angesehen wird, da ihm die Kenntnis der Kinetischen Gastheorie unterstellt werden kann. Die Temperaturerhöhung in der Kiste ist nur auf die Gaszufuhr und damit die Erhöhung des Drucks bei konstantem Volumen zurückzuführen.

„Obst“ essen und „Klima“ schützen, beides ist unmöglich

Unsere Ärzte empfehlen es aus gesundheitlichen Gründen und wir tun es, „Obst“ essen. Doch dies ist nicht möglich, denn „Obst“ gibt es nicht! „Obst“ ist einer der vielen abstrakten Begriffe, die etwas bezeichnen, was es nicht gibt. „Obst“ ist ein Sammelbegriff, unter dem man Äpfel, Birnen, Pflaumen, Kirschen, Pfirsiche zusammenfasst. Man kauft daher bei der Marktfrau auch kein Kilo „Obst“, sondern ein Kilo Pfirsiche, um diese zu verspeisen.

Ein Abstraktum ist auch das „Klima“, das vom Wetter abgeleitet wird. 30 Jahre lang muss man an einem Ort das Wetter beobachten, um dann Mittelwerte der verschiedenen meteorologischen Elemente zu berechnen. „Klima“ repräsentiert das „mittlere Wetter“ an einem Ort über 30 Jahre hinweg. Das Wetter ist wirklich, es existiert, aber das „mittlere Wetter“ oder „Klima“ existiert nicht. Es kann daher auch nicht geschützt werden, zumal auch jeder „Klimawert“ von der Wettervergangenheit abgeleitet wird. Wetter lässt sich nicht rückgängig machen oder nach unseren Wünschen konstant halten. Wetter kann man auch nicht auf ein Element, die Temperatur, reduzieren. Eine berechnete „Globaltemperatur“ erzeugt kein „Globalklima“, wie immer behauptet wird. Doch mit der Temperatur lassen

sich Ängste erzeugen, vor der Hölle, vor dem überhitzten „Treibhaus“.

In seiner Entwicklungsgeschichte hat der Mensch gelernt, sich vor dem Wetter zu schützen, wie auch der Begriff „Wetterschutz“ besagt! Nicht das Wetter ist schutzbedürftig, sondern der Mensch. Er schützt sich mit dem Regenschirm vor dem Regen, mit dem Sonnenschirm vor der Sonne, mit dem Pelzmantel vor Kälte, mit dem Blitzableiter vor dem Blitz! Er schützt weder Sonne, Regen, Kälte noch Blitz! Und beim „Klima“ ist es nicht anders: Der Mensch muss sich dem tropischen, dem gemäßigten oder arktischen „Klima“ anpassen und je nach „Klima“ seine Behausungen bauen.

Kohlenstoffdioxid und Temperatur

Die Temperatur ist eine stoffliche Eigenschaft, eine intensive Größe. Ihre Messung resultiert aus der Beobachtung und Erfahrung, dass sich alle Körper, ob fest, flüssig oder gasförmig, bei Erwärmung ausdehnen. Dies nutzte Galileo Galilei zur Herstellung eines Thermometers. Misst man die Temperatur am Boden und in verschiedenen Höhen über dem Boden bei wolkenlosem Wetter, so erkennt man einen ausgesprochenen Tagesgang, dessen Amplituden mit der Höhe abnehmen. Dies bedeutet, dass zuerst der Boden durch Strahlung und von ihm durch Leitung und Konvektion die Atmosphäre erwärmt wird. Der Tagesgang der Temperatur hat ein Minimum bei Sonnenaufgang, ein Maximum nach Sonnenhöchststand, um danach wieder dem morgendlichen Minimum zuzustreben.

Der CO_2 -Gehalt der Luft hat auch einen Tagesgang. CO_2 ist nämlich ein unverzichtbares Grundnahrungsmittel für alle grünen Pflanzen. Sie sind chemische Fabriken für das Leben. Diese funktionieren nach dem Prinzip der Photosynthese: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 675 \text{ kcal} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$. Allein die Pflanzen sind fähig, direkt aus dem Sonnenlicht Energie aufzunehmen und zu speichern. Ohne CO_2 in der Luft, es sind ohnehin nur 0,04 %, hätte es keine organische Entwicklung bis hin zum Homo sapiens gegeben. Die Photosynthese bedarf des Sonnenlichts, so dass bei Sonnenaufgang der CO_2 -Gehalt der bodennahen Luft das Maximum erreicht hat und tagsüber bis Sonnenuntergang abnimmt.

Zwischen dem Tagesgang der Lufttemperatur wie dem CO_2 -Gehalt der Luft gibt es keinerlei Verbin-

dung, weder eine Korrelation, geschweige denn eine Kausalbeziehung. Das ist auch beim Jahresgang der Fall. Wenn der Frühling beginnt und die Pflanzen grün werden, hat die Luft den höchsten CO_2 -Gehalt. Dieser verringert sich bis zum Herbst mit Ernte und Laubverfärbung, um dann während des Winters in der Heizperiode wieder anzusteigen. Der Jahresgang der Temperatur verläuft umgekehrt, so dass auch hier keine Ähnlichkeit, keine Korrelation, geschweige denn eine Kausalbeziehung existiert. Dies alles wissen die Klima-Experten. Dennoch ist dieser Kausalautomatismus in allen ihren numerischen Modellen verankert. Jede Prognose der „Globaltemperatur“ beruht auf der Behauptung, dass jedes CO_2 -Molekül eine „Strahlungskraft“ hat. Postuliert man einen Anstieg des CO_2 -Gehaltes, so resultiert automatisch daraus eine „Erderwärmung“. Doch diese Schlussfolgerung ist wissenschaftlich unredlich, weil falsch.

Die Natur beweist jahrein jahraus das Gegenteil. Alle Parallelmessungen von CO_2 -Gehalt und Lufttemperatur, auch die des Umweltbundesamtes an den Reinluftstationen im Hunsrück, Schwarzwald und Bayerischen Wald, zeigen es unmissverständlich! Dies ist ein weltweites Phänomen und erklärt, warum bei global gleichem CO_2 -Gehalt überall auf der Welt unterschiedliche Temperaturen herrschen. Gleichzeitig treten Temperaturen von -50 bis $+50^\circ\text{C}$ auf, beweisend, dass allein der Sonnenstand für die Temperaturen und den Wechsel der Jahreszeiten ursächlich zeichnet. Diese Schlussfolgerung geht auch konform mit der Kinetischen Gastheorie, denn nicht die 0,04 % CO_2 bestimmen die Lufttemperatur, sondern die 99,96 % aller Luftmoleküle. Dieses zu verbergen, ist wissenschaftlich unseriös.

Eine seriöse Vorgehensweise vergleicht gemessene Tages- und Jahresgänge, um über Korrelationen Hinweise auf mögliche Kausalbeziehungen zu erhalten. Da dies a priori ohne Aussicht auf Erfolg ist, greift man zu einem Trick. Man korreliert eine statistisch errechnete Globaltemperatur mit einem Einzelwert, dem Jahresmittelwert des CO_2 der Station Mauna Loa auf Hawaii, und erzeugt optisch eine gewisse Ähnlichkeit beider Kurvenverläufe seit 1850, um daraus die folgenschwere Behauptung in die Welt zu setzen, dass jedes zusätzliche CO_2 -Molekül über den „Treibhauseffekt“ die „Erderwärmung“ beschleunige und die Welt der „Klimakatastrophe“ näher bringe.

Die „Klimaschutzpolitik“ baut auf Fundamenten auf, die gar nicht existieren. Daher ist es auch noch nie gelungen und wird es auch nie gelingen, einen „Treibhauseffekt“ zu messen und experimentell zu verifizieren. Der „Treibhauseffekt“ ist ein Produkt, ja Konstrukt eines der Natur entfremdeten menschlichen Logos und dient ausschließlich politischen Zielen. Klimapolitik ist Gesellschaftspolitik, die keinerlei Einfluss auf das Wetter nehmen, wohl aber das politische, soziale wie ökonomische Klima auf der Welt verändern kann. Wer sich ohne Widerstand ins „Treibhaus“ begibt, darf sich nicht wundern, wenn gesellschaftspolitische Zuchtmeister kommen, jedem Menschen einen EinheitsCO₂-Fußabdruck verpassen und uns die Bedingungen unserer Lebensweise vorschreiben. Im „Treibhaus“ hört die Freiheit auf!



Dipl. – Met. Dr. phil. Wolfgang Thüne

Wormser Straße 22
55276 Oppenheim

Tel: 06133-926259
E-Mail: wolfgang@thuene.com

Energie Plus Haus Weber – Sanierung eines historischen Bauernhauses auf Passivhausstandard mit Innendämmung

Herwig Ronacher

Das Thema der Hochrüstung kulturhistorisch wertvoller Bausubstanz zu Passivhäusern – zu Energie Plus Häusern, wurde am Beispiel des 160 Jahre alten Bauernhauses „vulgo Weber“ innerhalb eines Forschungsauftrages aufgezeigt. Das Projekt dient seit Herbst 2011 als Demonstrationsobjekt mit folgenden Schwerpunkten:

- Therm. Sanierung des Mauerwerkes im EG durch eine 35 cm starke Innendämmung.
- Die Errichtung eines Glashauses für PV und Solarthermie.
- Die Innovation von Zirbenholzkanälen für die kontrollierte Wohnraumlüftung.
- Der Faktor 15 des Energieausweises vor und nach der thermischen Sanierung.
- Die fast ausschließliche Verwendung von baubiologisch hochwertigen Materialien.
- Die touristische Nutzung des Projektes für energieeffizientes Bauen.
- Der prototypische Charakter für die Sanierung großvolumiger Altbestände.
- Die Relevanz des Projektes für denkmalgeschützte Bauten (Innendämmung).

Energie Plus Haus Weber – Sanierung eines historischen Bauernhauses auf Passivhausstandard mit Innendämmung

Einleitung

Aufgabenstellung – Motivation des Projektes

Das Thema der Hochrüstung kulturhistorisch wertvoller Bausubstanz zu Passivhäusern – zu Energie Plus Häusern, wurde am Beispiel des 160 Jahre alten –Bauernhauses „vulgo Weber“ innerhalb der Programmlinie „Haus der Zukunft Plus“ sowie „neue Energien 2020“ aufgezeigt und gelöst. Nunmehr wurde das Projekt auch umgesetzt und wird seit Herbst 2011 als Demonstrationsobjekt einer breiten Öffentlichkeit durch die touristische Nutzung nahegebracht. Durch Planung, bauphysikalische Berechnungen sowie durch einen Feldversuch mit 30 cm Innendämmung (ohne Dampfbremse) war zuvor gezeigt worden, dass eine thermische Sanierung von historischem Altbestand auf PH-Standard möglich ist. Ziel des Projektes war es, darzustellen, dass ganzheitliches Denken im Bauen umgesetzt werden kann, dass es möglich ist, in der Kategorie „sowohl als auch“ zu denken, zu planen und umzusetzen. Am Anfang stand die Frage: „Wie kann der kraftvolle Ausdruck archaischer Materialien und Formen erhalten bleiben und innerhalb einer Metamorphose daraus ein Plus Energie Haus entstehen?“ Die Vision bestand darin, ein altes Bauernhaus aus Holz und Stein, vornehmlich mit natürlichen Materialien, zu einer gesunden neuen Ganzheit zu führen, die einerseits dem neuesten Standard der Bautechnik entspricht und gleichzeitig höchste Wohnqualität und Atmosphäre bietet.

Schwerpunkte des Projektes

Bei der Hochrüstung kulturhistorisch wertvoller Bausubstanz zu Passivhäusern – bzw. - zu Energie Plus Häusern, begibt man sich als Planer und Umsetzer ökologischer Prinzipien an die Grenzen des technisch Machbaren, des ökonomisch Vertretbaren und des ästhetisch Ansprechenden. Dieses Spannungsfeld wurde am Beispiel des ehemaligen Bauernhauses „vulgo Weber“ bereits innerhalb eines dem gegenständlichen Forschungsvorhaben vorgegangenen und abgeschlossenen Projektes gelöst. Hauptziel des nun vorliegenden Projektes war es,

anhand eines Demonstrationsobjektes den Nachweis zu erbringen, dass auch die Umsetzung dieses Projektes zu einem Energie Plus Haus unter Einsatz gebäudeintegrierter Solarthermie und PV-Anlagen in der Praxis möglich ist.

Das Projekt wurde Ende September 2011 fertig gebaut und wird seither einer breiten Öffentlichkeit durch die touristische Nutzung und durch Seminare nahegebracht.

Das Ziel, ein 160 Jahre altes Bauernhaus unter Beachtung von ökologischen und baubiologischen Grundsätzen zu einem Passivhaus und in der Folge zu einem Energie Plus Haus hochzurüsten, wurde erreicht.

Die Schwerpunkte dabei waren:

- Thermische Sanierung des Steinmauerwerkes im EG durch eine 35–40 cm starke Innendämmung.
- Die Errichtung eines Glashauses für PV und Solarthermie.
- Die Innovation der Anwendung von Zirbenholzkäulen für die kontrollierte Wohnraumlüftung.
- Der Faktor 15 für die Gegenüberstellung des Energieausweises vor und nach der thermischen Sanierung.
- Die fast ausschließliche Verwendung von baubiologisch hochwertigen Materialien.
- Die touristische Nutzung des Projektes dient als Informationsträger für energieeffizientes Bauen.
- Der prototypische Charakter des Projektes für die thermische Sanierung großvolumiger Altbestände.
- Die Relevanz des Projektes für denkmalgeschützte Bauten (Innendämmung).

Bauliche Maßnahmen – Fotos zu den Umbau- und Sanierungsmaßnahmen



Abb. 1: Altbestand vor Beginn der Baumaßnahmen



Abb. 2: Abbrucharbeiten des alten Dachstuhls



Abb. 3: neuer Dachstuhl samt neuer Dachdeckung



Abb. 4: der Außenputz wurde abgeschlagen



Abb. 5: Primärkonstruktion Balkon, Holzweichfaserplatten montiert



Abb. 6: Südostansicht mit Photovoltaikanlage nach Fertigstellung des Bauwerks

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Thermische Sanierung des Erdgeschosses mit Innendämmung (südlicher Bereich)

Zur Durchführung dieser Arbeiten war es zunächst erforderlich, die gesamten Böden des Erdgeschosses abzubrechen und im Inneren des Gebäudes Erd-aushub in erforderlicher Tiefe vorzunehmen. Diese Maßnahme konnte nur in Synergie mit den Mauertrockenlegungsarbeiten erfolgen.

Insgesamt war der Boden auf eine Stärke von ca. 60cm auszuwechseln. Im Randbereich wurde die Dämmung an der Innenseite der Wand hochgezogen, um einen wärmebrückenfreien Übergang zum Steinmauerwerk zu ermöglichen, das in Teilbereichen des Erdgeschosses ebenfalls an der Innenseite gedämmt wurde. Zusätzlich zu der erforderlichen Abgrabung wurde im südlichen Bereich des Gebäudes das Niveau um weitere 70cm tiefer gelegt, sodass hier im neuen großen Wohnraum der Wohnung des Erdgeschosses eine adäquate Raumhöhe (ca. 3,2m) entstand.

Die Funktionstüchtigkeit der Zelluloseinnendämmung samt Heraklith und Lehmputz war zuvor durch einen Feldversuch an der FH Kärnten erprobt worden. Zwei Gründe waren maßgeblich dafür, dass diese experimentelle und ungewöhnliche Ausführungsvariante tatsächlich umgesetzt wurde: Einerseits, um die ästhetische Wirkung des freiliegenden Steinmauerwerks zu ermöglichen, zum anderen, um ein Demonstrationsobjekt zu verwirklichen, für welches bislang noch kein vergleichbares Projekt existiert.

Um sicherzugehen, dass sämtliche Sperrschichten der bestehenden Tapeten entfernt werden, wurde entschieden, den gesamten Putz auch an der Innenseite jener Bereiche, in denen die Innendämmung aufgebracht werden sollte, abzuschlagen. Danach wurde ein schlankes, tragendes Holzgerippe in der Stärke von ca. 6 x 14cm und einem Achsabstand von ca. 50cm hergestellt, das jedoch von der Außenwand selbst immer noch mindestens 15cm entfernt war. Dieses Holzgerippe wurde mit einer Streuschalung beplankt und übernahm somit nicht nur die Funktion der Unterkonstruktion für die darauf befestigten Heraklithplatten, sondern auch die Tragfunktion der Dippelbaumdecke, die ca. 20cm vor dem Auflager der 60cm starken Steinmauern komplett durchtrennt wurde. Nach der Beplankung des Holzgerippes mit Heraklithplatten sowie von Weichfaserplatten in den Fensterlaibungen wurde die Zellu-

lose in die Zwischenräume eingeblasen. Besonderes Augenmerk wurde auf eine sehr starke Verdichtung dieser Zellulose im Bereich der alten Deckenaufleger gelegt, damit es hier zu keinen verbleibenden Luftkammern kommt. In sechs Bereichen der Außenwand wurden Messsonden installiert. Danach wurde die gesamte Oberfläche mit einem 2cm starkem Lehmputz verputzt.

Wärmebrückenfreiheit für den PH-Standard im Erdgeschoss

Im innen gedämmten Teil des Hauses wurden die Steinmauern im Inneren, in jenen Bereichen, wo sie mit den Außenwänden verbunden sind, durchtrennt und mit Zellulosedämmung versehen, damit die Wärmebrückenfreiheit gegeben war. Es wurden nicht nur die mit den Außenwänden verbundenen Steininnenwände durchtrennt, sondern auch die Holz-Dippelbaum-Decken vor dem Auflager beschnitten und durch eine - von der Außenwand getrennte - Primärholzkonstruktion unterfangen. Umgekehrt wurde im nördlichen Bereich die angrenzende, alte Betonrippendecke im Auflagerbereich zur Steinmauer getrennt. Sie wird durch eine neue Ziegelvormauerung gehalten.

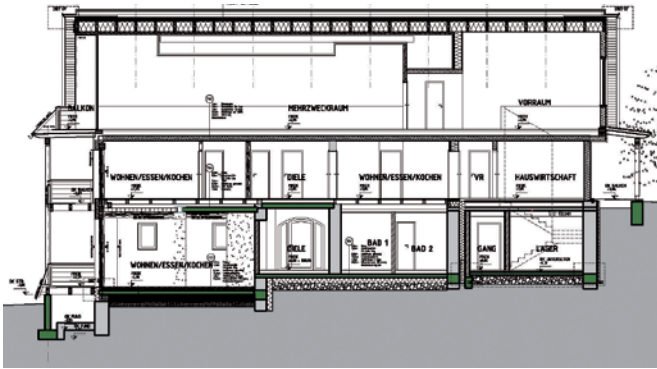


Abb. 7: Längsschnitt: Das nördliche Viertel des Gebäudes liegt außerhalb der Passivhaushülle (Pufferzone).

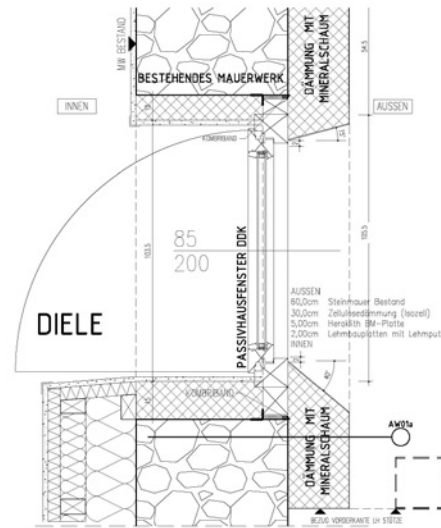


Abb. 8: Horizontalschnitt: Übergang Innendämmung



Abb. 9: Einbau der Messsonden



Abb. 10: Einbau der Messsonden

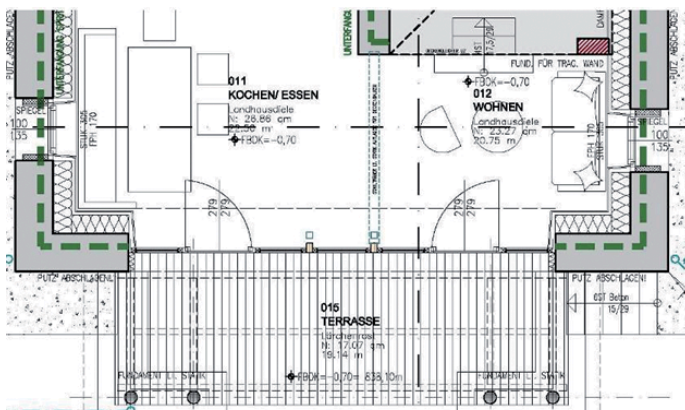


Abb. 11: Grundrissdarstellung der Innendämmung

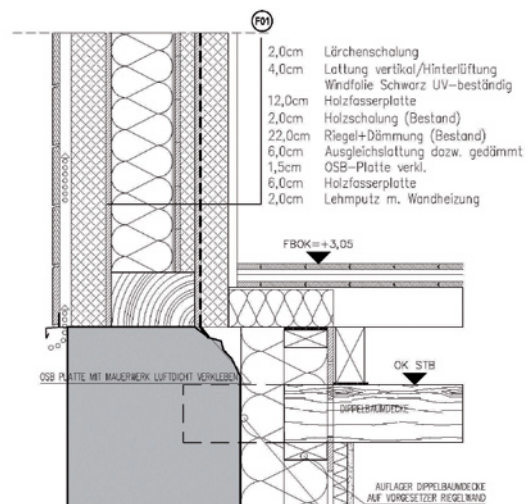


Abb. 12: Auflagerdetail

Außendämmung im nördlichen Bereich

Im nördlichen Bereich des Erdgeschosses wurde eine genauso ungewöhnliche Sanierungsmethode ausgeführt und zwar eine Außendämmung mittels Mineralschaumplatten. Auch dieser Entscheidung sind Varianten-Untersuchungen vorangegangen (z.B. Thermosilitputz in Stärken bis zu 20cm außen und 10cm innen). Letztlich entschied sich das Forschungsteam für eine Außendämmung mittels Mineralschaumplatten, welche von einer Firma als Unterstützung des Forschungsauftrages zur Verfügung gestellt wurden. Für die wärmebrückenfreie Befestigung dieser Platten wurden die Dübel vertieft und mittels Dämmörtel aufgefüllt (siehe Abbildungen unten).

Bauphysikalische Berechnung / Isothermen-Darstellung

Durch den Projektpartner wurden die wesentlichen Detailpunkte im Sanierungsbereich des Erdgeschosses thermografisch untersucht. Für den Bereich der

Außendämmung mittels Mineralschaumplatten wurden dabei verschiedene Varianten von schrägen Fensterlaibungen erwogen (Varianten 15°, 25° sowie Abrundung). Aus diesen Berechnungen und Darstellungen ging hervor, dass es sinnvoll ist, Fensterlaibungen abzuschrägen, da mit diesem weniger an Dämmung im äußersten Bereich, keinerlei Verlust des Dämmeffekts gegeben, doch der Lichteinfall für die Fenster um einiges größer ist. Die Berechnungen zeigen deutlich, dass die Tradition der ländlichen Architektur, bei der schräge Fensterlaibungen für die Vergrößerung des Lichteinfalles ein sehr beliebtes Prinzip waren, auch für die zeitgemäße Architektur sinnvoll sind.

Planung und Ausführung des Glasgewächshauses mit Photovoltaik und Solarthermie

Durch die ausgeprägte Hanglage des Areals war es möglich, ein spezielles Glashaus für die Permakultur zu entwickeln, das die einfallende Sonnenenergie optimal passiv nutzt. Die üblichen Probleme von Glashäusern mit sehr großen Temperatur-Am-



Abb. 13: trockengelegte Außenwand vor Herstellung der Außendämmung



Abb. 14: Mineralschaumplatten samt Vormauerung nach Durchtrennung der nördlichen Stahlbetondecke



Abb. 15: Die 26cm starke Außendämmung wird 70cm unter Terrain geführt. Unter Niveau werden die Mineralschaumplatten durch XPS-Platten ersetzt.



Abb. 16: Außendämmung im nördlichen Bereich des Einganges mit abgeschrägten Fensterlaiben

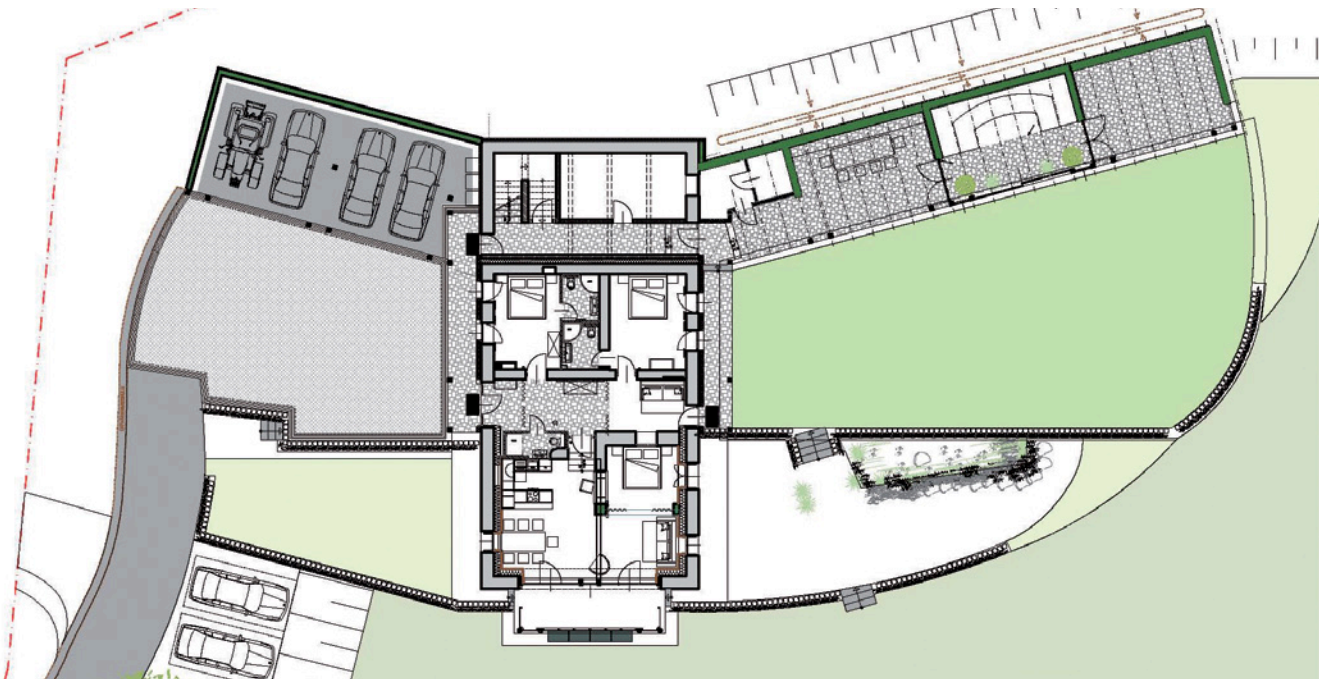


Abb.17: Gesamtgrundriss Erdgeschoss mit Glashaus

plituden können hier ausgeglichen werden, da die Glasflächen lediglich auf die Südseite ausgerichtet werden, die übrigen Bauteile hingegen als Speichermassen dienen.

Die Errichtung dieses speziellen Glashaustyps deckt die Energieversorgung des Energie Plus Hauses Weber ab. Es wurde als Idealtyp für eine Glashausarchitektur am Hang entwickelt, das ein optimiertes Verhältnis von der Glasfläche zur übrigen Oberfläche aufweist und den Sonneneinfallswinkel aller Jahreszeiten berücksichtigt.

Die Dachneigung von 35° mit der vollflächigen und flächenbündigen Lösung für die PV-Module und die Solarkollektoren soll neben den ästhetischen Ansprüchen vor allem dafür Sorge tragen, dass im Winter Schneefreiheit durch das sofortige Abrutschen des Schnees gewährleistet ist.

Es wurde eine Südfront geplant, die einerseits einen möglichst großen Sonneneinfall im Winter zulässt, sich andererseits im Sommer großzügig durch Schiebeelemente öffnen lässt. Die Kombination der Schrägverglasung mit der Integration von thermischen Solarkollektoren und Photovoltaikerelementen wurde in einem intensiven Entwurfs- und Planungsprozess unter Entwicklung mehrerer Varianten optimiert. Ein hoher Stellenwert wurde im Zuge der Detailplanung einer guten Hinterlüftung der PV-Module von ca. 20cm gegeben. Die im Vorfeld studierten In-Dach-Lösungen wurden zugunsten

des höheren Ertrages gut hinterlüfteter Auf-Dach-Lösungen verworfen. Die darunter liegende Blechdeckung bietet eine optimale Befestigungsmöglichkeit auf den Stehfälzen.

In der Detailkonzeptionierung des Glashauses wurde – wie bei einem Wohnhaus – auf Vermeidung von Wärmebrücken geachtet. So wurden im Wandbereich der erdberührenden Stahlbetonnordseite Isokörbe für eine thermische Trennung eingebaut. Als Ergebnis wird erwartet, dass dieses Glashaus ohne jegliche zusätzliche Heizung allein durch die gezielte Südausrichtung und Dreifachverglasung bei den vertikalen Elementen seine Funktion erfüllt und über den gesamten Winter genutzt werden kann.



Abb. 18: Ostansicht mit Bauernhaus und Glashaus



Abb. 19: Ansicht vom Südwesten mit Carport im Hintergrund



Abb. 20: Neue Eingangssituation mit Carport



Abb. 21: Wohnung 1 – Wohnraum



Abb.22: Die „Labn“ in Wohnung 1



Abb. 23: Der Seminarraum verfügt über LED Beleuchtungstechnik mit unterschiedlichen Farbqualitäten (Warmes Licht/ kühles Tageslicht).



Dipl. Ing. Dr. Herwig Ronacher

Architekten Ronacher ZT GmbH
Kühnburg 86
A-9620 Hermagor

Tel: +43-(0)4282-3585-0 / Fax -35
+43-(0)676-842383100

E-Mail: office@architekten-ronacher.at

Innendämmung von Altbaukonstruktionen – Bauphysikalische Bewertung mittels hygrothermischer Simulation anhand von Praxisbeispielen

Rudolf Plagge

Energieeffizientes Sanieren muss nicht im Widerspruch zum respektvollen Umgang mit dem baukulturellen Erbe stehen. Der Einsatz neuer Materialtechnologien an Bestandsgebäuden sollte durch eine erweiterte Bewertung der Sanierungsmaßnahmen begleitet werden, z. B. durch bauphysikalische Laboruntersuchungen und den Einsatz moderner Simulationswerkzeuge, wobei die Aspekte der hygrothermischen Gebäudesanierung zu beachten sind. Die Innendämmung am Gebäudebestand stellt in mehrfacher Hinsicht eine Herausforderung dar. Sind die neuen Materialien mit der bestehenden Gebäudekonstruktion verträglich und inwieweit ist es sinnvoll, überhaupt eine Dämmung zu fordern? Wie hoch sind die energetischen Potenziale? Aber auch die Schadensrisiken müssen quantifiziert werden. Wie kann man die Nutzungsanforderungen mit dem Schutz der Gebäudehülle in Einklang bringen? Die energetische Sanierung und Umnutzung bietet eine Chance, den Gebäudebestand und insbesondere die kulturhistorisch wertvollen Gebäude zu erhalten. Dazu ist die Planung einer auf die Konstruktionen abgestimmten Innendämmung erforderlich. Die exemplarisch aufgeführten Beispiele zeigen, dass für die Planungen die Themen:

- Auswahl und Dimensionierung einer Innendämmung
- Feuchtebelastung der Konstruktion und Schlagregenschutz sowie
- Ausführung konstruktiver Details und Wärmebrücken

von zentraler Bedeutung sind.

Innendämmung von Altbaukonstruktionen – Bauphysikalische Bewertung mittels hygrothermischer Simulation anhand von Praxisbeispielen

Die Umsetzung dieser Planungen erfordert unbedingt den Einsatz spezieller Technologien, wie Messungen und Laboruntersuchungen zur Bauwerksdiagnose und Baustoffbewertung und die Methode der numerischen Simulation gekoppelter Feuchte- und Wärmetransportprozesse. Damit lassen sich aufsteigende Feuchte, Einfluss der Gravitation, Schlagregen, Einbaufeuchte unter natürlichen Klimabedingungen berücksichtigen und komplexe geometrische Details, wie Fensteranschlüsse oder Deckeneinbindungen bewerten und optimieren, Kondensationsbereiche und Wärmebrücken aufdecken und somit Bauschäden nachhaltig vermeiden.

Im vorliegenden Beitrag wird das Funktionsprinzip der kapillaraktiven Innendämmung erläutert und die zu einer Beurteilung erforderlichen Materialeigenschaften und Klimarandbedingungen werden definiert. Ferner wird der Einsatz von Innendämmsystemen am Beispiel denkmalgeschützter Konstruktionen vorgestellt. Zur Dimensionierung einer Dämmung und Risikoabschätzung wurde die Methode der numerischen Simulation der gekoppelten Feuchte- und Wärmetransportprozesse. Die Studie zeigt, dass die kapillaraktive Innendämmung einen großen Beitrag zur energetischen Sanierung der bestehenden Gebäudesubstanz leisten kann. In diesem Zusammenhang wird es erforderlich, die hygrothermischen Materialfunktionen der Baustoffe zu kennen. Zur Dimensionierung und Risikoabschätzung liefert die Methode der hygrothermischen Simulation unter natürlichen Klimarandbedingungen einen wertvollen Beitrag

Einleitung

Die Möglichkeit, den thermischen Standard bestehender Gebäude mittels Innendämmung zu verbessern und gleichzeitig die Behaglichkeit für die Nutzer deutlich zu erhöhen, eröffnet eine Fülle von Perspektiven. Zum einen kann durch die thermische Sanierung ein wesentlicher Beitrag zur Erreichung des Kyoto-Zieles geleistet werden – wodurch der volkswirtschaftliche Nutzen erheblich ist. Zum anderen führt die Dämmung zu einer Anhebung der Be-

haglichkeit und trägt damit zu einer Wertsteigerung der alten Gebäude sowie zur Attraktivitätssteigerung des Wohnumfeldes bei. Aus unterschiedlichen Gründen ist die Innendämmung häufig die einzig sinnvolle Maßnahme zur Verbesserung des Wärmedämmstandards. Neben ästhetischen Aspekten, wie dem Erhalt wertvoller Stuck-, Schmuck oder Klinkerfassaden, können auch bautechnische Vorgaben, wie die Einbehaltung eines Mindestgrenzabstandes oder bei Reihenhäusern die Beibehaltung einer ungestörten Fluchtlinie der Außenfassade, eine Außendämmung undurchführbar machen. Eine Innendämmung kann aber auch bauphysikalisch vorteilhaft sein, z.B. bei temporär genutzten Räumen (Versammlungsräume, Kirchen, Schulen, Festsäle, etc.) Hier ermöglicht die Innendämmung ein schnelles und effizientes Aufheizen von Räumen.

Wärmedämmsysteme für die Innendämmung

Im Zuge der Bestrebungen zur energetischen Sanierung unserer Bestandsgebäude wird seit über 20 Jahren der Einsatz von Innendämmungen verstärkt bautechnisch untersucht. Besonderes Augenmerk kommt in diesem Zusammenhang der zu erwartenden Feuchtigkeitsanreicherung im Wandquerschnitt zu. Je nach Ausführung einer Innendämmung bestehen zwei prinzipielle Möglichkeiten, dem Feuchteproblem zu begegnen.

Diffusionsbremsende Innendämmsysteme

Bei diesen Innendämmsystemen wird der Dampfdiffusionsstrom in die Wand hinein behindert. In der Regel werden dabei dampfsperrende bzw. dampfbremssende Folien, dichtende Innenputze oder annähernd diffusionsdichte Dämmschäume verwendet. Der positiven Eigenschaft der Vermeidung einer Kondensation im Bauteilinneren steht jedoch die Behinderung von Austrocknungsvorgängen z.B. von Schlagregen entgegen. Auch erfordert die praktische Umsetzung an Bauteilanschlüssen, -durchdringungen sowie -verformungen (z.B. Balkenköpfe von Holzbalkendecken) eine besondere Qualität der Ausführung, die in der Praxis nur schwer umgesetzt werden kann.

Diffusionsoffene, kapillaraktive Innendämmsysteme

Diese Systeme erlauben eine Dampfdiffusion in die Wand, puffern die anfallende Feuchtigkeit und transportieren die Feuchte in flüssiger Form aus der Anreicherungszone zurück in den Innenraum. Die Feuchtebelastung der Wand wird dabei nachhaltig reduziert. Die hygroskopische Speicherfähigkeit einer diffusionsoffenen, kapillaraktiven Innendämmung puffert Feuchtespitzen der Innenraumluft und trägt zur Regulierung des Innenklimas bei. Die Kapillaraktivität sorgt dabei für eine schnelle und großflächige Verteilung der Feuchte in der Dämmung während der Winterperiode. Dadurch wird die Trocknung beschleunigt und die Dämmwirkung verbessert. Entscheidend für die Funktionsfähigkeit und die Performance der Innendämmung ist dabei das Wechselspiel zwischen Feuchtepufferung, Dampf- und Flüssigwassertransport. Da die Feuchtigkeit sowohl im hygroskopischen, als auch im überhygroskopischen Bereich gepuffert und transportiert wird, erfordert die Beurteilung einer Innendämmung die genaue Kenntnis dieser Größen und macht aufwändigere Messungen als gewöhnlich erforderlich. In der nachfolgenden Abbildung 1 ist das Wirkprinzip der kapillaraktiven Innendämmung dargestellt.

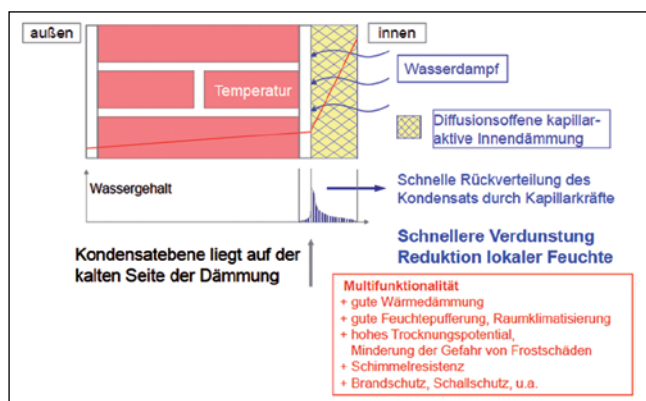


Abb. 1: Wirkprinzip der kapillaraktiven Innendämmung: Aufgrund der bestehenden Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenwand diffundiert Wasserdampf in die Konstruktion. An der Stelle, wo der Taupunkt erreicht wird, kommt es zu einer Anreicherung der Feuchte im Porenraum des Dämmstoffes. Aufgrund der nach innen gerichteten Kapillarkräfte und der Fähigkeit, Wasser in seinen Poren zu leiten, transportiert der Dämmstoff das Wasser zurück an die Innenoberfläche, von wo aus das Wasser in den Raum abgegeben wird.

Hygrothermische Beurteilungsmöglichkeiten von Wandkonstruktionen

Um den dauerhaften Erfolg einer energetischen Gebäudesanierung zu gewährleisten, muss der Feuchteschutz bei der Sanierungsplanung berücksichtigt werden. Dabei sind unter anderem die Tauwasserbildung, Schlagregenbelastung, aufsteigende Feuchte und eingebrachte Baufeuchte einer Konstruktion besonders zu beachten. Die in diesem Zusammenhang gefundenen und häufig dokumentierten Schadensfälle sind Bildung von Schimmelpilzen infolge Wärmebrücken, Fäulnis von Deckenbalkenköpfen oder Fachwerkhölzern, Salzausblühungen an Oberflächen, Abplatzungen im Fassadenbereich infolge Frosteinwirkung sowie Korrosion von Bewehrungen und Befestigungselementen.

Die Planung einer Innendämmung setzt neben der hygrothermischen Beurteilung des zum Einsatz kommenden Inndämmsystems die des jeweiligen Konstruktionsdetails unter Klimabedingungen und Nutzung voraus. Der Einsatz einer Innendämmung führt zwangsweise zu Wärmebrücken, die bewertet und gegebenenfalls gesondert behandelt werden müssen (z. B. Dämmkeile an einbindenden Wänden). Eine Reduzierung der wirksamen Speichermassen der Umfassungsbauteile kann sich auf den sommerlichen Wärmeschutz der Konstruktion auswirken. Darüber hinaus müssen zahlreiche Planungsdetails erarbeitet werden, so sind z. B. wasserführende Rohrleitungen bei der Planung zu berücksichtigen, da der Temperaturabfall in der Altkonstruktion zu einer Frostgefährdung führen kann. Auch gilt es, den bestehenden Schlagregenschutz zu bewerten und gegebenenfalls zu verbessern.

Zur Bewertung der Konstruktionsdetails kommt das numerische Simulationsprogramm DELPHIN für den gekoppelten Wärme-, Feuchte-, Luft- und Salztransport zum Einsatz. Mit dem Programm können unter Einbeziehung natürlicher Klima- und Nutzungsrandbedingungen bauphysikalische Problemfälle analysiert werden, wie z. B. aufsteigende Feuchte, Einfluss von Strahlung, Schlagregen oder Einbaufeuchte. Komplexe geometrische 2D-Details, wie Fensteranschlüsse oder Deckeneinbindungen lassen sich ebenfalls bewerten. Im Gegensatz zu Rechenvorschriften nach DIN 4108-3 und DIN EN ISO 13788 (Glaser-Verfahren, Monatsbilanzverfahren) werden mit der Simulation zahlreiche wichtige physikalische Effekte berücksichtigt, z. B. Feuchtespeicherung, Transport von Kapillarwasser, Enthalpie der Phasenumwandlung, um nur einige Punkte zu nennen. Der

Einsatz des Softwarewerkzeugs setzt die Kenntnis der jeweils erforderlichen Baustoffkennwerte voraus. Diese liegen bereits für zahlreiche Baustoffe gemessen vor. Für historische Altbaumaterialien kann auf die Materialdatenbank, MASEA, zurückgegriffen werden.

Objektbeispiele

Nachfolgend werden anhand von Objektbeispielen Lösungsmöglichkeiten zur Vermeidung von Bauschäden vorgestellt.

Objektbeispiel: Gründerzeithaus in der Dresdener Neustadt

Einige Vergleiche von Mess- und Rechenergebnissen werden nachfolgend am Beispiel eines Gründerzeithauses in der Dresdner Neustadt gezeigt (Abbildung 2).

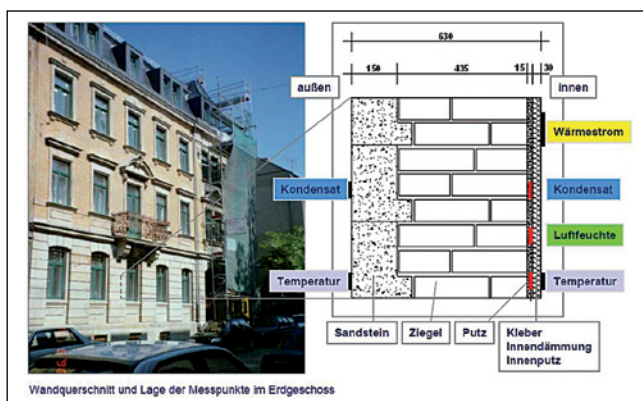


Abb. 2: Messanordnung im Wandquerschnitt eines Gründerzeithauses in Dresden.

Die typische Fassade des Wohnhauses mit Klinker-mauerwerk und Sandsteinverblendung steht unter Denkmalschutz. Eine Erhöhung des Wärmeschutzes kann somit nur durch eine Innendämmung erfolgen, wobei hier ein kapillaraktiver Dämmstoff, die Calciumsilikat- Klimaplatte zum Einsatz kommt. Der Einsatz von Messtechnik ermöglicht dabei die Erfassung wichtiger hygrothermischer Leistungsparameter, wie die Verminderung der Transmissionswärmeverluste und die Kontrolle des Feuchteverhaltens und erlaubt eine Bewertung von energetischen Sanierungskonzepten. Die Messergebnisse dienen der Validierung bestehender physikalischer Modelle im Simulationsprogramm und belegen die Möglichkeit einer zeitlichen Vorhersage des hygrothermischen Verhaltens.

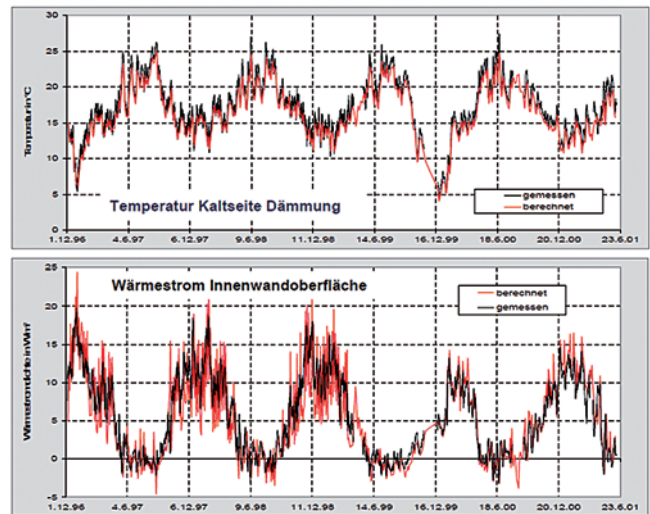


Abb. 3: Vergleich gemessener und berechneter (Simulationsprogramm Delphin) zeitlicher Verläufe der Temperatur in der Tauwasserebene (oben), der Wärmestromdichte über die Innenwandoberfläche (unten).

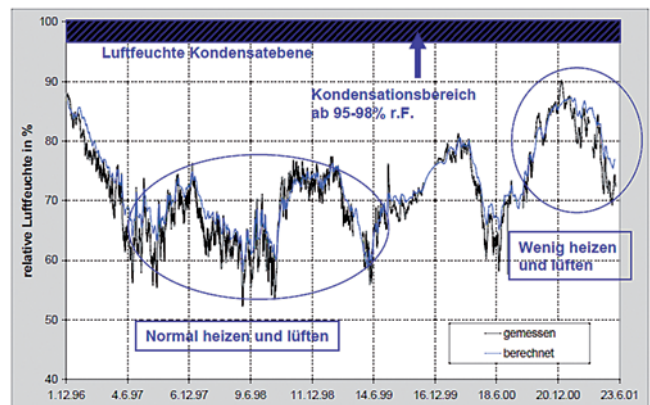


Abb. 4: Vergleich gemessener und berechneter (Simulationsprogramm Delphin) zeitlicher Verläufe der relativen Luftfeuchte in der Tauwasserebene.

Die Abbildung 2 zeigt die Position und Anordnung der Sensoren: Luftfeuchte-, Kondensat- und Temperaturfühler in der kritischen Zone, die also in der potenziellen Tauwasserebene auf der Kaltseite der Wärmedämmung installiert wurden. Der Wärmestromsensor befindet sich auf der Innenwandoberfläche. Zusätzliche Kondensat- und Temperaturfühler erfassen das wandnahe Mikroklima auf der Außenseite der innen gedämmten Wand. Die hygrothermischen Verhältnisse im Wandquerschnitt werden unter Verwendung der vor Ort gemessenen Klimarandbedingungen mit dem Programm DELPHIN numerisch nachsimuliert. Der Vergleich zwischen den Messdaten und den berechneten Temperaturen in der Tauwasserebene liefert eine hinreichend gute Übereinstimmung, wie auch die Wärmeströme über die Innenwandoberfläche. Im Vergleich der gemes-

senen und berechneten Luftfeuchten fällt auf, dass die Kurven während der gesamten Zeit unter 90 % liegen. Es ist davon auszugehen, dass an dem betrachteten Wandquerschnitt keine Tauwasserproblematik auftritt, was auf eine angemessene Dämmstoffdicke zurückzuführen ist. Mit zunehmender Dämmstoffdicke sinkt die Temperatur auf der Kaltseite der Dämmung und das Risiko der Tauwasserbildung steigt.

Objektbeispiel: Hampel- und Schinkelspeicher



Nach dem Entwurf Karl Hampels wurde unter Mitwirkung Karl Friedrich Schinkels von 1834–35 das 4-geschossige Kornmagazingebäude als Holzfachwerkbau nachträglich mit rotem Backstein verblendet errichtet. 10 Jahre später erfolgte die Aufstockung des Gebäudes an den Eckbereichen. Jeweils die

letzten drei Fensterachsen wurden turmartig mit einem weiteren Geschoss aufgestockt. Die qualitativ bemerkenswerte Gestaltung dieses frühen Industriebaus lässt dieses Gebäude als ein bauhistorisch äußerst wertvolles erscheinen.

Der als Holzfachwerk konzipierte Speicher erforderte seinerzeit eine Reduzierung des Schlagregeneintrages und wurde nachträglich mit rotem Backstein verblendet. Infolge zu hoher Schlagregeneinträge versah Schinkel die Fassade mit einem wasserabweisenden transparenten Anstrich, wobei die Aufstockung an den Eckbereichen mit einer Schlämmverfugung ausgeführt wurde. Bei der Planung der Innendämmung wird der spezifischen Situation des Speichers Rechnung getragen. So kommt ein speziell auf den Holzfachwerkbau abgestimmtes, diffusionsoffenes Wärmedämmlehm-Kork-Kieselgursystem zum Einsatz. Innenseitig ist 12mm mächtig ein Feuchteregulierungsputz aufgetragen. Die energetische Bewertung der Konstruktion gewährleistet den EnEV-Standard 2007 minus 28 %.

Eine anschauliche Darstellung der hygrischen Situation vermittelt Abbildung 5 für die Bestands- und gedämmte Situation. Gedämmte Wandaufbauten sind nahe der Innenwandoberfläche relativ trocken, werden aber nach außen hin zunehmend feuchter. Infolge der Dämmung gelangt weniger Wärme in

die Konstruktion, wodurch eine Verdunstung eingeschränkt wird. Bei einer Schlagregenbelastung kann die eingedrungene Feuchte während der kalten Jahreszeit nicht mehr abtrocknen und die Frostgefährdung für den historischen Ziegel steigt. Daher wird in Anlehnung an Schinkel der Regeneintrag über eine Oberflächenbehandlung reduziert. Da ein klassischer Schlagregenschutz mit historischen Anstrichen kaum planbar ist, wird eine adaptive hydrophobe Imprägnierung mit einer Silan-Siloxancreme für die Wandbereiche und eine Ziegelschlämmverfugung für die Turmbereiche adaptiert. Defekte Fugen werden im Vorfeld entfernt und mit einem geeigneten, farblich abgestimmten Fugenmaterial neu verfugt. Die Adaption der hydrophoben Imprägnierung erfolgt nach Heinze et. al. (2010) durch eine Anpassung der Konzentration der hydrophobierenden Imprägnierung auf den jeweiligen Ziegel und dem Optimierungsziel „diffusionsoffen mit optimalem Austrocknungsvermögen bei hinreichendem Schlagregenschutz“.

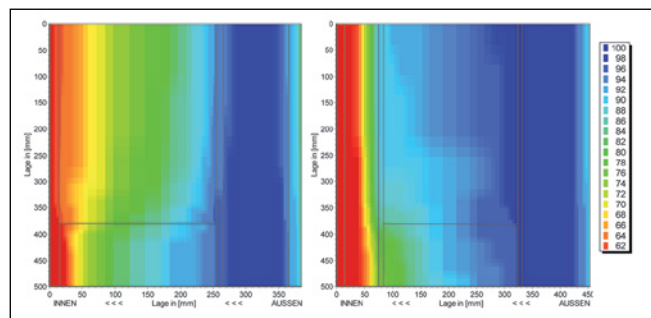


Abb. 5: Feld der relativen Luftfeuchte zum Zeitpunkt der maximalen Feuchtebelastung: links ungedämmt, rechts mit 80mm Wärmedämmlehm – Korkdämmung bei Schlagregenbelastung (Simulationsrechnung).

Objektbeispiel: Schloss Güterfelde

Nach den Entwürfen des Baumeisters David Gilly wurde das Schlossgebäude 1804/1805 errichtet. Im Zuge mehrerer Eigentumswechsel erfolgte um 1870 ein erster, ca. 5 Jahre später ein zweiter Umbau. Dabei wurde das äußere Erscheinungsbild des Schlosses grundlegend verändert (Abbildung 6).



Abb. 6: Schloss Güterfelde, Südansicht

Einige Fassadenelemente wurden übernommen, andere kamen hinzu, so dass ein Stilmix entstand. Von 1894 bis ca. 1930 und wieder seit 1952 diente das Gebäude verschiedenen sozialen Zwecken, zuletzt als Seniorenheim.

In den Bereichen der 200 bis 450qm großen Wohnräume sollen die Trennwände über Trockenbauwänden realisiert werden. Die Ausführung soll in Anlehnung an DIN 4108 ausgeführt werden.

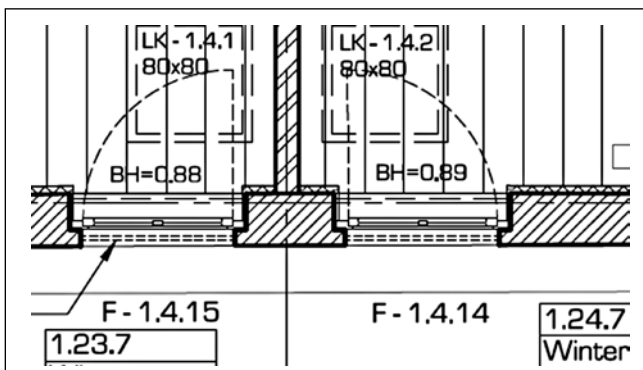


Abb. 7: Ausschnitt Wandanschluss einer neuen Innenwand (d=15 cm, Trockenbau) an Bestands-Außenwand (d=30 cm); Ausschnitt aus dem Grundriss DG, Achse H-9 vom 29.08.2011 vom Architekturbüro raumwandler.de

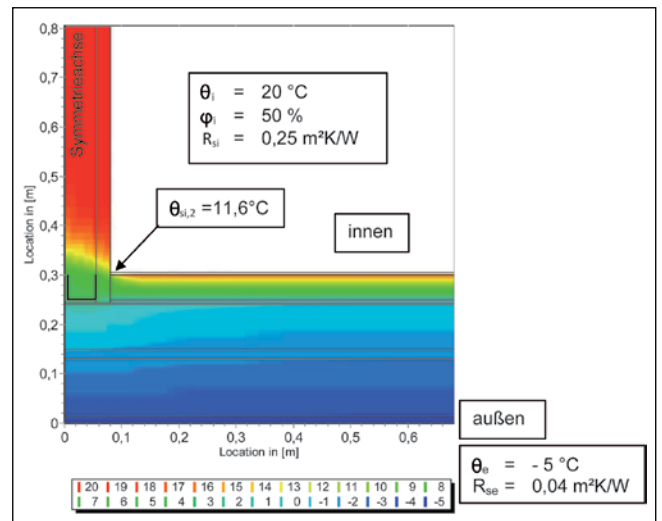


Abb. 8: Temperaturfeld, Oberflächentemperatur in [°C], Anschluss Trockenbauwand (d=15 cm) an Bestands-AW (d=30 cm), mit 5 cm Innendämmung gedämmt im DG, V1: GK-Wand läuft bis auf Bestandswand, Randbedingungen nach DIN 4108.

Bei diesem Detail wurde für eine 30 cm starke Bestands-Außenwand an der Südseite im DG untersucht, wie der Anschluss der neu zu errichtenden Wohnungstrennwand ausgeführt werden muss, damit im Anschlussbereich hygrothermisch keine Probleme auftreten. Gemäß Planung soll die Trockenbauwand bis an die ungedämmte Bestandsaußenwand herangeführt werden und erst dann in jedem Raum die Innendämmung an der Außenwand bis zur Wohnungstrennwand angebracht werden. Da es sich bei dem vorliegenden Detail um ein symmetrisches Problem handelt (2 nebeneinanderliegende C-Profile mit Zwischenlage), wird, um die Rechenzeit zu verkürzen, der Wandaufbau in der Symmetrieachse, also in der Trennfuge zwischen den Profilen der GK-Wand, geschnitten. Für dieses Detail aus Abbildung 7 wird nachfolgend der Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108 Teil 2 Abschnitt 6.2 zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung geführt.

Der Nachweis nach DIN 4108-2, Abs.6.2 ist mit der bis an die Bestandswand laufenden GK-Wohnungstrennwand nicht erfüllt. $\theta_{si, \text{vorhanden}} = 11,6^\circ\text{C} < \theta_{si, \text{zulässig}} = 12,6^\circ\text{C}$

In der Konsequenz darf der Wandaufbau so nicht umgesetzt werden, obwohl es sich dabei um ein Regeldetail handelt, das als „funktionsfähig“ ausgewiesen ist.

Berechnung unter instationären Bedingungen, Außenklima Potsdam (Testreferenzjahr TRY04)

Werden die Nachweisrechnungen nicht mit einem Wärmebrückenprogramm, sondern mit Hilfe der hygrothermischen Simulation durchgeführt, so zeigen die Ergebnisse, dass sowohl die Temperaturen, als auch die Feuchtegehalte im Konstruktionsdetail von der Normrechnung verschieden sind.

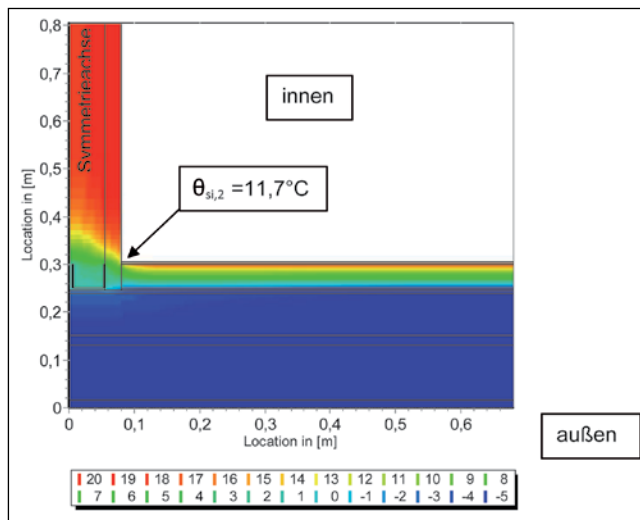


Abb. 9: Temperaturfeld, Oberflächentemperatur in [°C], Anschluss Trockenbauwand (d=15 cm) an Bestands-AW (d=30 cm), mit 5 cm Innendämmung, V1: GK-Wand läuft bis auf Bestandswand, Randbedingungen mit Außenklima Potsdam am 10. Januar.

Mit der untersuchten Konstruktion ist der Mindestwärmeschutz in der Raumecke nicht eingehalten, ungeachtet dessen ist im Bereich der an der Bestandswand anliegenden Mineralwolle sowie der GK-Verkleidung der Feuchtegehalt über einen längeren Zeitraum zu hoch, so dass eine Durchfeuchtung der Mineralwolle und der GK-Platten sowie Korrosion an Schnittstellen der C-Profile und außerdem Schimmelbildung im Wanddeckbereich nicht ausgeschlossen werden können.

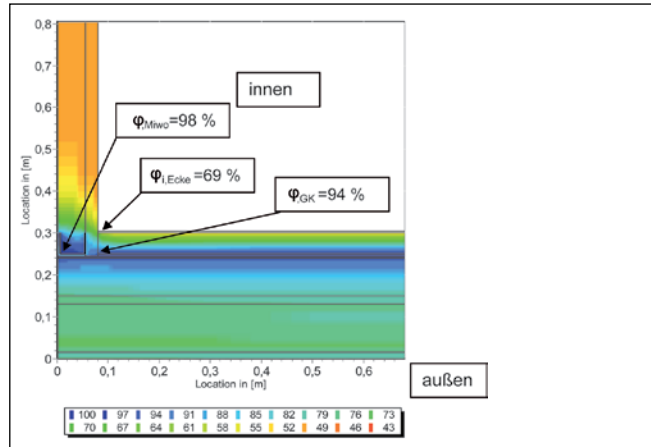


Abb. 10: Luftfeuchtfeld in [%], Anschluss Trockenbauwand (d=15 cm) an Bestands-AW (d=30 cm), mit 5 cm Innendämmung, V1: GK-Wand läuft bis auf Bestandswand, Randbedingungen mit Außenklima Potsdam am 20. Februar.

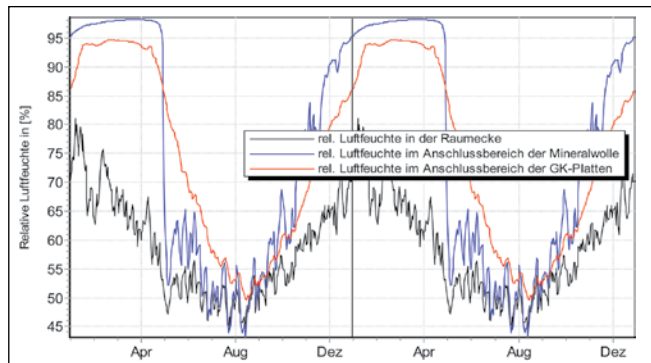


Abb. 11: Verlauf der rel. Luftfeuchten in % in den dargestellten Bereichen des Luftfeuchtfeldes, Anschluss Trockenbauwand (d=15 cm) an Bestands-AW (d=30 cm), mit 5 cm Innendämmung, V1: GK-Wand läuft bis auf Bestandswand, Randbedingungen mit Außenklima Potsdam, dargestellt das 2. und 3. Berechnungsjahr mit Beginn am 01. Januar.

Berechnung unter instationären Bedingungen, Außenklima Potsdam (Testreferenzjahr TRY04)

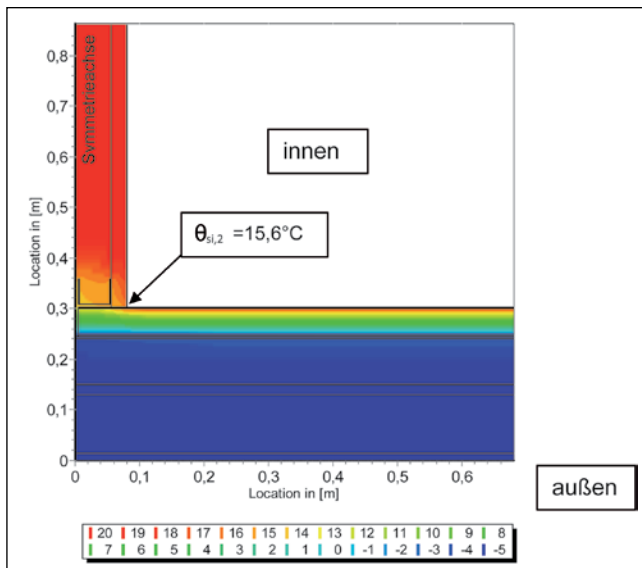


Abb. 12: Temperaturfeld, Oberflächentemperatur in [°C], Anschluss Trockenbauwand (d=15 cm) an Bestands-AW (d=30 cm), V2: Dämmung auf Bestandswand durchlaufend, Randbedingungen mit Außenklima Potsdam am 10. Januar.

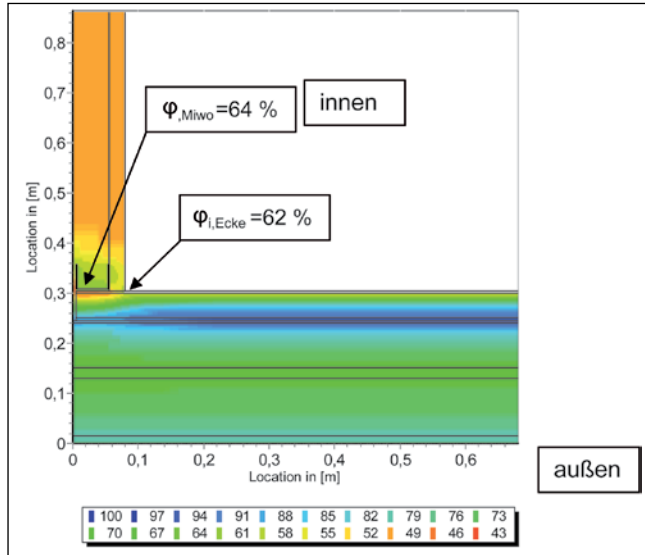


Abb. 13: Luftfeuchtefeld in [%], Anschluss Trockenbauwand (d=15 cm) an Bestands-AW (d=30 cm), V2: Dämmung auf Bestandswand durchlaufend, Randbedingungen mit Außenklima Potsdam am 10. Januar.

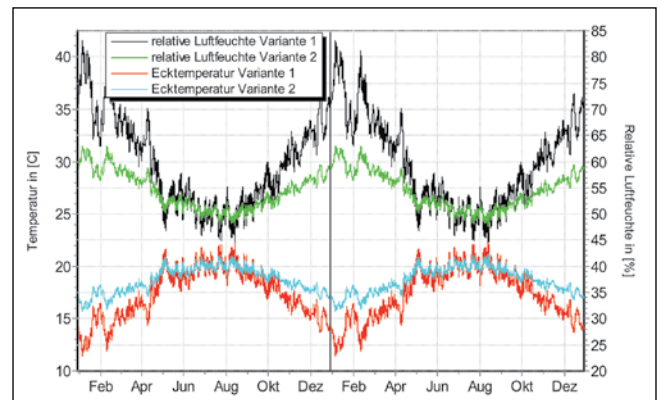


Abb. 14: Verlauf der Oberflächentemperaturen in [°C] und rel. Luftfeuchten in [%] im Eckbereich, Vergleich der Varianten, Anschluss Trockenbauwand (d=15 cm) an Bestands-AW (d=30 cm) im DG, Randbedingungen mit Außenklima Potsdam, dargestellt das 2. und 3. Berechnungsjahr mit Beginn am 01. Januar

- V1: AW mit 5 cm Innendämmung, GK-Wand läuft bis auf Bestandswand
- V2: AW mit 5 cm CaSi, auf Bestandswand durchlaufend, GK-Wand stößt daran.

Bei der 30cm starken mit 5cm Innendämmung gedämmten Bestands-Außenwand im DG ist bei der geplanten Variante (Var. 1) der Einbindung der Trockenbauwand der Mindestwärmeschutz gem. DIN 4108 T.2 nicht eingehalten. Ferner ist durch die ungünstige Lage des Wandanschlusses (liegt in potenzieller Taupunktebene!) im Bereich der an der Bestandswand anliegenden Mineralwolle sowie der GK-Verkleidung der Feuchtegehalt über einen längeren Zeitraum zu hoch, so dass eine Durchfeuchtung der Mineralwolle und der GK-Platten sowie Korrosion an Schnittstellen der C-Profile und außerdem Schimmelbildung im Wanddeckbereich zu erwarten ist. Diese Ausführung kann nicht empfohlen werden.

Zur hygrothermischen Verbesserung dieses Anschlusses wird vorgeschlagen, auf der Bestandsaußenwand eine durchgehende Dämmschicht aufzubringen. An diesen Aufbau wird dann die Trockenbau-Trennwand angeschlossen. Mit diesem Konstruktionsaufbau (Variante 2) wird der Mindestwärmeschutz des Anschlussbereiches eingehalten, die Ecktemperatur beträgt 15,334°C. Die Berechnung unter Realklimabedingungen zeigt, dass der so gewählte Anschluss hygrothermisch unkritisch ist und so ausgeführt werden kann.

Literatur

- [1] DIN 4108-2, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [2] DIN 4108-3, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
- [3] DIN V 4108-4, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte
- [4] DIN V 4108-7, Wärmeschutz im Hochbau. Teil 7: Luftdichtheit von Bauteilen und Anschlüssen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele
- [5] DIN EN ISO 12570, Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten. Bestimmung des Feuchtegehaltes durch Trocknen bei erhöhter Temperatur (ISO 12570:2000); Deutsche Fassung EN ISO 12570:2000
- [6] DIN EN ISO 12571, Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten. Bestimmung der hygroskopischen Sorptionseigenschaften (ISO 12571:2000); Deutsche Fassung EN ISO 12571:2000
- [7] DIN EN ISO 14683, Wärmebrücken im Hochbau. Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient. Vereinfachte Verfahren und Anhaltswerte (ISO 14683:1999); Deutsche Fassung EN ISO 14683:1999
- [8] EN 12114, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden. Luftdurchlässigkeit von Bauteilen. Laborprüfverfahren; Deutsche Fassung EN 12114:2000
- [9] WTA Fachwerkinstandsetzung nach WTA, Band 1, Merkblätter 8–1 bis 8–9, Adeficatio-Verlag, Freiburg, 2001
- [10] Grunewald, J. 1997: Diffuser und konvektiver Stoff- und Energietransport in kapillarporösen Baustoffen. Dresdner Bauklimatische Hefte, 1997, Heft 3.
- [11] Grunewald, J.; Plagge, R.: Nichtisotherme Berechnung des Feuchtigkeitransportes mit Hilfe des Programmes DIM 3.1. Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen und Denkmalpflege, 2000 (6), Heft 4
- [12] Grunewald J.; Plagge, R.; Häupl, P.: Numerical and experimental investigation of Coupled Heat, Air, Moisture and Salt Transport Problems. ASHRAE 2001 Conference, Oak Ridge, USA
- [13] Häupl, P.; Plagge, R.; Fechner, H.: Hygrische Materialfunktionen von porösen Baustoffen. Gesundheitsingenieur, Haustechnik – Bauphysik – Umwelttechnik, 2001(122), 305–316
- [14] Heinze, P.; Plagge, R.; Engel, J.: Adaptive hydrophobe Imprägnierung schlagregenbelasteter Ziegelfassaden. Ed. H. Venzmer, Europäischer Sanierungskalender 2010, S. 251–259
- [15] Jahn, J.: Speicherstadt Potsdam, Konzept zur kulturvollen Entwicklung einer innerstädtischen Industriebrache. In: SELPH2 – Im Herzen des Europäischen Parlaments Green Hydrogen Initiative September 2005, 43 Seiten
- [16] Kühnel Architekten 2007: Die Speicherstadt Potsdam. www.k-k-architekten.de
- [17] Künzel, H. M. 1998: Austrocknung von Wandkonstruktionen mit Wärmedämm-Verbundsystemen, in: Bauphysik 20(1998), Heft 1, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, S. 18–23
- [18] Lutz, P.; Jenisch, R.; Klopfer, H.; Freymuth, H.; Krampf, L.; Petzod, K.: Lehrbuch der Bauphysik – Schall, Wärme, Feuchte, Licht, Brand, Klima – 3. Neubearb. Auflage Stuttgart, Teubner, 1994
- [19] Plagge, R.; Grunewald, J.; Häupl, P.: Ökoeffiziente Renovierung von historischen Gebäuden. WTA Almanach 2006 Bauinstandsetzen und Bauphysik – Restauration and Building – Physics, WTA Publications, S. 111–130
- [20] Plagge, R.: Hygrothermal Characterization of Building Materials. In: Study of moisture movement in building material and its simulation analysis, Seminar Book of Kyoto University, Katsura Campus, Japan, 20–41, 2005
- [21] Plagge, R.; Meissner, F.; Conrad, C.: Messung, Beschreibung und Optimierung der hygrothermischen Eigenschaften des Cellco- Wärmedämmlehms. Pro Inno II Forschungsbericht 2008, 147 Seiten
- [22] Ruisinger, U.; Plagge, R.: Fachwerk und Innendämmung – Die Austrocknung zum Innenraum als wichtiges Entscheidungskriterium. In: WTA-Kompodium „Fachwerkinstandsetzung nach WTA“ Band 3, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2008.

- [23] Plagge, R.: Multifunktionale Wärmedämmstoffe – Eine neue Technologie und ihre Anwendung. In 3. Internationales Anwenderforum Energetische Sanierung von Gebäuden, 2009
- [24] Plagge, R.: Energetische Sanierung der Speicherstadt Potsdam – Schinkelspeicher, Boelkespeicher und Persiusspeicher. In: 1. Internationaler Innendämmkongress, 2011
- [25] Plagge, R.: Abstimmung zwischen Feuchtezustand, Schlagregenschutz, Abtrocknung und Dämmkonzept am Beispiel der Elbphilharmonie Hamburg. In: Bauforschung und Baupraxis, 2011



Dr.- Ing. Rudolf Plagge

Zellescher Weg 17
01062 Dresden

Tel: 0351-46333756
E-Mail: rudolf.plagge@tu-dresden.de

Innendämmung! Und was passiert mit Wärmebrücken?

Achim Bauer

Klimaschutz und Ressourcenschonung sind zentrale Aufgaben unserer Zeit. Die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden ist zur Erfüllung dieser Aufgaben unverzichtbar. Nicht immer können Gebäudefassaden von außen gedämmt werden. Daher hat die Innendämmung in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Gerade bei der Sanierung von Schimmelpilzschäden werden häufig Innendämmsysteme eingesetzt. Bei der Ausführung von teilflächigen Innendämmungen, z. B. einzelner Zimmer und Wohnungen, werden Wärmebrücken wie Geschossdecken und einbindende Innenwände häufig nicht in ausreichendem Maß berücksichtigt. Werden Innendämmmaßnahmen nur einseitig der genannten Wärmebrücken ausgeführt, so sinkt die innere Oberflächentemperatur auf der nicht gedämmten Seite unter die Oberflächentemperatur des ungedämmten Ausgangszustands. Eine erhöhte Gefahr der Tauwasser- und Schimmelpilzbildung ist die unmittelbare Folge. Zur Schimmelpilzbildung muss die Taupunkttemperatur (100 % Feuchte auf der Bauteiloberfläche) nicht erreicht werden, eine relative Feuchte von 80 % reicht aus.

Innendämmung! Und was passiert mit Wärmebrücken?

Einleitung

Klimaschutz und Ressourcenschonung sind zentrale Aufgaben unserer Zeit.

Von zentraler Bedeutung sind hierbei die Wohngebäude, auf die ca. ein Drittel des gesamten Energieverbrauchs entfällt. Die allfälligen Klimaziele können nur erreicht werden, wenn Neubauten energieeffizient geplant und Altbauten möglichst umfassend energetisch saniert werden.

Nahezu alle Fachleute sind sich einig, dass im Falle der energetischen Sanierung von Außenwänden, die Wärmedämmung von außen der Wärmedämmung von innen vorzuziehen ist. Die Gründe hierfür sind einleuchtend und liegen auf der Hand.

Bei der Innendämmung wird, im Vergleich zum ungedämmten Ausgangszustand, der eigentliche Wandquerschnitt nicht mehr so stark erwärmt. Bei wasserführenden Leitungen besteht daher die Gefahr des Einfrierens während der kalten Jahreszeit, einbindende Geschossdecken und Zwischenwände stellen Wärmebrücken dar, die nicht ohne Weiteres

aufgehoben werden können. Nicht zuletzt bewirkt die Innendämmung einen Raumverlust.

Die Wärmedämmung von außen, die meist als Fasadendämmung in Form eines Wärmedämm-Verbandsystems (WDVS), in der Schweiz als verputzte Außenwärmedämmung (VAWD) bezeichnet, ausgeführt wird, reduziert die Wärmebrückenwirkung von Geschossdecken und erwärmt praktisch den gesamten eigentlichen Wandquerschnitt nahezu homogen.

Die folgenden Abbildungen 1 bis 3 verdeutlichen die Unterschiede anhand der Temperaturverläufe in den Wandaufbauten ungedämmt (U-Wert $1,39 \text{ W/m}^2\text{K}$), von innen gedämmt (U-Wert $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$) und von außen gedämmt (U-Wert $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$). Als nicht zusätzlich wärmegeprägter Ausgangszustand wurde ein beidseits verputztes 24 cm starkes Bimshohlblockmauerwerk gewählt, das in dieser Form dem Mindestwärmeschutz für das Wärmedämmgebiet III gemäß DIN 4108 von 1952 entspricht und in den 1950er und 1960er Jahren flächendeckend ausgeführt wurde.

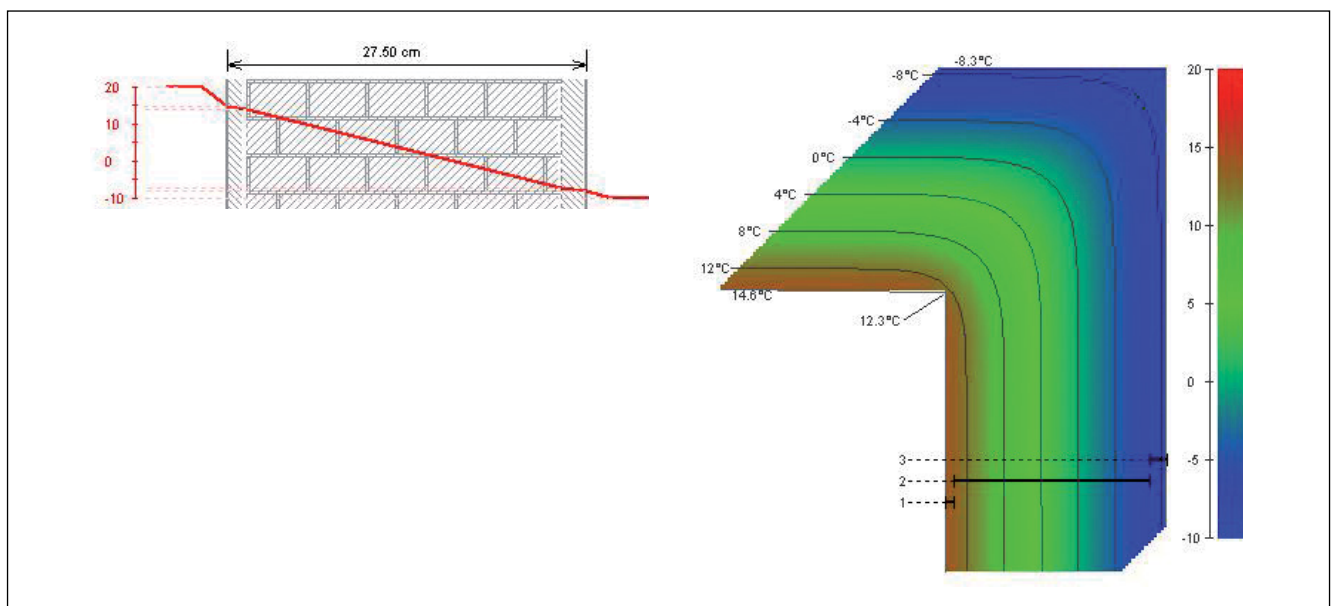


Abb.1: Temperaturverlauf in der nicht zusätzlich gedämmten Außenwand im Winter (-10°C außen / $+20^\circ\text{C}$ innen)

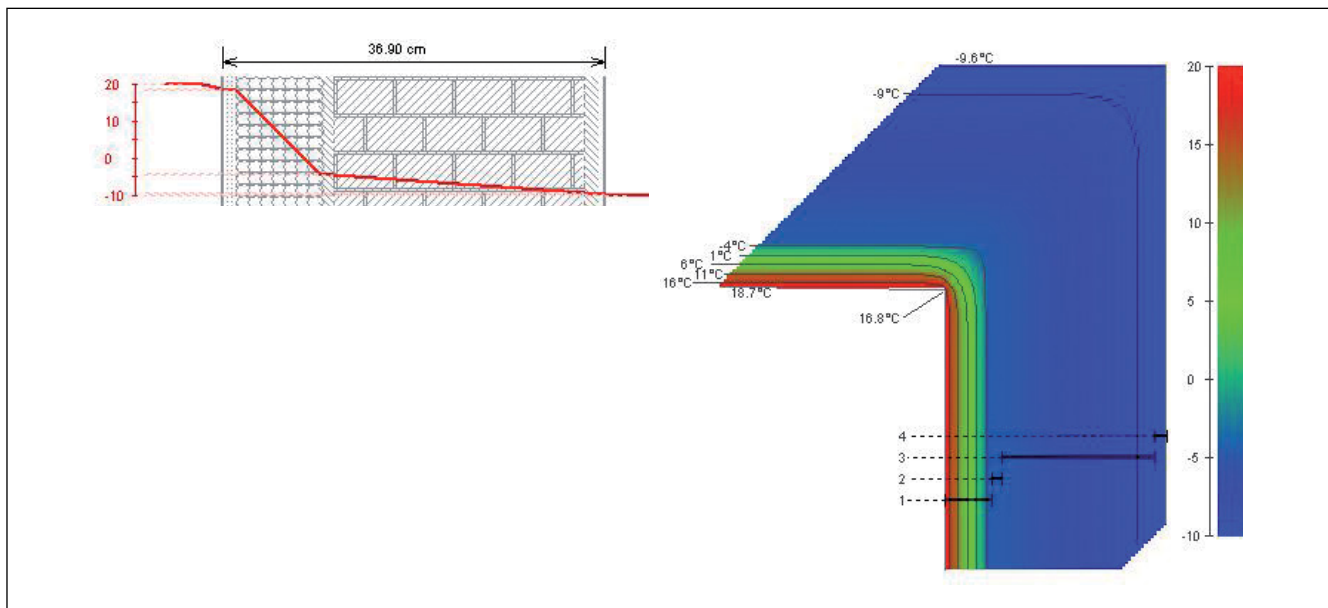


Abb. 2: Temperaturverlauf in der von innen gedämmten Außenwand im Winter (-10°C außen / $+20^{\circ}\text{C}$ innen)

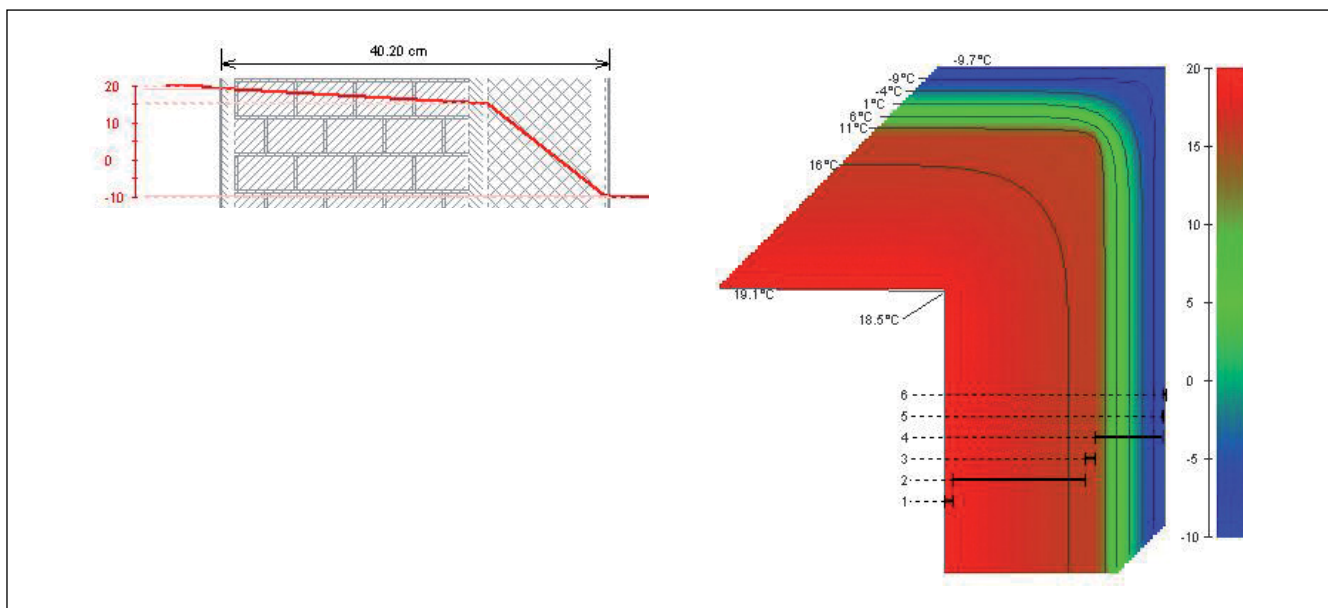


Abb. 3: Temperaturverlauf in der von außen gedämmten Außenwand im Winter (-10°C außen / $+20^{\circ}\text{C}$ innen)

Nichtsdestotrotz gibt es gute und naheliegende Gründe, Außenwände von innen zu dämmen. Man denke hierbei nur an bestands- und denkmalgeschützte Fassaden aus Natur- oder Klinkersteinen, aber auch an mit Stuckelementen verzierte Fassaden oder an Fachwerkhäuser.

Darüber hinaus bietet die Innendämmung, aufgrund der schnelleren Erwärmung, Vorteile bei temporär genutzten Gebäuden wie Kirchen, Versammlungsräumen oder Ferienhäusern.

Ein weiterer Verwendungszweck für Innendämmungen ist die Schimmelpilzsanierung, die häufig nur in einzelnen Wohnungen oder Räumen ausgeführt wird.

Die genannten Gründe führen dazu, dass die Baustoffhersteller und deren Verbände ein großes und steigendes Marktpotential für den Absatz von Innendämmungen sehen.

Die die Innendämmung betreffenden allgemein anerkannten Regeln der Technik haben sich in den letzten Jahren beinahe grundlegend geändert. Während Innendämmungen früher meist als wärmege-dämmte, mit Dampfsperre versehenen und mit Gipskartonplatten beplankten Vorsatzschalen oder als dämmstoffkaschierte Verbundplattenkonstruktionen ausgeführt wurden, so werden heute meist so genannte kapillaraktive Dämmsysteme ausgeführt.

Einer der Hauptunterschiede besteht darin, dass man bei den mit Folien versehenen Aufbauten, Tauwasser in der Konstruktion unbedingt stark begrenzen muss. Die Tauwassermenge muss, gemäß Berechnung anhand des „Glaserdiagramms“, stets geringer als die Verdunstungsmenge sein. Bei den kapillaraktiven Systemen wird auf den Einbau von Dampfbremsen in Form von Folien verzichtet, ein Tauwasserausfall in der Dämmstoffebene wird bewusst toleriert, das Rücktrocknungspotenzial der Konstruktion genutzt. Eine stationäre Berechnung kapillaraktiver Innendämmungen anhand des Glaserdiagramms ist nicht möglich, bzw. führt zu einer unzulässig hohen Tauwassermenge in der Konstruktion. Dennoch funktionieren kapillaraktive Innendämmungen in der Praxis, der theoretische Nachweis der Funktion ist, über instationäre hygrothermische Simulationsprogramme, möglich.

Die im Folgenden zu diskutierende Problematik betrifft alle Innendämmungen, unabhängig von Art, Aufbau und Dämmstoffdicke. Vereinfacht kann festgehalten werden, dass die Auswirkungen der Wärmebrücke mit zunehmender Dämmstoffdicke steigen. Je besser die Dämmung, desto stärker die Auswirkungen der Wärmebrücke.

Wärmebrücken

Thermische Schwachstellen in der Gebäudehülle werden als Wärmebrücke bezeichnet. An diesen Stellen kommt es, während der Heizperiode, zu einem erhöhten Wärmeverlust (Wärmeabfluss) und in der Folge zu einer Absenkung der inneren Oberflächentemperatur im Vergleich zu dem benachbarten, „ungestörten“ Bauteil.

Die Wärmebrücke hat demzufolge zwei negative Auswirkungen. Einerseits einen erhöhten Heizwärmebedarf, andererseits eine erhöhte Tauwasser- und Schimmelpilzgefahr. Durch die Annäherung an den Taupunkt steigt die Schimmelpilzgefahr stark an. Ab

einer Feuchte von 80 % auf der Oberfläche sind die Voraussetzungen für ein Schimmelpilzwachstum, einen geeigneten Nährboden vorausgesetzt, gegeben. Praktisch alle Baustoffe stellen früher oder später einen geeigneten Nährboden dar.

Während Raufasertapeten und Dispersionsfarben einen nahezu idealen Nährboden bieten, der praktisch sofort besiedelt wird, sofern die Randbedingungen stimmen, dauert es bei schimmelpilzwidrigen Baustoffen, wie z.B. reinen Kalkputzen, deutlich länger. Aber auch reine Kalkputze mit anfangs hoher Alkalität und großer Sorptionsfähigkeit werden besiedelt, sobald ein geeigneter Nährboden auf der Oberfläche vorhanden ist. Dieser Nährboden ist zunächst nicht der Putz als solcher, sondern der darauf anhaftende Hausstaub. Trotz der hohen Sorptionsfähigkeit ist der Putz im Bereich der Wärmebrücke feuchter, der Staub setzt sich vermehrt an diesen feuchteren Stellen ab, in Verbindung mit der Feuchtigkeit stellt der Hausstaub mit seinen organischen Bestandteilen einen geeigneten Nährboden dar. Wird der Staub, idealerweise im Rahmen eines „Herbstputzes“, nicht regelmäßig entfernt, wird in der Folge auch der Putz selbst mit Schimmelpilzen besiedelt werden.

Auf die Energieverluste im Bereich der Wärmebrücke wird im weiteren Verlauf nicht näher eingegangen, der Fokus der Betrachtung liegt auf der Absenkung der inneren Oberflächentemperaturen durch einseitige Innendämmmaßnahmen und deren Auswirkungen auf die Tauwasser- und Schimmelpilzgefahr.

Im Vergleich mit Außendämmungen tritt bei Innendämmungen das Wärmebrückenproblem deutlicher zutage, da in die Außenwand einbindende Decken und Wände die Dämmstoffebene unterbrechen.

Durch einseitige Innendämmmaßnahmen an diesen einbindenden oder angrenzenden Bauteilen, verschieben sich Temperaturverläufe in den Bauteilen, die Wärme fließt verstärkt über die ungedämmte Seite ab, wie die Abbildung 4, die dem Wärmebrücken-katalog [1] entnommen wurde, zeigt.

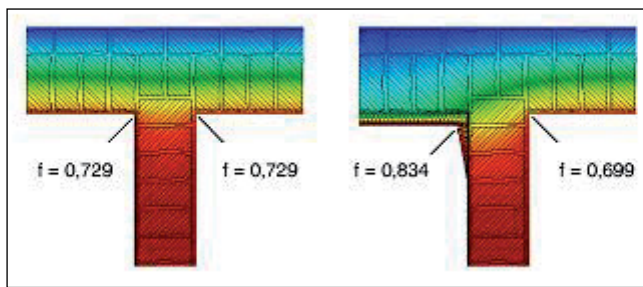


Abb. 4: Einfluss partiell angebrachter Innendämmungen

Die Oberflächentemperaturen auf der nicht gedämmten Seite sinken, eine erhöhte Tauwasser- und/oder Schimmelpilzgefahr ist die Folge. Alle Innendämmungen haben die Gemeinsamkeit, dass sie, bei einseitiger Anwendung, bestehende Wärmebrücken verstärken.

Die folgenden Beispiele sollen die Problematik verdeutlichen. Dies ist ein durchaus praxisrelevantes Problem, wie es zum Beispiel bei der Dämmung einzelner Wohnungen oder Geschosse in einem mehrstöckigen Gebäude ständig auftritt.

Die folgenden Abbildungen sind dem Wärmebrückenratgeber für Ausbau und Fassade [2] entnommen, der im Laufe des Jahres 2013 erscheinen wird.

Die Berechnungen wurden mit dem Programm HEAT 3, Version 5.0 durchgeführt. Für die Berechnungen wurden die Wärmeleitfähigkeiten der Materialien der Normen DIN V 4108-4 Ausgabe 06/2007, DIN EN 12524 Ausgabe 07/2000, verwendet.

Den durchgeführten Berechnungen liegt ein Gebäude zugrunde, welches dem technischen Stand und dem Mindestwärmeschutz eines Einfamilienhauses aus den 1950er und 1960er Jahren entspricht. Teilweise wurden diese Konstruktionen bis in die frühen 1970er Jahre verwendet.

Die folgenden Aufbauten wurden gewählt:

Außenwand: Mauerwerk 24cm Bimshohlblock, Ziegel, U-Wert $1,39 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, beidseitig verputzt

Balkon/auskragende Decke: Beton 16cm + Glattstrich + Fliesen innen oberseitig mit Verbundestrich, innen unterseitig verputzt

Die dargestellte auskragende Balkonplatte verstärkt das Problem, das aber grundsätzlich auch ohne Fortführung der Decke als auskragende Balkonplatte bestehen würde, wie die Berechnungen zeigen.

Den Berechnungen liegen des Weiteren die Randbedingungen gemäß Tabelle 1 zugrunde

In Abbildung 5 ist das Mustergebäude dargestellt, betrachtet wird im Folgenden der Bereich 4 (Geschossdecke mit auskragender Balkonplatte).

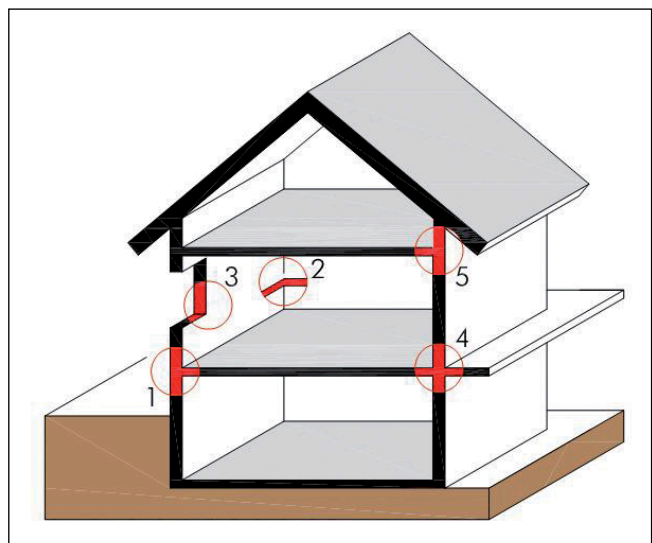


Abb. 5: Mustergebäude

Tabelle 1: Randbedingungen für die Berechnungen

Randbedingung bei angrenzender Luft	Temperatur [°C]	Wärmeübergangswiderstand R [$\text{m}^2 \text{ K/W}^2$]
Außen	-5,0	0,04
Innen (untere Raumhälfte)	20,0	0,35
Innen (obere Raumhälfte)	20,0	0,25

Die in den folgenden Abbildungen 6–10 dargestellten Oberflächentemperaturen wurden rechnerisch ermittelt. Baupraktisch sind, bei den gleichen Randbedingungen, etwas höhere Temperaturen zu erwarten. Bei den Temperaturen geht es weniger um die absoluten Zahlen, sondern vielmehr darum, dass, bei einseitig angebrachten Innendämmungen, die inneren Oberflächentemperaturen unter die entsprechenden Temperaturen des ungedämmten Ausgangszustands sinken.

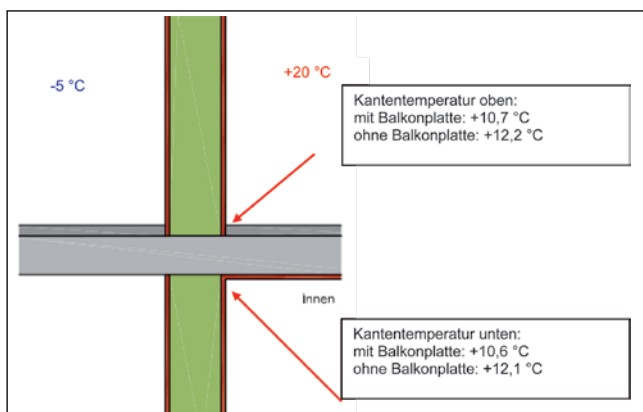


Abb. 6: ungedämmter Ausgangszustand

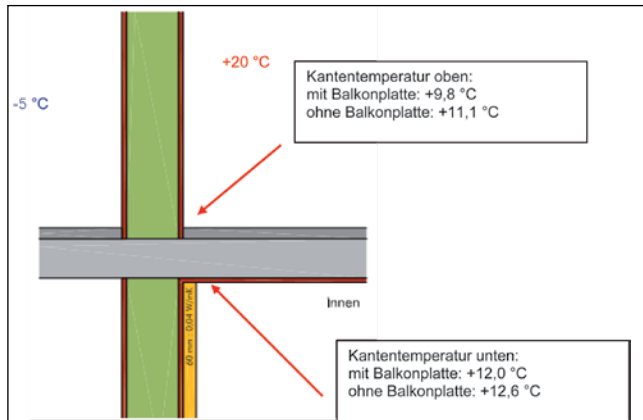
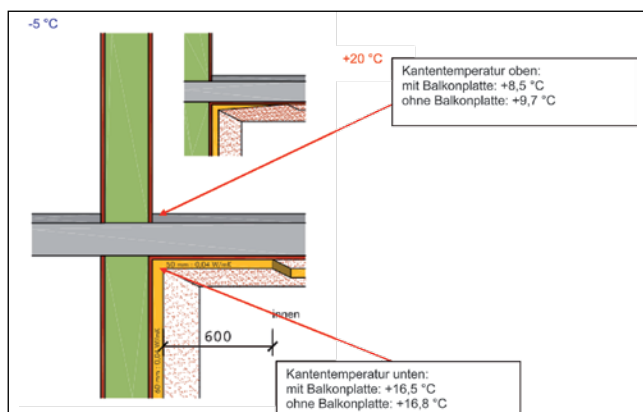
Abb. 7: Zustand mit Innendämmung unten (60 mm, $\lambda = 0,04$ W/mK)

Abb. 8: Zustand mit Innendämmung unten und Dämmkeil

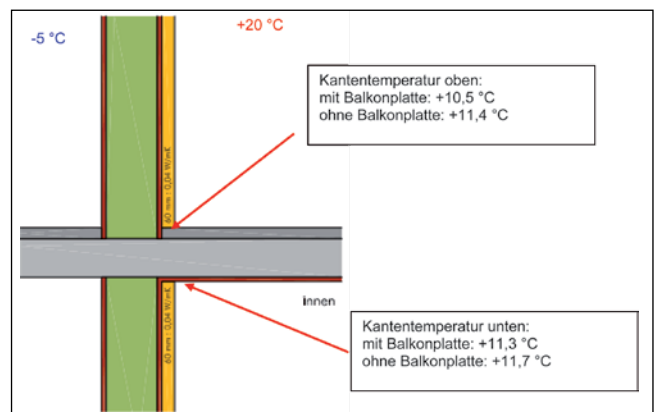
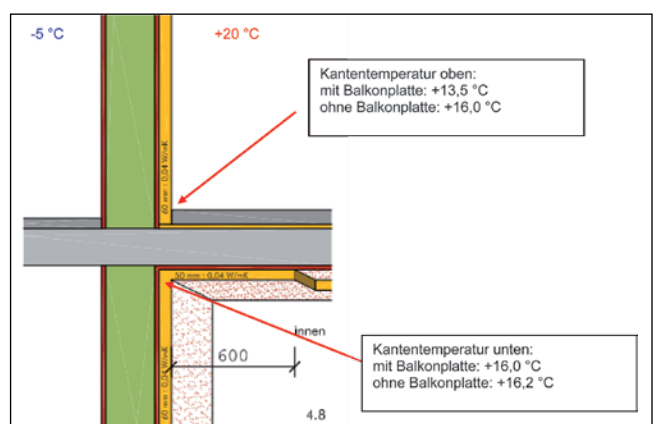


Abb. 9: Zustand mit beidseitiger Innendämmung

Abb. 10: Zustand mit beidseitiger Innendämmung, Dämmkeil unten und schwimmendem Estrich oben (Trittschalldämmung 2 cm, $\lambda = 0,05$ W/mK)

Würde man die Innendämmung einseitig oberhalb der Geschossdecke statt unterhalb anbringen, so hätte das keine relevanten Auswirkungen auf die Ergebnisse.

Erst die beidseitige Dämmung der Wärmebrücke einschließlich beidseitiger Randdämmung, verbessert die Situation nachhaltig.

Fazit

Gerade vor dem Hintergrund, dass Innendämmungen häufig zur Schimmelpilzsanierung eingesetzt werden und dass diese Schimmelpilzschäden häufig in Gebäuden auftreten, die von der Konstruktion her dem Mustergebäude ähneln, ist den Wärmebrücken große Aufmerksamkeit zu widmen.

Oftmals weisen diese Gebäude bereits im Ausgangszustand innere Oberflächentemperaturen vor allem in den Eck- und Kantenbereichen auf, die nur knapp oberhalb der schimmelpilzkritischen Tempe-

ratur (80 % relative Feuchte auf der Oberfläche) liegen. Werden diese Temperaturen durch einseitige Dämmmaßnahmen weiter abgesenkt, ist ein Schimmelpilzschaden auf der nicht gedämmten Seite wahrscheinlich.

Gebäude mit Holzbalkendecken sind in der Regel im Bereich der Geschossdecken weniger schimmelpilzgefährdet, Tauwasserausfall im Bereich der Balkenköpfe muss jedoch vermieden werden.

Es ist zu wünschen, dass die Baustoffhersteller ihren Vertrieb künftig mehr für die Wärmebrückenproblematik sensibilisieren und dass bei einer möglichst effektiven Innendämmung in der Wohnung des Auftraggebers dessen Nachbar nicht vergessen wird.

Der Fachverband der Stuckateure für Ausbau und Fassade Baden-Württemberg möchte die Fachunternehmer, Sachverständige, aber auch Architekten und Planer sensibilisieren, der Wärmebrückenproblematik bei einseitigen Innendämmmaßnahmen künftig mehr Aufmerksamkeit zu widmen.



Dipl. Ing. FH Achim Bauer

Talstraße 144
D-68259 Mannheim

Tel: 0621/79 18 39
E-Mail: a.bauer@stuckateur-bauer.de

Literatur

- [1] Hauser, Gerd; Stiegel, Horst: Wärmebrücken-katalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen; Bauforschung für die Praxis Band 74, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2006
- [2] Fachverband der Stuckateure für Ausbau und Fassade Baden-Württemberg (SAF): Wärmebrückenratgeber für Ausbau und Fassade zur Bewertung von Wärmebrücken bei der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden, 1. Auflage 2013

Quetschfaltenbildung am WDVS

Gerhard Enzenberger

Aufgrund von Schadensfällen und Informationen vom Österreichischen Fertighausverband, berichtete dieser über Vorfälle, bei denen an Fassaden fallweise Quetschfalten in Wärmedämmverbundsystemen auftraten. Die Ursache wird dem „Schwinden der Holzkonstruktion“ zugeschrieben. Bei näherer Betrachtung zeigte sich jedoch, dass die festgestellten Schäden mit einem „Schwinden der Holzkonstruktion“ nicht schlüssig nachvollziehbar waren.

Diesem Anlass folgend wurden etwa 75 Schadensfälle mit Quetschfalten auf Wandbildnern aus Ziegel, Beton und Holzfertigbau untersucht.

Als Quetschfalten bezeichnet man narbenförmige, horizontal verlaufende Abzeichnungen in der Deckschicht von Wärmedämmverbundsystemen.

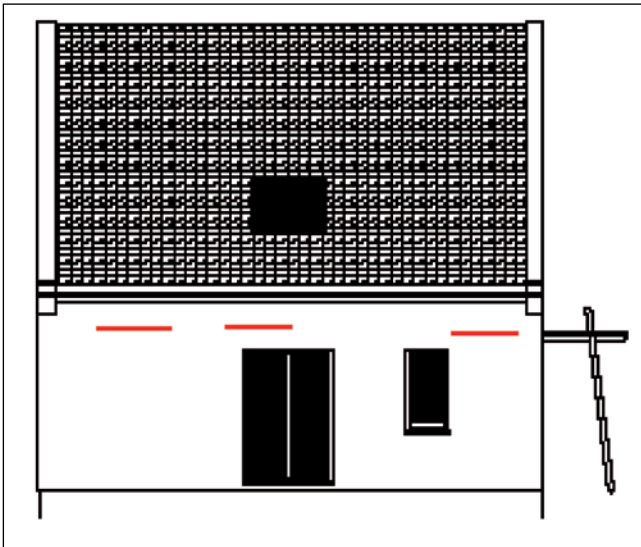
Die bislang spärlich vorhandenen Expertisen dazu mündeten überwiegend in dem Schluss, dass dafür Setzungen in der Holzkonstruktion verantwortlich gemacht wurden, andere wiederum schlussfolgerten, dass Fugen in der Dämmplattenverlegung sowie ungenügend dicke Armierungsschichten dafür verantwortlich zeichnen oder ganze Bauteile ausknicken.

Ziel meiner Diplomarbeit war die Durchführung einer Befundaufnahme und die Kausalität der Schäden zu ergründen, unabhängig davon, ob der Wandbildner aus Holz, Ziegel oder Beton bestand. Alle besichtigten Objekte konnten erfolgreich saniert werden.

Quetschfaltenbildung am WDVS

Problemstellung Quetschfaltenbildung

Schematische Darstellung



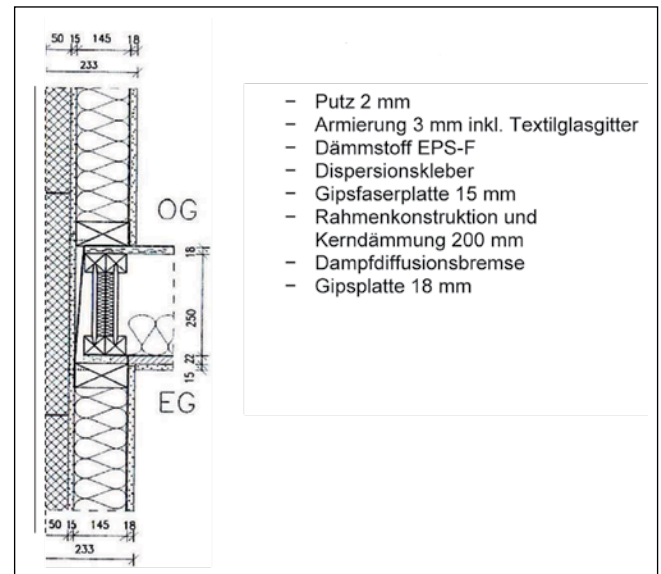
Zeichnung 1: WDVS-Fassade mit „Quetschfalten“ die überwiegend auf Deckenhöhe situiert sind.



Zeichnung 2: Vereinzelt kommen auch vertikale oder abgetreppte Quetschfaltenverläufe vor.

Fertighausbau Konstruktionsmerkmale der Fassade

Typischer Wandaufbau



Zeichnung 3: Wandschnitt auf Deckenhöhe, Beschreibung der „Quetschfalte“

Als „Quetschfalte“ wird eine narbenförmige Aufwölbung in der Putz-Deckschicht von Wärmedämmverbundsystemen bezeichnet (Abbildung 1). Die bauübliche Bezeichnung „Quetschfalte“ lässt auf Stauchungen bzw. Quetschungen schließen.

„Quetschfaltenbildungen“ verlaufen im Fertighausbau überwiegend mit horizontaler Richtungspräferenz und sind meist über den Dämmplattenstößen situiert. Teile der Armierungsschicht inkl. Textilglasgitter und der Deckputzschicht lösen sich mit einem Höhenstichmaß von wenigen Millimetern vom Dämmstoff ab, wobei sich das Textilglasgitter nach außen wölbt und so eine Falte bildet (Abbildung 2).

„Quetschfalten“ verlaufen meist nicht durchgehend über eine gesamte Fassadenseite sondern zeigen Unterbrechungen. Vorrangig sind Süd- und Westfassaden betroffen. Nach Rücksprache mit einigen Fertighausherstellern bestätigen diese eine konzentrierte Schadenshäufigkeit seit Anfang 1990. Dies

hat auch einen architektonischen Hintergrund – die Außenbereiche waren vorher bis unterhalb der Erdgeschoßdecke meist mit Holzverkleidungen überdeckt. Seit etwa 2 Jahrzehnten wird weniger Holzfassade und mehr verputzte Fläche belegt, wodurch eine verstärkte Schadenswahrnehmung empfunden wird.



Abb. 1: narbenförmige Aufwölbung der Deckschicht



Abb. 2: Detailaufnahme Quetschfalte, Dehnung des Textilglasgitters

Mögliche Setzungen der Holzkonstruktion?

Das Schwindverhalten der Holzkonstruktion hängt ganz wesentlich von der

- Feuchtigkeitsdifferenz zwischen Einbau- und Ausgleichsfeuchtigkeit sowie
- deren Faserrichtung (axial-, radial- und tangential)
- und der Holzart ab.

Holz schwindet in Faserrichtung (axial) nur sehr gering. Deshalb spielen Setzungen im Holzrahmenbau im Gegensatz zum Holzblockbau aufgrund der Faserrichtung nur eine untergeordnete Rolle.

Tab. 1: Schwindmaße Konstruktionsholz

Fichte:	→	axial 0,3 %
	→	radial 3,6 %
	→	tangential 7,8 %

Die Fertighaushersteller verwenden ausgewählte güteüberwachte Holzqualitäten, die kontrollierte Eigenschaftsprofile und somit kalkulierbare Dimensionsänderungen aufweisen.

Festgestellt wurde, dass zwischen Einbauzustand und Ausgleichsfeuchtigkeit kaum nennenswerte Dimensionsänderungen evident waren. Gegenüber der Holzrahmenbauweise mit stehenden Hölzern kommen im Blockholzbau liegende Hölzer zum Einsatz. Die dabei wirkenden tangentialen und radialen Schwindmaße bewirken hingegen erhebliche Verformungen → Setzungen.

Bei der Holzrahmen- oder auch Holzverbundbauweise werden Tafeln aus Holzwerkstoffen (Spanplatten, Schichtholz, OSB-Platten) oder Gipsfaserplatten kraftschlüssig am Rahmen befestigt. Diese dienen der Beplankung und Aussteifung der Wände. Das mögliche Schwindverhalten dieser Werkstoffe gilt als außerordentlich gering.

Verformungen durch Schwinden der Massivholzrahmen würden die Holzwerkstoffplatten ebenfalls deformieren.

Die nachfolgend angeführten Rechenbeispiele verdeutlichen die Schwindverformungen in axialer, tangentialer und radialer Richtung.

Tab. 2: Rechnerische Schwindmaße einer Wandhöhe

$$\Delta L = \frac{\text{Schwindmaße in \%} \times \text{Länge in mm} \times \Delta \text{ Holzfeuchtigkeit}}{30 \text{ (Fasersättigung)}}$$


$$\Delta L = \frac{0,003 \times 2750 \times 2}{30} = \underline{0,55 \text{ mm}}$$

d. h. auf einer Wandhöhe von 275 cm ist bei einer Verringerung der Holzfeuchtigkeit um 2 % mit einer Verkürzung von 0,55 mm zu rechnen.

Tab. 3: Schwindmaße in Abhängigkeit der Faserrichtung

	Wandhöhe	Holzfeuchtigkeitsänderung	Schwindmaße in mm
axial 0,3 %	2750 mm	2 %	0,55
radial 3,6 %	2750 mm	2 %	6,60
tangential 7,8 %	2750 mm	2 %	14,30

Tab. 4: Schwindmaße einer Deckenkonstruktion

Deckenkonstruktion  Deckenhöhe von 20 cm
Tangential ~ 7,8 %

$$\Delta L = \frac{0,078 \times 200 \times 2}{30} = \underline{1,04 \text{ mm}}$$

Die errechneten Schwindmaße bei Verwendung von ungünstigster Faserrichtung (tangential) betragen bei 2 % Feuchtigkeitsdifferenz auf einer Deckenhöhe von 20 cm ca. 1,04 mm.

Die Einbaufeuchtigkeit entspricht in etwa der in der Praxis vorgefundenen Ausgleichsfeuchtigkeit, diese liegt bei ca. 15 +/- 3 %. Auch rechnerisch konnten in der Rahmenbauweise im Gegensatz zum Holzblockbau keine relevanten Dimensionsänderungen nachvollzogen werden.

Mechanische Funktionsweise von Wärmedämmverbundsystemen

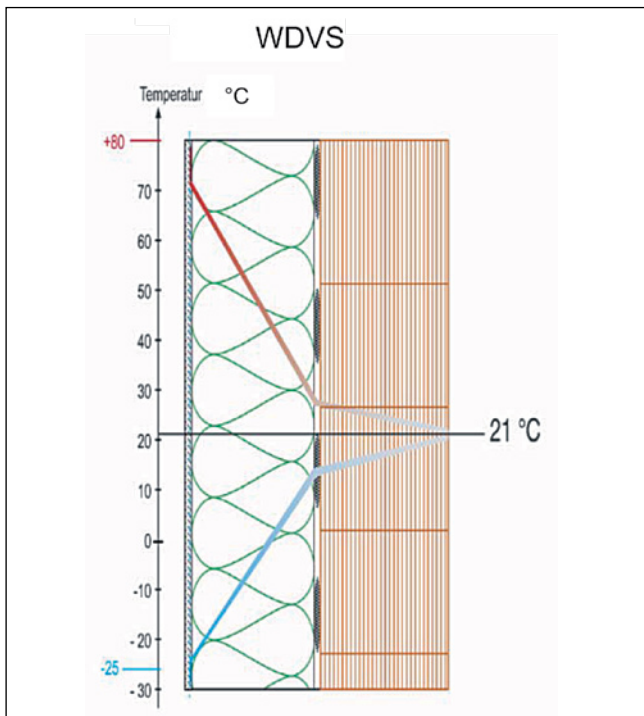
Im Folgenden wird auf die **mechanische** Eigenschaft von Wärmedämmverbundsystemen eingegangen. Die wärmetechnische Funktion ist ausführlich in der Literatur berücksichtigt und daher nicht Gegenstand dieser Arbeit.

Im Zuge von umfangreichen Literaturrecherchen wurde eine interessante Bemerkung aus dem Jahr 1967 aufgestöbert.

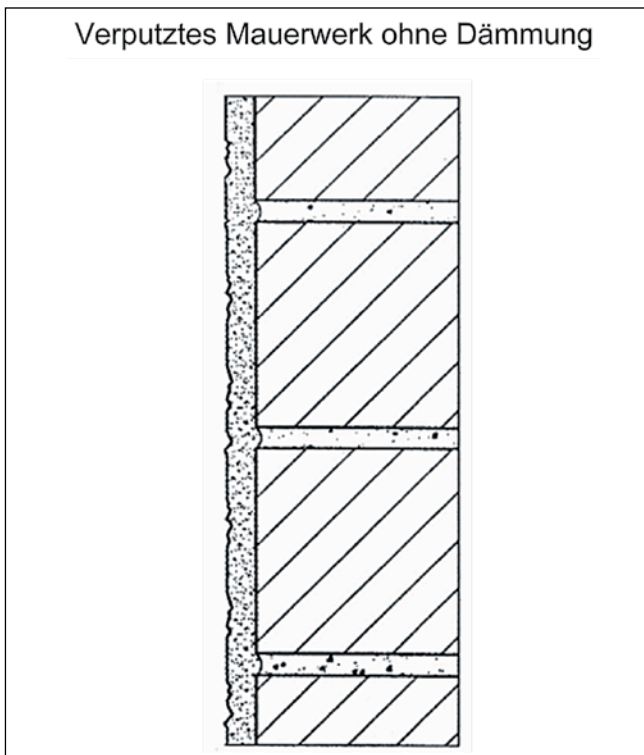
Die technische Funktionstauglichkeit von Vollwärmeschutz mit Polystyrol Dämmstoffplatten funktioniert nach dem Prinzip der „Zwängspannung.“ Es hat ziemlich lange gedauert, dahinter zu kommen,

was darunter verstanden bzw. gemeint war. Anhand der folgenden Skizzen ist es aber möglich, dies einfach zu erläutern.

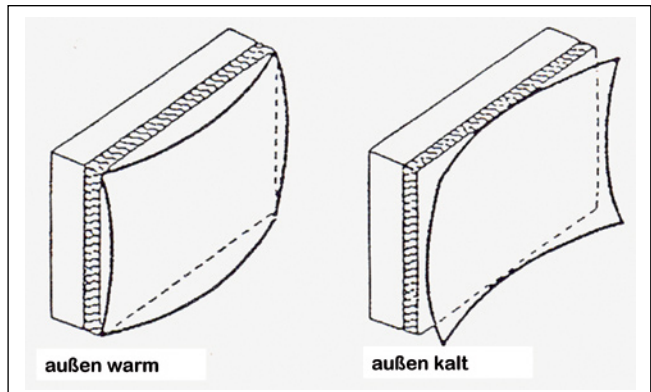
Wie aus der Putztechnologie bekannt, führt ein falscher Schichtaufbau (unten weich und oben hart) zu Spannungen und Rissebildungen. Putzmörtelaufbauten werden daher – unten hart und nach oben hin weicher – ausgeführt, um einen günstigen Spannungsabbau zu ermöglichen. Bei einem WDVS ist die harte Deckschicht auf einem weichen Dämmstoff appliziert, also völlig gegenteilig zu den Erfahrungen aus dem Putzbereich.



Zeichnung 4: Aufbau eines Wärmedämmverbundsystems: Aufgrund der geringen Masse der Deckschicht resultieren aus schwankenden Witterungsverhältnissen enorme, rasch wechselnde Temperaturdifferenzen. Die Temperatur an der Dämmstoffrückseite bleibt jedoch weitgehend konstant. Thermische Energie wird in mechanische Energie umgesetzt und im weichen Dämmstoff schadensunwirksam abgebaut – entkoppelt.



Zeichnung 5: Aufgrund der Massenträgheit langsame Aufheizung und Abkühlung einer nicht gedämmten Wand.



Zeichnung 6: Matratzenefekt

An sonnigen Tagen kommt es zu einer raschen Aufheizung der Oberfläche. Der Dämmstoff ist bestrebt zu bombieren, bei Unterkühlung kontrahiert die Oberfläche. Durch unzureichende oder falsche Dämmstoffbefestigung werden diese Verformungen sichtbar.



Abb. 3: Matratzenefekt durch unzureichende Dämmplattenbefestigung

Betrachtet man nun einen WDVS-Aufbau, so stellt man fest, dass der Dämmstoff als schlechter Wärmeleiter sehr weich ist und darauf eine harte Schicht – bestehend aus Deckputz und Armierung – aufliegt. Bedingt durch den schlechten Wärmeleiter spielt sich die gesamte Temperaturproblematik letztendlich in den verhältnismäßig dünnen (3 – 5 mm dicken) Deckschichten ab.

Je nach Hellbezugswert, Himmelsrichtung und Maße der Deckschicht, können Temperaturdifferenzen an der Oberfläche von ~ 80 Kelvin und mehr auftreten. Die Oberfläche eines WDVS unterliegt damit permanenten Temperaturwechselwirkungen, während der Dämmstoff an der Rückseite verhältnismäßig konstante Temperaturbedingungen aufweist.

Dies ist grundsätzlich für ein richtig verarbeitetes und qualitativ gutes Produkt kein Problem, auch

WDVS mit fast 50jähriger Belastung bleiben völlig intakt und funktionstauglich.

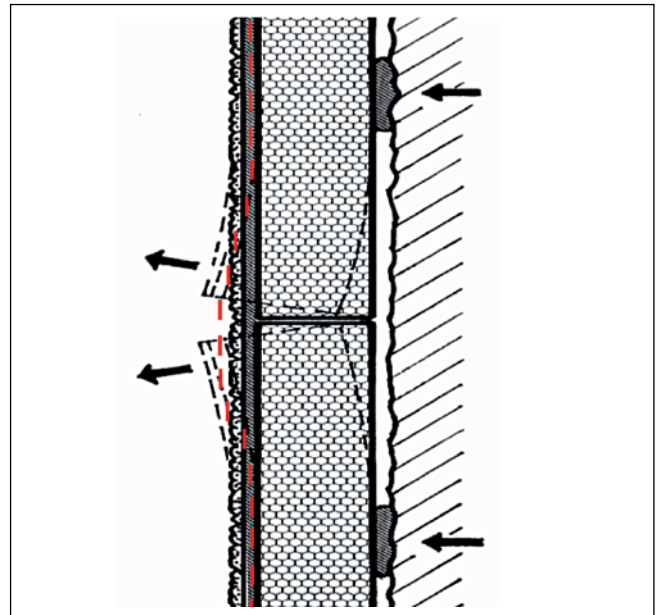
Der temperaturbedingte Spannungsabbau setzt jedoch voraus, dass die Dämmplattenränder absolut kraftschlüssig mit dem darunter liegenden Wandbildner verklebt werden. Um Zwängspannung zu erzeugen muss geringstmögliche Bewegungsfreiheit der Dämmplattenränder vorliegen. Die thermische Energie, die auf die Oberfläche des WDVS wirkt, wird in mechanische Energie in Form von Bewegung umgesetzt und bei intakter Dämmplattenverklebung schadensfrei im weichen Dämmstoff abgebaut – entkoppelt.

Warum wirken sich bereits kleine Verklebungsunregelmäßigkeiten fatal aus?

In der Regel erfolgt die werksseitige Dämmplattenverklebung bei Fertigteilhäusern unter gleichmäßigen Bedingungen, d. h. meist konstanten Temperatur- und kalkulierbaren Arbeitsbedingungen. Es werden dabei vorwiegend wandhohe Großformatplatten eingebaut. Der Kleberauftrag erfolgt mittels Zahnspachtel. Meist sind es Serienfehler, die bei der Dämmplattenverklebung durch fehlenden Kleberauftrag an den oberen Plattenenden provoziert werden. Beim bauseitig durchgeführten Verschließen des Deckenbereichs erfolgt der Kleberauftrag ebenfalls häufig nicht bis an die Plattenränder.

Die gesamten thermischen Spannungen, die nun auf die Fassade wirken, konzentrieren sich somit nur auf diese meist horizontalen Plattenränder, wobei bereits eine geringe fehlende Plattenrandverklebung Risse und in weiterer Folge Quetschfalten bewirkt. Zudem werden die bauseits montierten Deckenbereiche sehr früh mit einer Armierungsschicht überzogen, um einen Witterungsschutz sicherzustellen.

Trocknet nun die äußere Armierungsschicht rascher als der Dämmplattenkleber am Untergrund abbinde, entsteht bereits eine Vorspannung (bombieren). Damit ist eine Schwachstelle in Form von beweglichen Plattenrändern vorprogrammiert.



Zeichnung 7: Schematische Darstellung von Quetschfalten durch freie Plattenränder. Eine fehlende Randverklebung bewirkt federnde und frei bewegliche Plattenränder. Das Textilglasgitter wird infolge der Oberflächenkontraktion gedehnt. Es entsteht eine Quetschfalte.

Der Baustellenverschluss mit der so genannten Bauchbinde (Einpassen des Dämmstoffes zwischen Erd- und Dachgeschoß) provoziert mangelhafte Verklebungen aufgrund von Ebenheitstoleranzen. Dies führt zu einer fehlerhaften Entkoppelung.

Quetschfaltensanierung von WDVS mit Polystyrol als Dämmstoff

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse durch die Befundaufnahmen war sicherzustellen, dass die mangelhafte Dämmplattenverklebung und somit eine fehlerhafte Entkoppelung im Wärmedämmverbundsystem behoben werden musste.

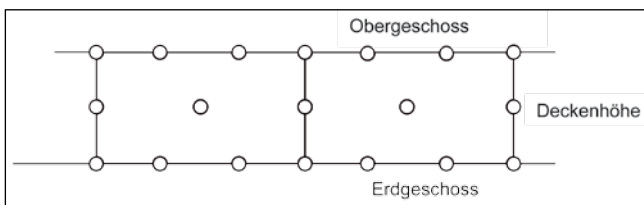
Dazu war es notwendig, dass der durch die mangelnde Verklebung bewirkte, frei bewegliche Plattenrand entfernt wird. Entlang der Polystyrol-Dämmplattenstöße (Stoßbereich zwischen Werks- und Baustellenverklebung) wurde das Wärmedämmverbundsystem vollständig bis zum Untergrund der Gipsfaserplatte entfernt. Dabei war außerordentliches Augenmerk darauf zu legen, dass an den Schnittkanten die Dämmplattenränder einen festen Verbund zum Untergrund aufweisen.

Nach einer gründlichen Reinigung der Gipsfaserplatte sowie der Entfernung von Kleberresten wurde ein neuer Dämmstoff pressgestoßen und vollflä-

chig verklebt eingebaut. Unmittelbar nach Einbau der Dämmstoffstreifen wurden die Dämmplatten zusätzlich mechanisch mittels Dämmstoffdübel befestigt. Die Befestigung erfolgte jeweils in der Plattenfuge im Abstand von 25 cm und in der Plattenmitte (Zeichnung 8).

Dadurch wurden Trockenzeiten kompensiert und es konnte unmittelbar nach dem Dämmstoffeinbau die Applikation der Armierungsschicht erfolgen.

Um unnötige Wärmeausleitung zu vermeiden, kann mit einem speziellen Montagetool der Dübel im Dämmstoff versenkt werden.



Zeichnung 8: Montageanleitung Dübel

Die Dämmplattenstreifen wurden mit zementfreier, faserverstärkter Carbonspachtel inkl. Textilglasgittereinlage mit einer Gewebeüberlappung von mind. 10 cm eingebaut. Nach einer vollständigen Abtrocknung wurde die gesamte Putzoberfläche mit Carbonspachtel abgeputzt und nach vollständiger Trocknung mit Putz beschichtet.

Zusammenfassung

Die Untersuchungen an vielen Bauvorhaben zeigten, dass die als „Quetschfalten“ bezeichneten Aufwölbungen in der Putz- und Armierungsschicht von Wärmedämmverbundsystemen meist an Süd- und Westfassaden mit horizontaler Richtungspräferenz auftreten.

Dabei kommt es zu einer Ablösung bzw. zum Verlust der Haftfestigkeit (entweder bei weichen Dämmstoffen wie Holzfaserdämmplatten durch Kohäsionsbruch der Fassadenplatten) oder bei EPS-F Dämmplatten zu Kohäsionsbruch in der Armierungsschicht. Es löst sich das Armierungsgewebe und bildet dabei eine Falte bzw. Narbe.

Quetschfaltenbildungen wurden auch bei Bauvorhaben im Massivbau untersucht. Als Wandbildner kamen Ziegel oder Beton vor. Das Argument „Schwinden hat hier wenig Bedeutung, da im gebrannten Ton kaum Dimensionsänderungen statt-

finden können“. Dennoch treten auch hier verstärkt „Quetschfalten“ auf.

„Quetschfaltenbildung“ ist somit keine „Domäne“ der Holz-Rahmenbauweise.

Die Untersuchungen bestätigten, dass geringfügige Setzungen in der Holz-Rahmenkonstruktion diese Faltenbildung nicht auslösen kann. Wie die Prüfungen zeigten, reicht das axiale Schwindverhalten der Rahmenkonstruktion bei einer normalen Feuchte-differenz nicht aus, um entsprechende Verkürzungen bzw. Stauchungen im WDVS zu bewirken.

Zudem zeigte sich, dass im Bereich der Deckenhöhe – dort wo Hölzer mit radialen und tangentialen Schwindkräften wirken – zwar das Schwindmaß gegenüber der axialen Längenänderung deutlich höher ist, aufgrund der Deckenhöhen von etwa 20 cm entstehen aber dennoch keine gravierenden Dimensionsänderungen.

Die an zahlreichen Gebäuden durchgeführten Holzfeuchtigkeitsmessungen gehen konform mit der in der Fachliteratur angeführten Ausgleichsfeuchtigkeit. Sie betragen tatsächlich außenseitig im Konstruktionsholz 15 +/- 3 %.

Bei den Objektanalysen konnte eindeutig festgestellt werden, dass die am Holzrahmen kraftschlüssig montierten Holz- oder Gipswerkstoffe keine Stauchungen aufweisen, was auch dadurch untermauert werden konnte, dass keine Schädigungen an den Befestigungspunkten der am Holzrahmen befestigten Werkstoffplatten evident waren.

Entscheidend für die Entstehung von „Quetschfalten“ sind meiner Meinung nach frei bewegliche Plattenränder, welche durch thermomechanische Belastung keine fehlerfreie Entkoppelung ermöglichen. Rissbildungen und Quetschfalten sind die Folge. Zudem fördern dünne Armierungsschichten und Dämmplattenfugen die Entstehung von Rissbildungen, sind jedoch nicht causal für Quetschfaltenbildung verantwortlich.

An allen untersuchten Bauvorhaben konnten die Sanierungskonzepte erfolgreich angewandt werden.

Eine objektbezogene Befundaufnahme und sorgfältige Abstimmung der Sanierungsmethode ist unerlässlich und kann Abänderungen bedingen.



Dipl.-HTL-Ing. Gerhard Enzenberger

Geschäftsführung Synthesa Gruppe
Synthesa Chemie GmbH
Dirnbergerstrasse 29 – 31
A-4320 Perg

Tel: +43-(0)7262/560-1101

E-Mail: gerhard.enzenberger@synthesa.at

Äußerer Fensterbankanschluss im Holzhaus- und Massivbau Neue Ansätze – praktische Lösungen

Sylvia Polleres

Neben der optischen Gestaltung eines jeden Gebäudes dient die äußere Fensterbank (zukünftig im Text nur mehr als Fensterbank bezeichnet) primär dem Witterungsschutz, indem sie die Aufgabe hat, das Oberflächenwasser von Fenster und Fassade kontrolliert abzuleiten und einen Wassereintritt in die Konstruktion dauerhaft zu verhindern. Diese Aufgabe erscheint auf den ersten Blick nicht wirklich bemerkenswert, dennoch bereitet sie in der täglichen Baupraxis oftmals unerwartete Probleme. Anschlüsse zum Fenster oder zur Fensterbank beinhalten ein hohes Schadenspotenzial und daher wird von den Planenden und Ausführenden ein hohes Maß an Sorgfalt gefordert. Die Einflussfaktoren für die auftretenden Mängel sind dabei vielfältig. Einer dieser Faktoren ist schlicht das fehlende Bewusstsein mit welcher Bauaufgabe man es beim Fensterbankeinbau zu tun hat – nämlich, mit keiner trivialen!

Äußerer Fensterbankanschluss im Holzhaus- und Massivbau

Neue Ansätze – praktische Lösungen

Einleitung

Oftmals fehlt aufgrund der architektonischen Entwicklung hin zu Gebäuden ohne jegliche Vordächer der primäre konstruktive Witterungsschutz. Die Fassaden und somit auch die Fenster erfahren dadurch eine viel intensivere Bewitterung, vergleichbar etwa mit der an Sockelanschlüssen. Somit wird an die Fensterbank bzw. an deren Anschlüsse eine noch viel höhere Anforderung hinsichtlich des Witterungsschutzes gestellt.

Mögliche Eintrittsstellen für (Schlag)Regen gibt es beim Fensterbankanschluss viele. Obwohl mittlerweile die verschiedensten Dichtbänder und Anputzdichtprofile zur Schlagregendichtheit verlegt werden und der Markt modernste Fensterbanksysteme anbietet, kommt es leider immer wieder zu Feuchteschäden. Dabei spielt die Kombination und die Verarbeitung der verschiedenen Bauteile und Materialien eine wesentliche Rolle. Zugleich wird im Bereich der Planung der Fensterbank kaum Bedeutung beigemessen.

Regelwerke

Der Fensterbankeinbau an sich ist zumindest in Österreich normativ jedoch nicht wirklich geregelt, obwohl zwar in diversen Normen auf gewisse Bereiche des Fensterbankeinbaus eingegangen wird. Zum Beispiel in der ÖNORM B 5320:2006 „Bauanschlussfuge für Fenster, Fenstertüren und Türen in Außenbauteilen – Grundlagen für Planung und Ausführung“ ist in einer Konstruktionszeichnung die erforderliche 5° Neigung der Fensterbank abgebildet. In der ÖNORM B 6400:2011 „Außen-Wärmedämmverbund-Systeme – Planung“ und in der ÖNORM B 6410:2011 „Außen-Wärmedämmverbund-Systeme – Verarbeitung“ sowie in der ÖNORM B 3346:2012 „Putzmörtel – Regeln für die Verwendung und Verarbeitung“ wird das Entkoppeln von angrenzenden Bauteilen, wie zum Beispiel einer Fensterbank, vom Wärmedämmverbundsystem gefordert, d.h. jegliche Bewegungen der Fensterbank (thermisch bedingt, durch Wind-/Soglasten) dürfen nicht in das Fassadensystem abgeleitet werden.

Seit März 2012 gibt es in Österreich die „Richtlinie für den Einbau von Fensterbänken bei WDVS- und Putzfassaden“, erarbeitet von der 12-köpfigen Arbeitsgemeinschaft Fensterbank (info@arge-fensterbank.at). Ziel der Richtlinie ist es, das Bewusstsein aller an dieser Schnittstelle beteiligten Gewerke zu wecken und Lösungsansätze für Planer, Ausschreibende und Ausführende aufzuzeigen, wobei die angeführten Empfehlungen als Hilfestellungen für den Fensterbankeinbau dienen.

In Deutschland gibt es seit Dezember 2011 die „Empfehlungen für den Einbau/Ersatz von Metall-Fensterbänken (WDVS-Fassaden)“, herausgegeben durch die Gütegemeinschaft Wärmedämmung von Fassaden e.V.

Häufige Schwachstellen bzw. Mängel beim Fensterbankeinbau

Im Abschlussbericht 2012 des Instituts für Bauforschung e.V. „Bauqualität beim Neubau von Ein- und Zweifamilienhäusern“ wurden bei 100 dokumentierten Häusern 243 Mängel im Bereich Gebäudeabdichtung/ Perimeterdämmung festgestellt, wobei 60 davon alleine das Fenster und die Tür betrafen (siehe Abbildung 1). Typische Mängel waren dabei mangelhafte Anschlüsse der Außenfensterbänke, mangelhafte Eckausbildung, ohne Gefälle und fehlende, beschädigte oder falsch eingebaute Dichtbänder.

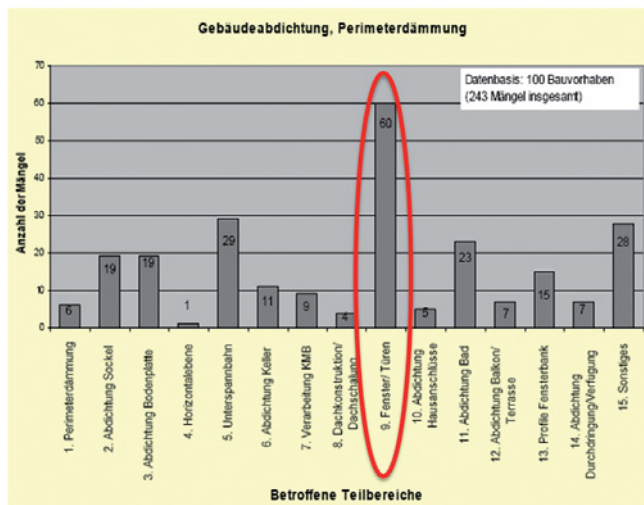


Abb. 1: Mängel innerhalb des Bereichs Gebäudeabdichtung/ Perimeterdämmung (Quelle: Abschlussbericht 2012 des Instituts für Bauforschung e.V. „Bauqualität beim Neubau von Ein- und Zweifamilienhäusern“ Stand 2011/2012)

Aufgrund von Fensterbankanschluss-Untersuchungen, die im Zuge des Forschungsprojektes „Architektur versus Technik – Sockel- und Fensteranschluss“ an der Holzforschung Austria (HFA) im Jahr 2006 durchgeführt wurden und auch aufgrund unserer Gutachtertätigkeit können als Ergebnis zusammengefasst folgende Wassereintrittsstellen im Fensterbankbereich definiert werden:

Putzabrissfugen:

Aufgrund der Längenausdehnung von Fensterbänken kommt es im Anschlussbereich des WDVS immer wieder zu mehr oder weniger massiven Putzabrissfugen. Insbesondere der seitliche Anschluss der Fensterbankanschlüsse zum Putz stellt eine große Herausforderung dar. Die meisten eingesetzten Endabschlüsse sind nicht dazu geeignet, die temperaturbedingten Längenausdehnungen der Fensterbank aufzunehmen, sodass sich diese irreversibel in das Putzsystem eindrücken bzw. Putzabrisse verursachen (siehe Abbildung 2). Auch im oberen Anschlussbereich der Endabschlüsse kommt es zu entsprechenden Bewegungen und einem Auftreten von Scherkräften.



Abb. 2: Putzabrissfugen im Bereich des Anschlusses Fensterbank/ WDVS

Verarbeitungsfehler beim Einbau von vorkomprimierten Dichtbändern:

Oft sieht man mangelhaft verlegte Dichtbänder rund um den Fensterbankanschluss (siehe Abbildung 3). Vorkomprimierte Dichtbänder erfüllen die Anforderungen hinsichtlich ihrer Schlagregendichtigkeit nur, wenn diese ordnungsgemäß eingebaut werden – mit ausreichender Auflagefläche und Komprimierungsgrad.



Abb. 3: nicht ordnungsgemäß eingebautes Fugendichtband im Anschluss Laibungs-EPS zu Fensterrahmen und Fensterbankendprofil. Der Komprimierungsgrad ist zu gering.

„Gewerkeloch“/ Fensterrahmennuten und Vorsatzschalennuten

Als Gewerkeloch ist die meist offene Schnittstelle im Eckbereich zwischen Fenster, Fensterbank, Sonnenschutzführungsschiene und Fassadenlaibung definiert (siehe Abbildung 4). In der Regel ist dieses Loch offen und stellt eine enorme Wassereintrittspforte dar.

Des Weiteren sind auch die Fensterrahmennuten und Vorsatzschalennuten zu beachten, die links und

rechts über die Fensterbankendprofile hinauslaufen und bei denen bei Schlagregen das Wasser auch dahinter läuft.



Abb. 4: Wassereintrittsstelle im Bereich des Gewerkeloches

Undichte Ausführungen der Fensterbankecke

Ein großes Problem hinsichtlich der Schlagregendichtheit stellt die Fensterbankecke bei aufgesteckten Endprofilen dar.

Entwässerung von Fenster-Vorsatzschalen

Bei Fenstern, vor allem mit Alu-Vorsatzschalen, zeigte sich, dass solche Konstruktionen aufgrund der Überdämmung der Schalen auch teilweise in den seitlichen Anschluss, d.h. hinter die Laibung und hinter die Fensterbank entwässern (siehe Abbildung 5).

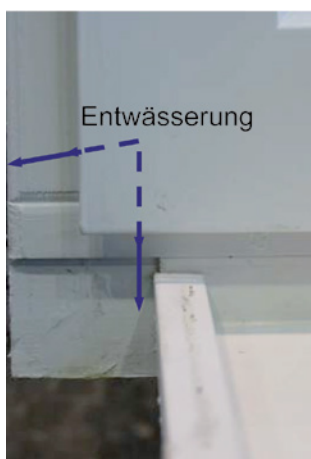


Abb. 5: Entwässerung (seitlich und nach unten) der Vorsatzschale bei einem Holz-Alu-Fenster; gezeigt mit Endprofil, auf dem in der weiteren Folge die Laibungsplatte sitzt.

Ergebnisse – Lösungsansätze

Allgemeines

In erster Linie muss das allgemeine Bewusstsein für diese nicht triviale Bauaufgabe bei allen am Fensterbankeindebau-Beteiligten geschaffen werden und die Ausführenden müssen über alle möglichen Wassereintrittsstellen Kenntnis haben.

Des Weiteren muss die Bereitschaft einer gewerke-

übergreifenden Zusammenarbeit gestärkt werden und die jeweiligen Zuständigkeiten während des Bauablaufs müssen vorab in der Planung definiert werden.

Verminderung der Wassereintrittsstellen

- Um den Wassereintritt bei **Putzabrissfugen** zu minimieren, ist die Verwendung von vorkomprimierten Dichtbändern oder Anputzdichtprofilen in den Anschlussbereichen obligatorisch. Fensterbänke, die die Bewegungen z.B. mittels Gleitanschlüssen in sich aufnehmen können, sind zu bevorzugen. Fix am Fenster oder an der Wandkonstruktion montierte Endprofile, in die die Fensterbank zum Bewegungsausgleich mit entsprechenden Randabständen eingelegt wird, stellen eine weitere gute Verbesserungsmöglichkeit dar (siehe Abbildung 6).



Abb. 6: Am Fenster montierter Rillengleit-Anschluss. Die Fensterbank wird in weiterer Folge eingelegt und befestigt.

- Die **Fensterrahmennuten und Vorsatzschalennuten** sind an beiden unteren Enden zu schließen (am besten mit Dichtstoff). Sind diese nicht schon konstruktiv oder vorgefertigt durch den Fensterhersteller geschlossen, liegt diese Maßnahme in der Verantwortung des Fenstereinsbauers vor Ort.
- Abdichten des **Gewerkeloches** fällt in der Regel in den Verantwortungsbereich des Fassadenherstellers (Achtung bei Sonnenschutzschienen!).
- Schließen der **Fensterbankecke** durch Verwendung von so genannten „Fensterbankpflaster“ bzw. durch Verwendung von verschweißten oder verklebten Fensterbanksystemen.
- **Ausführungen mit Halbschalen** (Vorsatzschalen schmaler als der Rahmen), die nicht eingeputz

werden und somit von der Fassade entkoppelt sind, sind zu empfehlen, da so etwaige Entwässerungen der Vorsatzschalen neben bzw. hinter die Fensterbank auszuschließen sind.

Einbau einer zweiten wasserführenden Ebene (2. Dichtebene)

Ein gesicherter dichter Fensterbankanschluss ist schwierig herzustellen. Da die Wassermengen, die in die Konstruktion eindringen, erheblich sein können, ist generell das Anbringen einer 2. Dichtebene unter der Fensterbank zu empfehlen.

Ist jedoch aufgrund der Einbausituation und/ oder aufgrund der gewählten Fensterbank (nicht in sich dicht geschlossenes System wie z. B. nicht geschweißte oder werkseitig abgedichtete Fensterbank oder bei nicht wannenförmigen Fensterbänken wie z. B. Steinfensterbänke) kein schlagregendichter Einbau der Fensterbank (= erste Dichtebene) sicherzustellen, ist eine darunter liegende **zweite Dichtebene zwingend erforderlich**. Diese muss das eindringende Wasser aufnehmen und kontrolliert nach vorne/ außen ableiten können.

Die zweite Dichtebene kann hergestellt werden mithilfe von:

- fertig beschichtetem Parapet (z. B. mit Dichtschlämme, Oberputz) (siehe Abbildung 7).
- wannenförmig eingebrachter Folie, die entweder sauber an den Fensterstock angeschlossen oder zum Fensterstock hin abgedichtet und mindestens sechs Zentimeter seitlich hochgezogen wird oder Flüssigkeitsabdichtungen (siehe Abbildung 8).



Abb. 7: 2. Dichtebene ausgeführt mit Dichtschlämme auf bereits 5° nach außen geneigtem Parapet (mittels Dämmkeil)



Abb. 8: 2. Dichtebene ausgeführt mit wannenförmig geklebten Folien

Fazit

Ein dichter und dicht bleibender Fensterbankeinbau ist keine leichte Bauaufgabe, dennoch ist es möglich, mit den aufgezeigten Lösungsvarianten einen ausreichend dichten Anschluss zu erstellen. Wichtig sind dabei die Gesamtplanung, das vorhergehend besprochene Wissen und die fachgerechte Ausführung(smöglichkeit). Eine Vielzahl an neuen Fensterbanksystemen wird auf den Markt gebracht, dabei sind die angebotenen Lösungen in der Praxis oft nicht umsetzbar. Sie gelten in der Regel als sicher, aber der Einbau ist zu kompliziert. Es sind sichere und einfache Lösungen gefragt. Einfach vor allem für jene, die die Fensterbank dann auf der Baustelle versetzen müssen. Dies sind Handwerker und keine Modellbauer!



Dipl. Ing. Sylvia Polleres

Holzforschung Austria HFA
Franz-Grill-Str. 7
A-1030 Wien

Tel: +43-(1)798-2623-67
E-Mail: s.polleres@holzforschung.at

Nachschwinden von EPS

Michael Hladik

Anforderungen an Untergrund (Putzgrund, Beschichtungsgrund), wie z. B. trocken, sauber, fest, sind Eigenschaften, die für jeden Bauschaffenden logisch und daher nicht zu diskutieren sind. Ebenfalls eine wesentliche Forderung ist ein formstabiler Untergrund. Bei Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) bzw. bei verputzten Außenwärmedämmungen (VAWD)¹ ist der Putzgrund für den bewehrten Unterputz (Armierungsschicht) zum überwiegenden Teil eine Schaumstoff-Dämmplatte - extrudiertes Polystyrol (EPS). Dessen Materialeigenschaften, thermische und auch herstellungsbezogene Einflüsse führen immer wieder zu Formveränderungen der Dämmplatten im eingebauten Zustand. Sie schwinden. Die Folgen sind insbesondere bei der Ausführung von Dünnschichtputzsystemen Plattenabzeichnungen und nachfolgende Risse in der Deckschicht.

¹ VAWD ist die Schweizerische Bezeichnung für die in D, A und ITA verwendete Bezeichnung WDVS (Wärmedämmverbundsystem). Verputzte Außenwanddämmung ist jedenfalls ein besser verständlicher Begriff.

Nachschwinden von EPS

Einleitung

Es besteht kein Zweifel, dass im zentraleuropäischen Bauraum eine Überzahl von WDVS-/VAWD-Fassaden mangelfrei vorzufinden ist. Es besteht aber auch kein Zweifel, dass es zahlreiche WDVS-/VAWD-Objekte mit mehr oder weniger großen Problemen gibt. Eine Spezies dieser Mängel sind Plattenabzeichnungen, die ins Auge fallen. Mit den Erkenntnissen aus einer jahrzehntelangen Baupraxis und hauptberuflichen Gutachtertätigkeit in mehreren Ländern Europas, will der Autor mit diesem Beitrag Bauschaffenden Geist- und Handwerkern aufzeigen, ob und wie man diese Art von Mängeln und Schäden vermeiden kann. Gutachtern möge der Beitrag bei ihrer verantwortungsvollen Tätigkeit auch Unterstützung für Befundung sein. Aus den Erfahrungen anderer zum eigenen Nutzen zu lernen, ist nicht nur der bessere, sondern auch der billigere Weg.

Grundsätzliches

Ein WDVS ist eine Zusammenfügung verschiedenster, meist unterschiedlichster Stoffe und Materialien mit ebenso unterschiedlichen Materialeigenschaften. Vertiefte Kenntnisse der Materialproduktion, der Materialeigenschaften und auch der Verarbeitungsdetails sind erforderlich, um bei der Beurteilung die richtigen Schlüsse aus dem Befunderkenntnis ziehen zu können.

Herstellung von EPS-Dämmplatten

Die Herstellung von EPS-Dämmstoffen durchläuft grundsätzlich drei Produktionsstufen: das Vorschäumen, die Zwischenlagerung und das Ausschäumen. Zuerst wird der aus Erdöl gewonnene Rohstoff – ein treibmittelhaltiges, perlenförmiges, hartes Granulat mit ca. 0,2 bis 3,0 mm Durchmesser – mit Wasserdampf, in so genannten Vorschäumen bei Temperaturen um ca. 100 °C vorgeschäumt. Dabei blähen sich die Perlen infolge des verdampfenden Treibmittels Pentan und infolge des eingedringenen Wasserdampfes um den Faktor 20 bis 60 ihres ursprünglichen Volumens auf. Sie expandieren. Bildhaft könnte man den Vorgang mit der Herstellung

von Popcorn vergleichen. Anschließend werden die vorgeschäumten Perlen einige Zeit in belüfteten Silos zwischengelagert.

Die vorgeschäumten und zwischengelagerten Schaumstoffperlen werden dann in Blockformen (für WDVS-Platten meist ca. $>1\text{ m} \times >1\text{ m} \times 5\text{ m}$) eingefüllt und erneut gesättigtem Wasserdampf ausgesetzt. Das Treibmittel verdampft, die Perlen schäumen weiter auf, werden plastisch und leicht klebrig und verbinden sich („verschweißen“) durch den von ihnen selbst ausgehenden Druck, sowie aufgrund der hohen Temperatur des Wasserdampfes, zu einem homogenen Schaumstoffblock, aus dem später, nach der für die Stabilisierung erforderlichen Ablagerung, die Dämmplatten in die gewünschten Formate geschnitten werden.

Elastifizierung

Das Elastifizieren ist ein Produktionsschritt, der vorrangig der Schalldämmung dienlich ist, aber auch produktionstechnische Vorteile bringt. Dabei werden die fertig geschäumten Blöcke in großen Pressen, wechselseitig (links und rechts, vorn und hinten), kurz und kräftig mechanisch belastet. Dabei werden die frischen Verschweißungen zwischen den einzelnen EPS-Perlen leicht angerissen. Das erklärt auch die gegenüber nicht elastifizierten Platten verringerten technologischen Werte² Querkzugfestigkeit (–20 %), die geringere Scherfestigkeit (–50 %) und den geringeren Schermodul (–70 %). Die Platten werden „weicher“, Feuchtigkeit und Reste des Treibmittels können leichter und vor allem rascher ausdiffundieren. Womit der produktionstechnische Vorteil des Elastifizierens beschrieben ist.

Automatenplatten

EPS-Platten mit Prägungen (Rillen, Noppen, ...) an der Oberfläche nennt man auch „Automatenplat-

² Quelle: Qualitäts-Richtlinien für Fassaden-Dämmplatten aus EPS-Hartschaum bei Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS), herausgegeben vom IVH, Industrieverband Hartschaum e.V., Heidelberg und vom WDV Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e.V., Baden-Baden, November 2011.

ten“. Bei dieser Produktionsart werden die vorge-schäumten Perlen in Einzelformen eingebracht. Besondere Oberflächenbeschaffenheiten und/oder Kantenformen können damit hergestellt werden. Die im Vergleich zu den großen Blöcken kleinvolumigen Platten sind dann ein fertiges Produkt, das nicht mehr weiter bearbeitet wird.

Ablagerung

So wie viele andere Baustoffe, braucht auch das extrudierte Polystyrol eine Zeitspanne, bis seine endgültigen technologischen Eigenschaften erreicht werden. So wie organisch gebundene Beschichtungsmassen erhärten, mineralische Mörtel und Beton abbinden müssen, braucht auch der Dämmstoff EPS seine Stand- bzw. Ablagerungszeit. In dieser Zeit kann sowohl das restliche Treibmittel wie auch die noch enthaltene Feuchte ausdiffundieren, die Zellwände können sich stabilisieren.

Ablagerungszeit – Kennzeichnung

Früher war in Normen eine Ablagerungszeit von 3 Monaten festgeschrieben. Über lange Zeit hatten EPS-Dämmplatten einen Stirnrandstempel, an dem jene Kalenderwoche abzulesen war, in der die Platten frühestens eingebaut werden sollten. Das hat auch der einfachste Bauarbeiter nicht nur ablesen, sondern auch verstehen können.

Der Wärmedämm-Boom der Gegenwart hat die Nachfrage vor allem nach EPS-Dämmstoffen erhöht. Ob die produktionstechnischen Entwicklungen mit dem rasant steigenden EPS-Dämmplattenbedarf parallel verliefen und nur der Verringerung der Ablagerungszeiten dienten, wissen nur die echten Insider.

Es darf angenommen werden, dass sich die Lager-Grundflächen bei den Herstellern im Lauf der Jahre nicht wesentlich vergrößerten. Beträchtlich verändert hat sich aber die Dämmstoffdicke, womit im Vergleich zu früher das abzulagernde Produktionsvolumen (m³) heute nur mehr einer wesentlich geringeren Dämmplatten-Fläche (m²) entspricht. Aus 1.000 m³ produziertem EPS schnitt man früher ca. 12.500 m² Dämmplatten mit 8 cm Dicke. Die gleiche Kubatur ergibt heute nur mehr ca. 6.250 m² Dämmplatten mit 16 cm Dicke. Somit hat sich eine gleich groß gebliebene Lager-Grundfläche im Verhältnis zu den verarbeitbaren Dämmstoffdicken halbiert.

Um den enorm gestiegenen Bedarf decken zu können, blieb den Herstellern eben nur der Ausweg, die Ablagerungszeiten zu kürzen. Auslieferungen noch innerhalb der ersten Woche nach der Herstellung werden heute ebenso häufig kolportiert, wie seitens der Industrie heftig widersprochen. Fakt ist, dass die 3-monatige Lagerungszeit aus den Regulativen „hinausgenormt“ wurde, der Stirnrandstempel mit dem Ablaufdatum der Lagerungszeit verschwunden und nun zu lesen ist, dass es den Plattenproduzenten obliegt, mit welchen produktionstechnischen Mitteln sie eine geringe irreversible Längenänderung erreichen.

Hersteller-Informationen EPS

BASF, der führende Hersteller des Polystyrol-Granulats, liefert das griesähnliche Rohmaterial an unzählige Schäumbetriebe in zahlreichen Ländern, wo dann der eingangs beschriebene, eigentliche Herstellungsprozess stattfindet. BASF stellt den Verarbeitungsbetrieben ein Handbuch von über 300 Seiten Umfang zur Verfügung, in welchem wichtige Hinweise zur Produktion von expandiertem Polystyrol gegeben werden.

Dass die Schwindung keine gelegentlich vorkommende Erscheinung ist, beweist, dass die Wortsilbe „schwind“ in diesem Handbuch 138 mal in 27 verschiedenen Wortkombinationen vorkommt, davon 33 mal im Wort „Nachschwindung“ und 22 mal als Hauptwort „Schwindung“, 26 mal auch in anschaulichen Diagrammen und Tabellen.

Es wird in diesem sehr ausführlichen Handbuch gleichermaßen beschrieben, was die Ursache des Nachschwindens von EPS-Produkten ist und mit welchen produktionstechnischen Maßnahmen dieses reduziert bis verhindert werden kann.

Textauszug aus den „Technischen Informationen Styropor“ der BASF, Ausgabe 2001, Seite 101.4 von 377:

Maßänderung durch Nachschwinden

Als Nachschwinden bezeichnet man die Kontraktion des Schaumstoffs, der mehr als 24 Stunden alt ist, d. h. nachdem die unmittelbar nach der Herstellung ablaufende Längenänderung („Schwindung“), die zum Teil auf Abkühlung zurückzuführen ist, abgeschlossen ist. Die Kontraktion verläuft am Anfang relativ schnell, klingt dann mehr und mehr ab und nähert sich einem Grenzwert, so dass das Nachschwinden dann keine zusätzlichen konstruktiven Maßnahmen mehr erfordert. Je nach den Verarbeitungsbedingungen und der Schaumstofffrohdichte liegt die Nachschwindung von Schaumstoffplatten aus Styropor zwischen 0,3% und 0,5%.

Ein beträchtlicher Teil der Nachschwindung wird durch Ablagern der Schaumstoffplatten im Herstellerbetrieb vorweggenommen. Abb. 3 zeigt den Verlauf der Restnachschwindung 14 Tage nach der Herstellung. Der Endwert wird nach etwa 150 Tagen erreicht und liegt zwischen 1,5 und 2 mm/m (0,15 % und 0,2 %). Diese Maßänderung kann bei fast allen Bauanwendungen toleriert werden. Sie ist im Gegensatz zur thermisch bedingten Maßänderung irreversibel. Wird in Sonderfällen ein geringeres Maß der Nachschwindung gewünscht, so müssen die Platten vor dem Gebrauch entsprechend abgelagert werden.

Die in diesem Text erwähnte Abbildung 3 ist ein Diagramm, das eindrücklich zeigt, warum Ablagerung notwendig ist. (Abbildung 1)

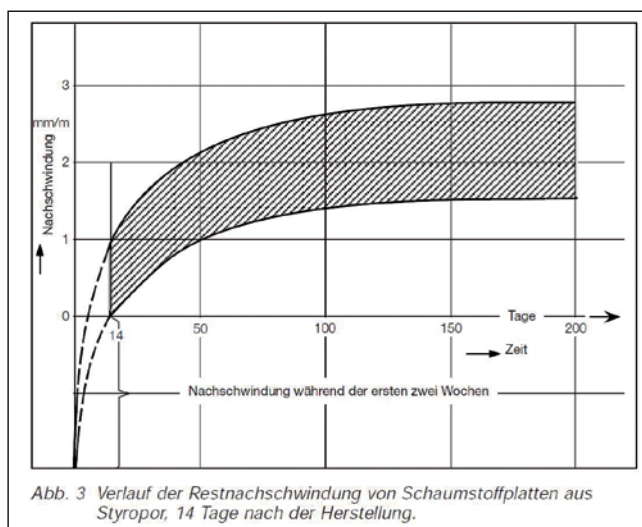


Abb. 1: Schwinddiagramm

Wenn auch das Diagramm vor allem auf die ersten 14 Tage hinweist, so ist doch der darin ebenfalls gezeigte Verlauf der Nachschwindung über einen längeren Zeitraum bemerkenswert. Die früher geforderten 3 Monate Ablagerung sind grob 100 Tage. An diesem Punkt des Diagramms weist die Schwindkurve bereits einen relativ flachen Verlauf auf, nach 150 Tagen wird's dann schon fast ideal.

Nicht nur die normative Ablagerungszeit und der Stirnrandstempel, sondern auch dieses Diagramm ist weg, ist Vergangenheit. In der jüngeren Ausgabe „Dämmen und Verpacken mit starken Marken – Produkte – Verarbeitung – Anwendungen“, Ausgabe März 2006, findet sich dieses Diagramm nicht mehr.

Für die Nachschwindung gibt es in den Regulativen weder Angaben für den Zeitraum, in welchem diese auftreten darf, noch Angaben, ob diese im nicht eingebauten oder im eingebauten Zustand auftreten darf.

Industriehinweise zu EPS-F 035 Dämmplatten

Als vor einigen Jahren die ganz oder teilweise grau eingefärbten „Superdämmplatten“ auf den Markt kamen und der Autor in Vorträgen aufgrund eindeutiger Baustellenerkenntnisse auf die thermische Empfindlichkeit hinwies, wurde er von der Industrie heftigst kritisiert. Zwischenzeitlich hat man erkannt, dass es Tatsache ist, dass die dunklen Dämmplatten vor thermischen Einflüssen geschützt werden müssen. Man hat produktionstechnisch entweder weiße EPS-Schutzlagen auf der außenseitigen Oberfläche angebracht oder schützt die Platten mit weißen Beschichtungen.

Dennoch wird in den technischen Unterlagen auch von den Verarbeitern besonderes Augenmerk eingefordert.

Originaltexte aus Technischen Merkblättern von einigen Herstellern, gelesen im August 2013:

„Dämmplatten unbedingt im Schatten lagern und für eine geeignete Beschattung der Dämmplatten bis zur vollständigen Erhärtung des Klebers sorgen ...“

„...vor Feuchtigkeit und UV-Einwirkung (Sonne, Licht) schützen)...“

„... Die grau eingefärbten EPS-F 035 Fassadendämmplatten können sich aufgrund ihres Farbtons bei anhaltender Sonneneinstrahlung aufheizen. Bei einseitiger Besonnung kann das zu Verformungen führen. Um Störungen bei der Anfangshaftung und ein Öffnen der Fugen bei nächtlicher Abkühlung zu vermeiden, sollten folgende Maßnahmen beachtet werden:

- Dämmstoff möglichst im Schatten lagern
- Nur an beschatteten Fassadenseiten verlegen
- Mit Gerüstschutznetzen vor direkter Sonneneinstrahlung schützen. ...“

Auch Entspannungsschnitte auf der Außenseite der eingefärbten Dämmplatten sollen das Problem der thermischen Verformung hintanhaltend. Erst langfristig wird sich die Wirksamkeit dieser Maßnahmen zeigen.

Warnungen

Dass das immer schnellere Produzieren und das damit einhergehende kürzere Ablagern, aber auch besondere Produktarten zu Problemen am fertigen WDVS/VAWD führen können, ist hinlänglich bekannt. Interessensgemeinschaften geben ihren Mitgliedern sogar diesbezüglich warnenden Hinweis. So berichtet die Wiener Güteschutzgemeinschaft Wärmedämmverbundsystem-Fachbetrieb auf ihrer Website u. a.:

Hinweis betreffend Maßgenauigkeit von Fassadendämmplatten

Im Arbeitskreis Technik erläutert ...NN... das Thema Maßgenauigkeit von Fassadendämmplatten.

Speziell bei „schwarzen“ Dämmplatten gibt es in letzter Zeit immer wieder Probleme mit der Maßhaltigkeit.

Die Stabilitätsproblematik von EPS – Dämmplatten wird durch die Abänderung von diesbezüglichen Ö-Normen insofern verstärkt, da keine Ablagerungszeiten seitens der herstellenden Industrie mehr eingehalten werden müssen.

Damit kann es zu vermehrtem Schwinden der Dämmplatten kommen. Dies ist in Abhängigkeit der Stärke und der Farbe von den Dämmplatten mehr oder weniger stark vorhanden.

Dem Verarbeiter kann nur angeraten werden von der herstellenden Industrie die Lieferanforderung zu stellen, dass entsprechend abgelagertes Material geliefert wird, welches ein Schwindverhalten in der Toleranz aufweist, so dass beim WDVS keine Schäden aus diesem Titel entstehen.

Bauschadensberichte

Bauschadensberichte werden nicht nur in unterschiedlicher Betrachtungsweise erstellt, sondern lassen auch die Vermutung zu, dass es dabei auch um Wahrung von bestimmten Interessen geht, z.B. indem man derartige Berichte verhindert bzw. verhindern lässt. Der Deutsche Bundestag hat jedenfalls den Antrag auf die Erarbeitung eines vierten Bauschadensberichtes abgelehnt. Dies auf Empfehlung des Ausschusses für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau vom 17.06.1998.

Anders in Österreich, wo der Bauschadensbericht nicht in parlamentarischem, also politischem Auftrag, sondern von zwei Institutionen, nämlich von der Bundesinnung Baugewerbe und vom Institut für Bauschadensforschung ausgearbeitet wird. Der 4. Österreichische Bauschadensbericht aus Mai 2011 geht im Teil 1, WDVS-Fassaden, ins Detail und berichtet darin ebenfalls von

„... klaffenden Fugen der Dämmplatten bedingt durch Schwinden der EPS-Platten ...“

und stellt des Weiteren fest

„Durch das Schwinden der Dämmplatten wird die Deckschicht zwischen den Plattenrändern durch Zugkräfte belastet.“

Ein Schweizer Pendant zu den Bauschadensberichten ist dem Autor nicht bekannt, wohl aber, dass sich die EMPA³ schon Ende der 1990er Jahre forschungs-

³ EMPA – Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Dübendorf/Zürich

mäßig mit WDVS / VAWD befasste und deren Ergebnisse auch entsprechend publizierte. Wenn auch Schweizer Literatur direkt zur Thematik der EPS-Nachschwindungen nicht bekannt ist, so wird der nachfolgend zitierte Hinweis in der Schweizerischen Norm nicht nur auf entsprechende Praxis-Erfahrungen, sondern auch auf Laborergebnisse begründet sein.

SIA Norm 243 – Verputzte Aussenwärmedämmung

Abschnitt 2, Projektierung, Pkt. 2.1.1:

Bei der Projektierung einer verputzten Aussenwärmedämmung ist ein auf die Eigenschaften und die Nutzung des Bauwerks abgestimmtes System zu wählen. Ästhetische Kriterien sind, sofern nichts anderes vereinbart, den technischen Anforderungen unterzuordnen. Zu beachten sind: ...

Bei expandierten Polystyrolplatten (EPS) ≥ 160 mm tritt ein größeres Verformungsverhalten an der Fassade auf. Dieses Verhalten ist bei der Wahl der Wärmedämmung zu beachten. ...

Normen und Zulassungen

Jeder Bauherr aber auch eine Überzahl Bauschaffender ist der Meinung, dass Normen und Regulative jeglicher Art ausnahmslos die Qualität und Dauerhaftigkeit zum Ziel haben, sind überzeugt, dass bauaufsichtliche Zulassungen kein Problem mehr erwarten lassen. Auch diesen Grundlagen muss man in kritischer Distanz begegnen.

Sachverständige sollten ihrer Berufsbezeichnung Rechnung tragen und nicht bloß als „Normenzitierender“ in Erscheinung treten, sondern kritisch, objektiv und neutral, vor allem aber mit Sachverstand die Dinge befunden und beurteilen. Sachverständige sollen aber auch den Mut haben (dürfen), ihre Fachmeinung darzulegen.

Stets Normenkonformität einfordernden Juristen sei gleichermaßen wie zu papiergläubigen Bauschaffenden ein 26 Jahre altes Gerichtserkenntnis, das so genannte „Meersburg-Urteil“ in Erinnerung gerufen:

„Meersburg-Urteil“

Bundesverwaltungsgericht (Deutschland)

Aktenzeichen 4 C 33-35/83

Urteil vom 22.5.1987

... „Abgesehen davon darf der Erkenntniswert von DIN-Normen nicht überbewertet werden. Technische Regelwerke des Deutschen Instituts für Normung e. V. dienen in erster Linie

einer Standardisierung von Produkten im Interesse ihrer Einheitlichkeit, Vergleichbarkeit, Austauschbarkeit.

Darüber hinaus kommt ihnen praktische Bedeutung für die Vereinheitlichung behördlicher Anforderungen an Qualität und Sicherheit von Materialien, Bauwerken u. dgl. im Interesse der Gleichbehandlung und Verfahrensvereinfachung zu.

Die Normenausschüsse des Deutschen Instituts für Normung sind so zusammengesetzt, dass ihnen der für ihre Aufgabe benötigte Sachverstand zu Gebote steht. Daneben gehören ihnen aber auch Vertreter bestimmter Branchen und Unternehmer an, die deren Interessenstandpunkte einbringen.

Die Ergebnisse ihrer Beratungen dürfen deswegen im Streitfall nicht unkritisch als 'gewonnener Sachverstand' oder als reine Forschungsergebnisse verstanden werden.

Zwar kann den DIN-Normen einerseits Sachverstand und Verantwortlichkeit für das allgemeine Wohl nicht abgesprochen werden. Andererseits darf aber nicht verkannt werden, dass es sich dabei zumindest auch um Vereinbarungen interessierter Kreise handelt, die eine bestimmte Einflussnahme auf das Marktgeschehen bezwecken.

Den Anforderungen, die etwa an die Neutralität und Unvoreingenommenheit gerichtlicher Sachverständiger zu stellen sind, genügen sie deswegen nicht." ...

Fundstelle

NJW Neue Juristische Wochenschrift

Jahrgang 1987, Heft 45, Seite 2888.

Die in der Zwischenzeit entstandenen Normenberge nationaler und internationaler Prägung lassen selbst Experten verzweifeln und damit der o.a. Erkenntnis noch mehr Bedeutung beimessen.

Jeder Planer, jeder Praktiker und jeder Gutachter wird nicht nur ein Beispiel nennen können, wo er bei der Lektüre von Regulativen auf unverständliche Forderungen bzw. Formulierungen gestoßen ist.

Dass auch Zulassungen keine Garantiesiegel sind hat Dr. Helmut Künzel⁴ in einem Aufsatz in DER BAUSACHVERSTÄNDIGE, 05.2007 eindrucksvoll dargestellt und zusammenfassend erkannt:

„... Aufgrund der geschilderten Verhältnisse sind Architekt, Fachunternehmer und Bauherr gut beraten, wenn sie sich bei den WDV-Systemen nicht allein auf Zulassungen, sondern auch auf praktische Erfahrungen stützen..."

4 Dr. Helmut KÜNZEL, vormaliger, langjähriger Leiter der Freilandversuchsstelle Holzkirchen (Valley, Bayern) des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, Stuttgart

Erkennbarkeit von nachgeschwundenen EPS-Dämmplatten

Allem voran gilt:

Nicht jede unregelmäßig, uneben oder nur bei flacher Sonneneinstrahlung rumplige aussehende WDVS-Oberfläche hat nachgeschwundenen Dämmstoff als Ursache. Es sind sehr präzise Befundungen erforderlich.

Verformt sich ein klassischer Putzgrund (Ziegel, Beton, ...), so kommt es i.d.R. zu Rissen in der darüber befindlichen Beschichtung (Putz). Kommt es bei WDVS/VAWD z.B. durch Nachschwinden im eingebauten Zustand zu Verformungen der Dämmplatten, dann bleibt die Deckschicht im Bereich der fugenlosen Plattenoberfläche durch den flächigen Haftverbund davon meist unberührt. Öffnen sich die Plattenfugen wird die Deckschicht über dieser Fuge zur „Hängebrücke“. Nur entlang der Fugen kommt es zu Belastungen und entstehen auch nur hier die ersten erkennbaren Merkmale.

Es ist ein Naturgesetz, dass Schwindkräfte immer zum Flächenmittelpunkt hin wirken; schwindet ein Körper, so zieht er sich immer zum Körpermittelpunkt hin zusammen. (Abbildung 2)

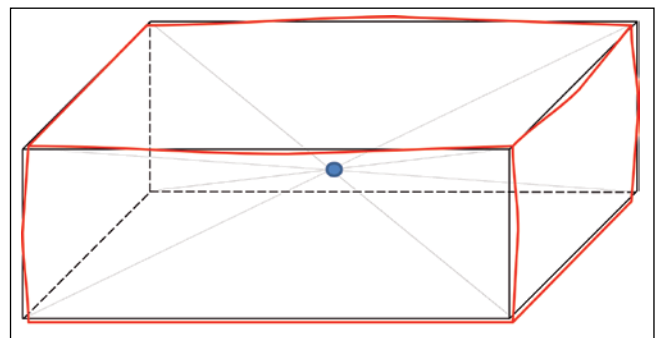


Abb. 2: Schwindverformungen eines kubischen Körpers

Die Kanten der sich nebeneinander berührenden Dämmplatten wollen diesem Naturgesetz folgen und sich zum Körpermittelpunkt hin bewegen. Im Untergrund wird die Dämmplatte von der Verklebung am Putzgrund flächig gehalten, an der Vorderseite erzeugt die Armierungsschicht (bewehrter Unterputz) eine flächig wirkende Rückhaltekraft.

Erwärmungen und Abkühlungen verursachen in Dämmplatten auch reversible Verformungen. Es kommt dann zu wechselnden Zug- und Druckspannungen.

Bei Dünnschichtsystemen kann dieses „Gezerre“ genau im Bereich der Plattenfugen sehr rasch zu erkennbaren Abzeichnungen führen.

Weil sich nachschwindende EPS-Dämmplatten dreidimensional, also in der Länge, in der Breite und auch in der Dicke verändern, ziehen sich vor allem die Außenecken der Platten und dann auch die Plattenlängskanten ein und zeichnen sich mit zunehmender Ausprägung ab. (Abbildung 3) Das ist auch abhängig von der Qualität und Dicke der Armierungsschicht. Nicht immer ist der so genannte „Polster- oder Kisseneffekt“ auf mangelhafte Verklebung zurückzuführen.



Abb. 3: Schwindverformungen als Kisseneffekt

Befundmethodik

Ein Sachverständiger hat Fakten zu erheben, zu befunden und gutachtlich zu beurteilen. Welcher Mittel er sich dabei bedient, bleibt ihm überlassen. Bei aufgetretenen Mängeln in der Deckschicht eines Wärmedämmverbundsystems ist es nicht immer leicht, zielführende Befundmethoden einzusetzen, weil es zu viele Parameter gibt, die auf die Deckschicht Einfluss nehmen können.

Dass die Qualität einer Putzoberfläche nicht im Streiflicht beurteilt werden darf, ist deswegen logisch, weil es sich schließlich um eine rein handwerkliche Bauleistung handelt. Streiflicht kann aber ein Hilfsmittel für den Sachverständigen sein, die Ursachen für augenfällige Oberflächenunregelmäßigkeiten zu erheben.

Fällt Sonnenlicht seitlich auf eine fertige Putzfläche, zeichnen sich Oberflächenabweichungen (Erhebungen, Vertiefungen) ab. (Abbildung 4, 5, 6) Wenn das aufgenommene Foto (Abbildung 7a) im s/w-Modus gesehen und mit variierenden Hell-Dunkel- und Kontrast-Einstellungen verändert wird, werden solche Unregelmäßigkeiten besonders deutlich erkennbar (Abbildung 7b). Unregelmäßigkeiten, die mit freiem Auge im Schlag- oder Streulicht kaum erkennbar wären, treten dann hervor. Nur bei langjähriger Erfahrung und oftmaliger Anwendung kann man solchen Bildern Merkmale entnehmen, die ein bestimmtes Geschehen im Schichtenaufbau vermuten lassen. So zeichnen sich Gewebabahnen-Überlappungen insbesondere dann sehr deutlich ab, wenn die Armierungsschicht (Unterputz) zu dünn ausgeführt wurde. (Abbildung 8)



Abb. 4: Streiflichtdiagnose



Abb. 5: Streiflichtdiagnose



Abb. 6: Streiflichtdiagnose



Abb. 7a: Normalansicht

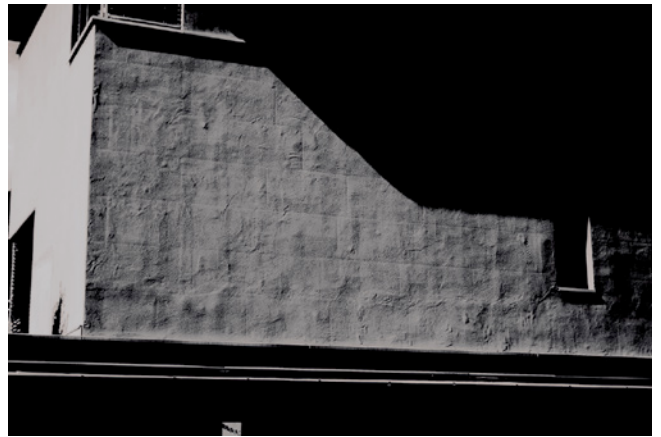


Abb. 7b: Ansicht im SW-Modus



Abb. 8: Abzeichnung der Gewebefugen

Zeichnen sich die Stoß- und Lagerfugen von EPS-Dämmplatten ab, kann dies Hinweise auf eine nicht geeignete Deckschicht geben, treten zugleich Systembestandteile deutlich hervor, die sich definitiv nicht formverändern, wie z. B. Dübelpunkte und lässt

sich ein Einfallen der WDVS-Oberfläche entlang von Metallkanten oder Dehnfugen erkennen, kann mit schon relativ großer Wahrscheinlichkeit auf ein unzulässiges Nachschwinden des Dämmstoffs im eingebauten Zustand geschlossen werden. (Abbildung 9)



Abb. 9: Nachschwinden des Dämmstoffs

Besonders deutlich machen sich schwindende Dämmstoffplatten an den Verzahnungen von Gebäudeecken bemerkbar. Das gilt auch im Sockelbereich. (Abbildung 10)



Abb. 10: Schwindverformung im Eckbereich

Der definitive Nachweis von nachgeschwundenen EPS-Platten kann jedoch erst nach einer entsprechenden Sondierung erbracht werden.

Für eine endgültige Entscheidung, eine großflächige Sondierung der Dämmschicht vorzunehmen, müssen jedenfalls vorher mehrere Befundungen in unterschiedlich einfallendem Streiflicht (morgens, abends) vorgenommen werden.

Vor einer großflächigen Sondierung der Dämmschicht ist jedenfalls die Zustimmung aller Beteiligten und auch die verbindliche Abklärung der Aufwendungen für den Wiederverschluss der Sondieröffnung erforderlich.

Die Sondierung

Ziel der Sondierung ist es, möglichst mehrere Lager- und Stoßfugen von der Rückhaltekraft der Deckschicht zu befreien und damit den Plattenrändern die Möglichkeit zu geben, sich dorthin zu stellen, wo sie aufgrund der zwischenzeitlich eingetretenen Schwindung des Dämmstoffs stehen sollten. Eine Öffnung im Ausmaß von ca. 2×2 m hat sich dafür bewährt. (Abbildung 11)



Abb. 11: großflächige Sondierung

Nun darf die Deckschicht nicht in einem Stück abgetragen werden, weil sonst eine Vermessung der Fugenbreiten zwischen den Dämmplatten nicht qualifiziert vorgenommen werden kann. Am besten schneidet man ca. 33 cm breite Streifen und zieht diese vorsichtig und langsam von der Dämmschicht weg. (Abbildung 12)



Abb. 12: streifenweise abgenommene Deckschicht

Sofort nach Freiwerden einer Plattenfuge (Stoß- oder Lagerfuge) wird mit einem Filzstift die Messstelle markiert, mit einem Rissbreitenmesser die Fugenbreite gemessen und der Messwert neben der Markierung auf den Dämmstoff angeschrieben. (Abbildung 13)



Abb. 13: Erstmessung der freigelegten Fugen

War bereits bei der Errichtung des WDVS eine klaffende Fuge vorhanden, so kann diese Spachtelmasse (Unterputz) oder auch Ausschäumungen enthalten. Das ist ebenfalls als Maß festzuhalten. (Abbildung 14)

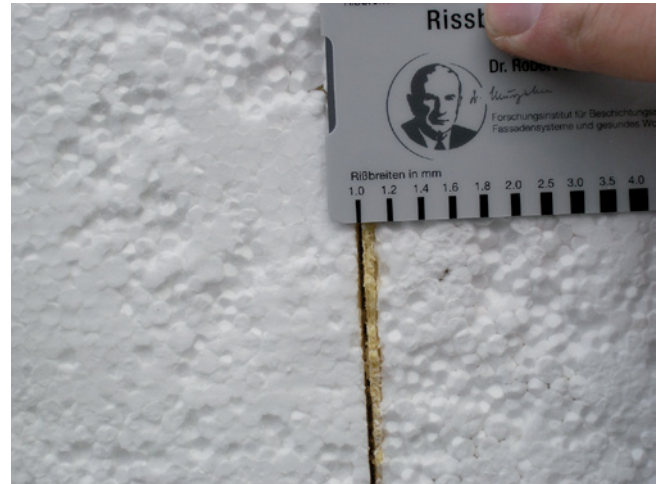


Abb. 14: Spachtelmasse/Ausschäumungen

Es folgt dann eine Wartezeit von 2–3 Tagen. Zwischenzeitlich sollte die Sondieröffnung vor Bewitterung geschützt und die Öffnung mit einer Folie abgedeckt werden.

Das Rückstellen der Plattenränder beginnt in dem Moment, wo die anhaftende Deckschicht entfernt ist. Nicht selten kann man schon nach wenigen Minuten deutliche Verbreiterungen der Fugen feststellen. (Abbildung 15)

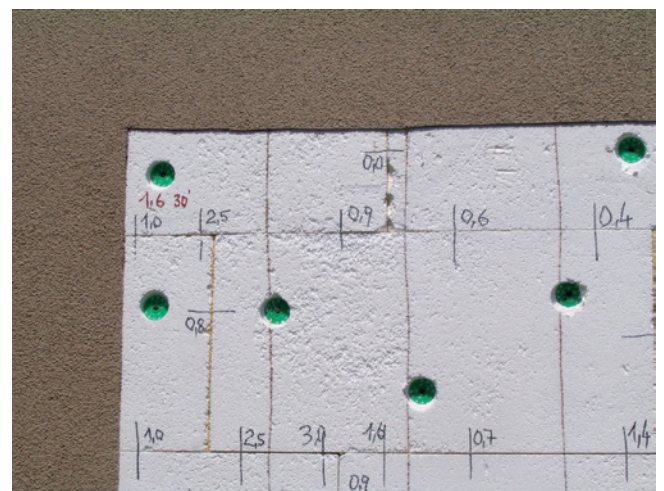


Abb. 15: Verbreiterungen der Fugen

Ideal ist es, die Zweitmessung 2–3 Tage nach der Öffnung vorzunehmen. Genau an den markierten Stellen der Erstmessung erfolgt die Zweitmessung. Die Messwerte werden, am besten mit einer anderen Schriftfarbe als bei der Erstmessung, neben die Werte der Erstmessung angeschrieben. Eine Bilddokumentation in der „3-Schritte-Fotografie“ schließt diesen Befundvorgang ab.

Besonderes Augenmerk ist auf die Lagerfugen zu legen. Es ist zu bedenken, dass die jeweils obere Platte einfach auf die untere aufgesetzt wird. Liegt kein Material auf der schmalen Oberseite der unteren Platte, so kann die obere Platte eigentlich nur satt und dicht auf die untere aufgesetzt werden. Wird bei der Sondierung eine klaffende und durchgehend etwa gleich breite Lagerfuge offenkundig, ist das bereits ein deutlicher Nachweis von Schwindungen der EPS-Dämmplatten. (Abbildung 16)



Abb. 16: klaffende Lagerfuge

Ergänzende Befundungen

Es ist empfehlenswert, nach der Zweitmessung eine oder mehrere Dämmplatten vom Untergrund abzunehmen, um auch die Verklebung zu befunden. Dies zum Zweck der Berücksichtigung der Verklebungsqualität bei der zusammenfassenden Befundung und für die Sanierungsplanung.

Sanierungsmaßnahmen

Je nach Befundergebnissen sind verschiedene Sanierungsvarianten erforderlich und individuell festzulegen.

Wurden klaffende Fugen als grundsätzlicher Mangel erkannt, wird die Deckschicht abzutragen und zu erneuern sein. Je nach Qualität der EPS-Dämmplatten (Festigkeit der Verschweißung der EPS-Perlen) und nach Qualität der Anhaftung der Armierungsmasse (Spachtelung, Unterputz) werden dabei mehr oder weniger Teile der Dämmstoffoberfläche ausgerissen. (Abbildung 13) Bereits bei der großflächigen Sondierung ist das feststellbar. Kommt es zu massiven Oberflächenausrisen, wird eine vollständige Erneuerung auch der Dämmschicht erforderlich sein. Kommt es nur zu partiellen Ausrissen an der Oberfläche, müssen nach erfolgtem Deckschichtabtrag die klaffenden Plattenfugen entweder ausgekittet oder ausgeschäumt werden.

Klaffende Fugen zwischen EPS Dämmplatten

Die Normen lassen relativ großzügige Abweichungen von Länge und Breite bei EPS-Dämmplatten zu. Das heißt, bezogen auf eine Platte im Ausmaß von 100×50 cm:

- ± 2 mm in der Länge,
- ± 1 mm in der Breite (50 cm),
- ± 1 mm in der Dicke,
- ± 2 mm in der Rechtwinkeligkeit an der langen Kante und
- ± 1 mm in der Rechtwinkeligkeit an der kurzen Kante.

Dazu kommt eine normativ zulässige irreversible Längenänderung von 0,15 %, was nochmals 1,5 mm in der Länge und 0,75 mm in der Breite zulässt.

Aufgrund dessen ist es einem Handwerker eigentlich unmöglich, absolut pressgestossene Fugen herzustellen, wie dies immer wieder in Merkblättern von Herstellern vorgegeben wird.

Die Normen geben zudem keine Anhaltspunkte darüber, was mit Fugen zwischen 0 und 2 mm passiert. Erst für Fugenbreiten ab 2 mm schreiben die Regulative vor, dass mit geeignetem Dämmmaterial auszufüllen ist.

Werden nach einer Fassadenöffnung Kleberreste in der Lager- und/oder Stoßfuge vorgefunden, wird i. d. R. sofort auf Verarbeitungsfehler geschlossen. Die zulässigen Längen-, Breiten und Winkelungenauigkeiten der Dämmplatten werden dabei meist außer Acht gelassen.

In der Schweiz gibt es in der Baupraxis das Thema der Maßtoleranzen bei den Dämmplatten so gut wie überhaupt nicht, dort werden maßgenaue und vor allem maßhaltige Platten geliefert. Weil es das Handwerk entsprechend fordert.

Auch stellt sich hier die Frage, warum EPS-Verpackungen für hochwertige elektronische Geräte und Instrumente oder für wertvolle Gläser keine Schwindverformungen aufweisen. Keinesfalls handelt es sich dabei um kleine Spezialserien, wie sich jedermann in Recyclinghöfen bei den Sammelcontainern für weißes EPS überzeugen kann.

Sanierung klaffender Fugen

Es ist mit den heute bekannten technischen Mitteln (Brunnenschäum, Breitdüse, etc.) nicht möglich, schmale Fugen bei EPS Platten auf die volle Plattendicke auszuschäumen. Die Reparaturversuche beschränken sich meist nur auf wenige Millimeter von der Oberfläche nach innen gehend. (Abbildung 17a und 17b).

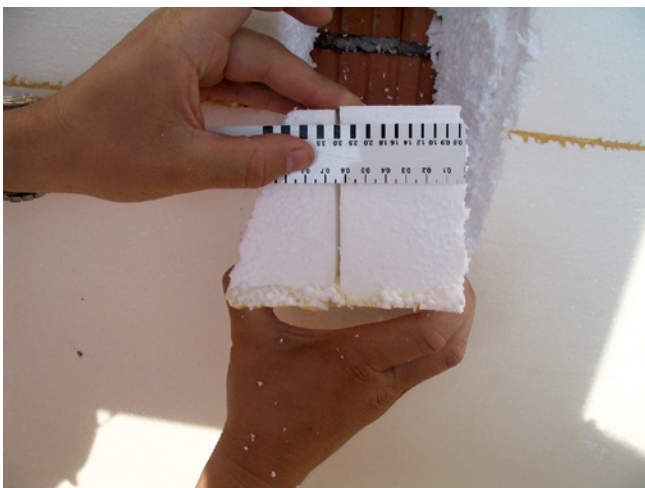


Abb. 17a: entnommenes Prüfstück



Abb. 17b: nur wenige Millimeter wirksam

Um Nachschäumungen wirksam und auf mind. 2/3 der Fugentiefe (Plattendicke) funktionierend ausführen zu können, bedarf es nach Auskünften von Schaumherstellern eines Raumquerschnittes von ca. 20mm², was einer Fugenbreite von etwa 5 mm entspricht.

Fazit

Die ausreichende Ablagerung von EPS-Dämmplatten ist technisch erforderlich und daher auch beim Hersteller entsprechend einzufordern. Im eingebauten Zustand nachschwindende EPS-Dämmplatten führen insbesondere bei Dünnschichtputzsystemen zu Abzeichnungen der Dämmplattenumrisse und zu Zug- und Druckbelastungen in der Deckschicht über den Fugen.

Die in Regulativen angeführten irreversiblen Verformungstoleranzen (0,15 %) sind nirgendwo für den „eingebauten Zustand“ definiert. Im eingebauten Zustand stellen Verformungen jeder Art jedenfalls eine Belastung für die Deckschicht dar und sind daher als nicht zulässig zu werten.

Streiflicht kann als Hilfsmittel in der Schadensdiagnose eingesetzt werden und ist nur zu diesem Zwecke zulässig!

Einer großflächigen Sondierung der Dämmschicht, müssen mehrere Diagnosen in unterschiedlichem Streiflicht vorangehen.

Erfahrungen von Praktikern und Sachverständigen sollten zwischen allen beteiligten Bereichen (Industrie, Planung, Verarbeitung, Überwachung, Begut-

achtung) stets qualifiziert diskutiert werden, anstatt sie zuerst empört zurückzuweisen und – im Falle der weißen Beschichtungen bei EPS-F 035-Dämmplatten – später zu Patenten anzumelden!

Aus informativen Kooperationen zwischen Herstellern und Sachverständigen können beide Seiten Vorteile erzielen.

Und letztlich sollte immer dies bedacht werden:

Wärmedämmverbundsysteme
sind „Null-Fehler-Systeme“,
sie dulden **Null Fehler** in der **Planung**,
sie dulden **Null Fehler** in der **Ausführung**,
und sie dulden **Null Fehler** bei/in den
Materialkomponenten!
und
Wärmedämmverbundsysteme benötigen
regelmäßige **Hege** und **Pflege!**



Michael Hladik

Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter
Sachverständiger
für Innenputze – Außenputze – WDVS
Bauschädendiagnostik Fassaden
Prof.-Hermann-Wopfnerweg 1
A - 6161 Natters/Innsbruck

T +43-(0)512-546421
M +43-(0)664-316 82 60
F +43-(0)512-546369
E-Mail: sv@hladik.at

Websites:
www.hladik.at
www.isk-d-a-ch.org
www.bauinfoalpin.at

Brandschutz bei WDVS – Ein „brand-heißes“ Thema?

Gerd Geburtig

Immer häufiger finden heutzutage Wärmedämmverbundsysteme als abschließende Fassadensicht Verwendung, damit die zeitgemäßen Anforderungen an die Hüllflächen von Gebäuden eingehalten werden können. Neben nichtbrennbaren Systemen haben sich aus Kostengründen in Deutschland zunehmend auch schwerentflammbare in der Praxis durchgesetzt. Im Zusammenhang mit dem Einsatz von schwerentflammbaren Wärmedämmverbundsystemen ist es jedoch wiederholt zu schweren Brandereignissen gekommen. Fraglich ist allerdings, ob deswegen vom Einsatz solcher Systeme aus Gründen des Brandschutzes generell abzuraten ist, oder ob es sich um Brandereignisse mit spezifischen Ursachen handelt, die einer Einzelfallbetrachtung bedürfen. Der Beitrag geht dabei, ausgehend von den grundlegenden bauordnungsrechtlichen Anforderungen an Fassaden und den zu verwendenden Dämmsystemen bei Standardgebäuden und Sonderbauten, sowohl auf die notwendigen Erfordernisse des Brandschutzes als auch auf übertriebene Reaktionen – insbesondere in den Medien – ein. Außerdem wird ein Vergleich zwischen Regelungen des Brandschutzes in der Bundesrepublik, in Österreich und in der Schweiz vorgenommen. Abschließend möge der Beitrag dazu beitragen, das Thema angemessen und sachlich zu beurteilen.

Brandschutz bei WDVS – Ein „brand-heißes“ Thema?



Abb. 1: Moderne Gebäude werden oftmals mit einem WDVS ausgestattet.

Auswertung von Schadensereignissen

Wer denkt in Fachkreisen momentan beim Begriff „Wärmedämmverbundsystem“ hinsichtlich des Brandschutzes nicht sofort an in den Medien verbreitete „Horrorszenarien“? Was aber ist dran an diesen Meldungen, welche Schadensereignisse müssen als mahnender Hinweis verstanden werden und welche Berichterstattung fällt in das Gebiet der „Hysterie“? Fest steht, dass ein Baustoff oder ein Bauprodukt, welches nicht entsprechend einer geeigneten Normprüfung als nichtbrennbar zu klassifizieren ist, nach einer bestimmten Brandbelastung brennen kann. Neben dem dramatischen Brand von fünf Wohngebäuden am 10. Juni 2011 in Delmenhorst machte insbesondere das Brandereignis am Abend des 29. Mai 2012 in Frankfurt/Main an einem Gebäude knapp unter der Hochhausgrenze, weshalb der Einsatz eines schwerentflammbar Wärmedämmverbundsystems zulässig war, Furore und sorgte wegen der bei diesem Brand rasant aufgetretenen Brandausbreitung, der hohen Temperaturen im Freien und der enormen Rauchentwicklung für eine Erhitzung der Diskussion um dieses Thema. [1] Bei dem vorgenannten Fall geriet ein Wärmedämmverbundsystem mit einer Dicke von 22 cm, das gemäß seiner allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung als schwerentflammbar (B 1) nach DIN 4102-1 [2] zu klassifizie-

ren war, durch eine Entzündung der sich vor dem Gebäude befindlichen Dämmmaterialien in Brand. Zwar war in jedem zweiten Geschoss ein 20 cm dicker nichtbrennbarer Brandriegel durchgängig eingebaut worden, aber auf der Brandseite war der Putz einschließlich Anstrich noch nicht vollständig fertiggestellt. Angrenzend war bis zum Brandereignis nur der Dämmstoff ohne jede weitere Beschichtung vorhanden. Die Fenster waren bereits eingebaut und zum Zeitpunkt des Brandes geschlossen. Beim Eintreffen der Einsatzkräfte der Feuerwehr befand sich bereits die gesamte Straßenfassade auf einer Breite von etwa 20 m über die gesamte Höhe (sechs Geschosse) in Brand. Zudem erschwerten vor dem Gebäude etwa drei Meter hoch aufgetürmte brennende Dämmmaterialien, abgestellte Baucontainer, zwei Kleintransporter und das noch vollflächig angebaute Fassadengerüst, für das Einsturzgefahr bestand, die Löscharbeiten. [3]

Auch andere Brandereignisse belegen die Verletzlichkeit von schwerentflammbar Wärmedämmverbundsystemen, die jedoch bei Weitem nicht das zuvor beschriebene Ausmaß aufweisen, weil die Systeme vollständig erstellt brandbelastet wurden (Abbildung 1).



Abb. 2: Brandbeschädigtes WDVS (Quelle: Feuerwehr Erfurt)

Immer wieder sind es auch Brandstiftungen, z. B. bei Müllcontainern, die zu einem Fassadenbrand mit schwerentflammbar Dämmsystemen führen,

was aber diesen Systemen nicht angelastet werden kann, weil eine Brandstiftung stets einen nicht bestimmungsgemäßen Gebrauch einer baulichen Anlage darstellt, Sicherheitskonzepte dagegen gesellschaftlich nicht zu leisten sind und im Allgemeinen mit Ausnahme einer Justizvollzugsanstalt dieses Szenario keines einer bauordnungsrechtlichen Betrachtung zu sein hat.



Abb. 3: Brandstiftung (Foto: weimar112.de – Blaulichtportal Weimar)

Bauordnungsrechtliche Schutzziele und Anforderungen an Baustoffe für Fassaden

Die Gesetzgeber haben in den drei hier näher betrachteten Ländern Deutschland, Österreich und Schweiz die grundlegenden Schutzziele des Brandschutzes festgeschrieben, die nahezu vergleichbar sind. Im Einzelnen sind das die Vermeidung einer Brandentstehung, die Verhinderung einer Brand- bzw. Rauchausbreitung, die Rettung von Menschen (ggf. auch Tieren und Pflanzen) sowie das Ermöglichen von wirksamen Löscharbeiten. Hinsichtlich der Anforderungen an Baustoffe für Fassaden betrifft das im Wesentlichen die Schutzziele der Verhinderung einer Brand- und Rauchausbreitung und der Ermöglichung wirksamer Löscharbeiten.

Um eine Brandausbreitung weitgehend zu vermeiden, sieht der Gesetzgeber verschiedene Anforderungen an die Zulässigkeit von einzusetzenden Materialien im Fassadenbereich vor. Hinsichtlich der einzelnen Regelungen in der Bundesrepublik Deutschland, in der Schweiz und in Österreich wird auf Geburtig in [4] verwiesen. Während in Deutschland die Anforderungen in der jeweiligen Landesbauordnung eines Bundeslandes beschrieben werden, erfolgt das in der Schweiz in einer Brandschutznorm des VKF [5] und in Österreich mit der

ÖiB-Richtlinie 2 [6]. Für Hochhäuser gelten darüber hinaus in allen drei Ländern zusätzliche besondere Brandschutzvorschriften. In jedem Fall sind jedoch nichtbrennbare Dämmstoffe für Außenwände einzusetzen.

In Deutschland gilt gemäß Musterbauordnung (MBO) *„Außenwände und Außenwandteile wie Brüstungen und Schürzen sind so auszubilden, dass eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen ausreichend lang begrenzt ist“* [7]. Dieser Grundsatz kann sicherlich für alle drei betrachteten Länder gleichermaßen gelten.

Die individuellen Regelungen der Länder, um diesen zu erreichen, fallen jedoch verschieden aus. Um eine Übersicht über die grundlegenden Anforderungen an den Dämmstoffeinsatz bei Außenwänden zu erhalten, wurden diese in Tabelle 1 zusammengestellt (s. Seite 76).

Darüber hinaus gelten in jedem Land unterschiedliche Anforderungen an die Einzelkomponenten wie an Außenschichten, die Unterkonstruktionen, bei denen in Österreich sogar zwischen punkt- und stabförmig zu unterscheiden ist, die Dicke von Wärmedämmverbundsystemen, sonstige Außenwandbekleidungen oder -beläge, z.B. bei Deckenuntersichten von vor- oder einspringenden Gebäudeteilen, Durchfahrten bzw. Durchgängen für die Feuerwehr sowie Laubengängen und für Außenwandkonstruktionen mit geschossübergreifenden Hohl- oder Lufträumen, wie hinterlüftete Außenwandbekleidungen oder Doppelfassaden, auf die an dieser Stelle wegen der Vielzahl bestehender Vorschriften nicht im Einzelnen näher eingegangen werden kann.

Zu beachten ist weiterhin, dass bei so genannten Sonderbauten oder -gebäuden wie Krankenhäusern, Heimen, Justiz- oder Strafanstalten, Versammlungsstätten (bzw. Gebäude mit großer Personenbelegung), Industriebetrieben, Atriumbauten sowie Verkaufsstätten anhand der jeweiligen bauordnungsrechtlichen Bestimmungen der Länder zusätzliche Anforderungen an die Dämmstoffe für Außenwandbekleidungen gestellt werden, die es zu erfüllen gilt, wobei schon die Bezeichnungen der jeweiligen besonderen baulichen Anlagen in den drei betrachteten Ländern nicht unerheblich differieren.

Tab. 1: Anforderungen an Dämmstoffe für Fassaden in Deutschland, Österreich und der Schweiz

Anforderungen an Dämmschichten bei Gebäuden	Deutschland	Österreich	Schweiz
Gebäudeklasse 1	B2	E	–
Gebäudeklasse 2	B2	D	–
Gebäudeklasse 3	B2	D	–
Bis 3 Vollgeschosse	–	–	Brennbare Baustoffe zulässig (mittelbrennbar)
Ab 4 Vollgeschosse			Nichtbrennbare Baustoffe (mittelbrennbar oder schwerbrennbar bei 200 °C)
Gebäudeklasse 4	B1	B	–
Gebäudeklasse 5	B1	B	–
Hochhäuser	A2	A2	Nichtbrennbare Baustoffe

Funktionsweise von Brandriegeln

Um eine Brandweiterleitung über brennbare Dämmstoffe – zu denen die Polystyrol-Dämmstoffe nun einmal zählen – zu verhindern, wurden so genannte Brandriegel entwickelt. Diese sollen bewirken, „dass unter den Bedingungen eines beginnenden Zimmerbrandes bzw. bei Beanspruchung einer Außenwandbekleidung durch Flammen aus einem im Vollbrand stehenden Raum der energetische Beitrag des betreffenden Baustoffs (hier WDV-System) zum Brand sowie die daraus resultierende Brandausbreitung über den Primärbrandbereich hinaus gering ist.“ [8] Weil man erkannt hat, dass insbesondere bei größeren Dämmschichtdicken mit mehr als 10 cm die Wärmedämmverbundsysteme mit Polystyrol-Dämmstoffplatten (EPS-Hartschaumplatten) im Sturzsbereich von Öffnungen kritisch sind und sich unter bestimmten Bedingungen in der Realität wie normal entflammbare Baustoffe verhalten können, womit eine ungehinderte Brandausbreitung möglich ist, wurden mittlerweile konstruktive Brandschutzmaßnahmen gegen eine Brandausbreitung und Brandweiterleitung bei Wärmedämmverbundsystemen mit EPS-Dämmstoffen entwickelt und geprüft.



Abb. 4: Brandriegel für ein EPS-Wärmedämmverbundsystem

Die Regelung der jeweiligen Maßnahmen, entweder die Sturzbekleidung und eine seitliche Verklebung von Außenwandöffnungen oder die Anordnung von geeigneten Brandsperren über jedem zweiten Geschoss, erfolgt in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) des Systems. Notwendig bzw. möglich ist der Einsatz dieser konstruktiven Maßnahmen bei Gebäuden über 7 m bzw. bis 22 m Gebäudehöhe, während bei Hochhäusern generell nichtbrennbare Baustoffe einzusetzen sind.

Zu beachten ist bei aller Vorsicht gegenüber schwerentflammenden Baustoffen zudem: *„Das mögliche Versagen der Fenster (Glasbruch) durch die thermische Einwirkung von Flammen wird hingenommen. Insofern ist die Anordnung von Brandriegeln in jedem 2. Geschoss im Einklang mit den Bestimmungen der Landesbauordnungen und sie begrenzt wirksam eine Brandausbreitung/Brandweiterleitung auf Außenwänden. Dies wurde durch umfangreiche Prüfungen an originalmaßstäblichen Versuchsaufbauten von WDV-Systemen nachgewiesen.“* [9]

Neben der Zulässigkeit der möglichen Ausführungsart der Brandriegel gemäß den Angaben in der dazugehörigen abZ sind beim Einsatz auf der Baustelle unabhängig davon jedoch die spezifischen Angaben des Brandschutzkonzeptes für den konkreten Einzelfall einzuhalten; diese haben im Regelfall Vorrang und sind auch einzuhalten, wenn beispielsweise gemäß der abZ der Einsatz normalentflammbarer Brandriegel möglich wäre, aber das Brandschutzkonzept – aus welchen Gründen auch immer – den Einbau von nichtbrennbaren Baustoffen an dieser Stelle vorschreibt.

Verwendbarkeitsnachweis und Übereinstimmungserklärung

Bei dem Einsatz eines klassifizierten Gesamtsystems, wie z. B. der bauordnungsrechtliche Begriff in der ÖIB-Richtlinie 2 lautet [10], sind unbedingt die Randbedingungen des jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises, in der Regel der abZ, einzuhalten, denn nur das insgesamt geprüfte Gesamtsystem hat die jeweilige normative Klassifikation. Nur wenn alle Bedingungen vollständig bei der Verarbeitung eines Wärmedämmverbundsystems eingehalten wurden, die durch die Vorgaben der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung festgeschrieben sind, kann auch davon ausgegangen werden, dass die geprüfte Klassifikation zu erreichen ist. Abschließend muss dem Bauherrn die jeweilige Übereinstimmungserklärung, wie ggf. in der jeweiligen abZ vorgegeben oder formlos, übergeben werden; erst dann ist die erbrachte Leistung abnahmefähig und es entsteht ein Vergütungsanspruch.

Das bedeutet im Umkehrschluss: Ein noch nicht fertig gestelltes oder mangelhaft angebrachtes WDV-System mit der entsprechenden normativen Klassifikation kann nicht als schwerentflammbar gelten

und kann deswegen – wie beim Beispiel des vor genannten Frankfurter Brandereignisses – zu einer erheblichen Brandweiterleitung führen, ein Aspekt, der insbesondere bei der Sanierung von bewohnten Gebäuden zu denken geben muss.

Stellungnahmen von ARGEBAU und DIBt

Während der 123. Bauministerkonferenz der Bundesrepublik (ARGEBAU) Deutschland am 21. September 2012 in Saarbrücken beschäftigte man sich mit dem Brandverhalten von Wärmedämmverbundsystemen mit Polystyrolämmstoffen. In einer Medien-Info der Bauministerkonferenz wurde festgestellt, „dass Wärmedämmverbundsysteme mit Polystyrolämmstoffen ordnungsgemäß zertifiziert und bei der zulassungsentsprechenden Ausführung sicher sind. Gleichwohl nimmt sie die Brandereignisse mit solchen Wärmedämmverbundsystemen ernst.“ [11] Im Ergebnis der Beratung beauftragte die ARGEBAU den Ausschuss für Stadtentwicklung, Bau- und Wohnungswesen, sämtliche relevanten Brandereignisse von Wärmedämmverbundsystemen mit Polystyrolämmstoffen unter Einbeziehung der Feuerwehren sowie Berücksichtigung der besonderen Umstände und Gefahren bei Montagezuständen zu untersuchen. Nach Abschluss dieser Untersuchungen soll entschieden werden, ob konkrete Handlungsempfehlungen auszusprechen sind.

Wie bereits oben erwähnt, nahm auch das DIBt umfangreich zu den Vorwürfen gegenüber Wärmedämmverbundsystemen mit EPS-Dämmstoffen Stellung. [8] Diesen Ausführungen ist gegenwärtig wenig hinzuzufügen, denn aus brandschutztechnischer bzw. bauordnungsrechtlicher Sicht kann behauptet werden, dass sich der vielfältige Einsatz von schwerentflammenden WDV-Systemen bei richtiger Ausführung nach der jeweiligen abZ in der Praxis als kostengünstige Alternative zu nichtbrennbaren Systemen durchaus bewährt hat und nicht zu einem erhöhten Brandrisiko führte.

Zusammenfassung und Ausblick

Nicht gemäß einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung erstellte oder noch nicht fertig gestellte Wärmedämmverbundsysteme können schneller in Brand geraten als mit der Klassifikation schwerentflammbar klassifizierte. Deswegen ist insbesondere bei Baustellenzuständen zu reagieren – in diesen Punkten ist der Gesetzgeber gefordert – und es sind

praxisnahe Regelungen zur Vermeidung von sicherheitstechnisch nicht tragbaren Situationen auf Baustellen, insbesondere bei bewohnten Zuständen, zu schaffen.

Bei der Entscheidung über den Einsatz eines geeigneten Wärmedämmverbundsystems sollte und muss sich die Bauherrenschaft jedoch nicht vom Brandschutz leiten lassen: Viel wichtiger ist es aus der Sicht des Autors, die angemessene Gesamtenergieeffizienz, wie von der geltenden EU-Richtlinie [12] im Kern eigentlich gefordert, im Blick zu behalten, die Langlebigkeit unterschiedlicher Fassadenausbildungen auch hinsichtlich möglicher Bewirtschaftungskosten und möglicher Schädigungen zu beurteilen sowie eine umweltgerechte Entsorgung, außer einem Verbrennen, zu bedenken.

Literatur

- [1] Ruhs, A., Fassadenbrand: Wärmedämmverbundsystem geht in Flammen auf - Besondere Gefahr bei Brandeinwirkung von außen, in: BRANDSCHUTZ, Deutsche Feuerwehr-Zeitung, 3(2013), S. 563 – 566, S. 563 f.
- [2] DIN 4102-1, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen. Teil 1: Baustoffe, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, Berlin, Mai 1998
- [3] Ruhs, A., Fassadenbrand: Wärmedämmverbundsystem ..., wie Anm. 1
- [4] Geburtig, G., Brandschutz im Altbau, in: Brennpunkte Ausbau und Fassade, Tagungsband zur 11. Internationalen Baufach- und Sachverständigentagung Ausbau und Fassade ISK 2011 in Thun, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2011, S. 83 – 91, S. 84
- [5] VKF (Hrsg.), Brandschutznorm der Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen, 2003, zuletzt geändert am 20. Oktober 2008
- [6] OIB, Richtlinie 2 – Brandschutz, Österreichisches Institut für Bautechnik, Oktober 2011, Revision Dezember 2011
- [7] Musterbauordnung (MBO), Fassung November 2012, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 21.09.2012, § 28 (1) (Hinweis: Die MBO befand sich zur Drucklegung noch im Notifizierungsverfahren.)
- [8] DIBt (Hrsg.), Stellungnahme des DIBt zum SPIEGEL-Online-Artikel „Styropor-Platten in Fassaden – Wärmedämmung kann Hausbrände verschlimmern“ und zum Beitrag des NDR in der Sendung „45 Minuten“ am 28.11.2011

- [9] Ebd.
- [10] OIB, Richtlinie 2 – Brandschutz ..., wie in Anm. 6, hier Tabelle 1a
- [11] ARGEBAU, Medien-Info 33/2012 zur 123. Bauministerkonferenz, ausgegeben am 21. September 2012
- [12] Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002



Dr. Ing. Gerd Geburtig

Planungsgruppe Geburtig
Humboldtstraße 21
D-99423 Weimar

Tel: 03643/8667-0
E-Mail: zentral@pg-geburtig.de

Gute Thermografie contra bunte Bildchen

Wolfgang Past

Die Thermografiemessung bzw. Infrarotmessung ist eine bildgebende Messung der abgestrahlten Oberflächentemperaturen von Bauteilen bzw. jeglichen Körpern bis zum absoluten Nullpunkt von unter -273°C . Die Infrarotmessung basiert auf empfangener Strahlung und nicht auf Aussendungen des Geräts. Es sind zahlreiche verschiedene Typen und Messsysteme von verschiedenen Herstellern am Markt erhältlich, jedoch nicht jedes Infrarotmesssystem ist für jeden Einsatzzweck als geeignet zu betrachten. Dieser Beitrag bezieht sich im Wesentlichen auf das Thema der Bauthermografie, wo ein Messsystem mit zumindest 320×240 Infrarotpixeln den Mindeststandard darstellt, der Temperaturbereich sollte zumindest von -40 bis $+200^{\circ}\text{C}$ einstellbar sein. Für verschiedene Anwendungen im Bau- und Industriebereich sind jedoch Anforderungen bis zu 2.000°C notwendig, die Temperaturauflösung sollte $<0,03$ Kelvin sein. Die Messgenauigkeit liegt üblicherweise ± 2 Kelvin genau, jedoch lassen sich die Geräte auch spezifisch genauer kalibrieren. Die Arbeitswellenlänge des IR Messsystems für Bauthermografie beträgt $8\text{--}12\text{ }\mu\text{m}$ (langwelliges System) und letztendlich ist auch die geometrische Auflösung des Pixels wesentlich. Je kleiner die Auflösung, desto genauer die Bildwiedergabe bzw. die Bilddarstellung. Eine Auflösung von $1,5$ Millirad oder kleiner je Pixel und Messfleck ist schon als gute Auflösung zu betrachten. Dies ergibt bei 1 Meter Distanz zum Messobjekt eine Messfleckgröße je Pixel von $1,5\text{ mm}$, bei 10 Meter Distanz eine Messfleckgröße von $10,5\text{ mm}$ je Pixel usw. Damit ist auch klar ersichtlich, dass, je größer der Abstand zum Messobjekt, die Messgenauigkeit allein schon durch die mögliche Auflösung des Messsystems abnimmt, ungeachtet der atmosphärischen Umgebungsbedingungen.

Gute Thermografie contra bunte Bildchen

Daraus alleine leitet sich schon ab, dass Ausnahmen aus der Ferne einen guten Überblick geben können, jedoch Detailaufnahmen aus der Nähe gemacht werden müssen, um weiteren Aufschluss zu erlangen.

So genannte Low Cost-Geräte, die zur Zeit bereits ab wenige tausend Euro erhältlich sind, sind zumeist für Bauthermografieeinsätze und für aussagekräftige Thermografiemessungen ungeeignet, da die o. a. kameraspezifischen Eigenschaften hier zumeist nicht eingehalten werden können und auch die Detektorgröße zu klein ausfällt.

Die meisten heutigen Systeme sind als ungekühlte Echtzeitsysteme am Markt, mit einer Bildrate von 30 – 60 Hertz oder höher. Diese Systeme weisen mittlerweile eine thermische Chipauflösung im Megapixelbereich auf und können auch die restlichen o. a. Anforderungen erbringen, sind jedoch im Mittel- bis Hochpreissegment angeordnet. Im Wesentlichen unterscheidet man die Systeme in ungekühlte und gekühlte Systeme, wobei gekühlten Systeme – wie o. a. – zurzeit am Markt nicht mehr erhältlich sind (Scanner), die Industrie jedoch nach Lösungen sucht, auch Echtzeitsysteme mit gekühlten Detektorenchips auszustatten, da hier die Bildqualität und die Messgenauigkeit weiter gesteigert werden kann. Zu Scannern ist anzumerken, dass die Messgenauigkeit und die Bildqualität deutlich über den Echtzeitsystemen angesiedelt ist, da nur ein Infrarotsensor im System vorhanden ist, der auch entsprechend gekühlt wird (z. B. mit einem Sterlingkühler) und mittels eines Umlenkspiegels und eines Prismas dieser eine Messfleck bzw. dieser Pixel das gesamte Bild scannt und damit im gesamten Bild genau die gleiche Messgröße vorliegt. Der Nachteil besteht darin, dass dabei ca. je Sekunde nur ein Bild erstellt werden kann, dieses System somit für stationäre Objekte geeignet ist und nicht für bewegte Abläufe. In der Bauthermografie ist der Scanner damit als tauglich und auch heute noch als unschlagbar hochwertig einzustufen, da die Bildauflösung, die Bilddarstellung und die Messgenauigkeit auch bis heute als unerreicht zu betrachten ist. Der Nachteil dabei ist,

dass es mechanischer Teile bedarf, um die Kühlung zu ermöglichen, das Gerät relativ groß und unhandlich ist und gegebenenfalls auch Aufnahmen von einem Stativ aus gemacht werden müssten.

Jedoch nicht nur das Wissen um die gerätespezifischen Eigenschaften für den geeigneten Einsatzzweck (Bauthermografie, Industriethermografie, Elektrothermografie oder im wissenschaftlichen Bereich) ist erforderlich, um gute Aufnahmen und Berichte zu erstellen, sondern auch die Qualifikation des Messtechnikers, der die Messung ausführt. Es ist nicht damit getan, zu wissen, wo das Gerät einzuschalten ist und letztendlich auch den Auslöser zu betätigen. Es sollte logisch und auch klar sein, dass die Infrarotaufnahmen analog der digitalen Fotografie auch scharfgestellt werden müssen, da unscharfe Aufnahmen untauglich sind bzw. auch die Messgenauigkeit damit verloren geht. Auch das Fachwissen rund um die Messtätigkeit ist notwendig. Insbesondere in der Bauthermografie wird in Innenräumen in quasi stationärem Zustand gemessen, im Außenbereich de facto immer im instationären Zustand. Daher ist es wesentlich, zu wissen, wie gemessen wird, wann zu messen ist und es sind auch sämtliche dazu notwendigen Rahmenparameter zu dokumentieren bzw. zu berücksichtigen.

Insbesondere bei Außenthermografien ist es wichtig, dass auch die Hintergrundstrahlung (aus dem Himmel kommend) sowie aus der Umgebung als Korrektur in die Aufnahme und Messung eingehen muss, die Messung von außen üblicherweise bei Dunkelheit erfolgt, um einstrahlendes Sonnen- und/oder Tageslicht, das als verfälschte Reflexion in die Aufnahme eingeht, zu vermeiden und auch die Bauteile entsprechend trocken sein müssen und wenig Wind vorhanden sein darf. Schwierig wird die Aufnahmesituation dann, wenn es sich nicht um ein typisches Einfamilienhaus handelt, sondern um Hochhauskomplexe, da in größeren Höhen die Witterungseinflüsse bzw. Strahlungseinflüsse aus der Umgebung anders sind als im bodennahen Bereich. Daher ist dies auch zu berücksichtigen und zu interpretieren. Ebenso ist das Verhalten der Ober-

fläche wesentlich, da massive Bauteile tagsüber eingestrahlte Energie aus Sonnenlicht lange speichern können, daher sind Messungen erst nach Abklingen dieser Abstrahlungen sinnvoll möglich, um die tatsächliche Eigenabstrahlung erfassen zu können.

Innenmessungen sind auch tagsüber durchführbar, jedoch unter Berücksichtigung allfällig eingestrahlter Reflexionen von Sonnenlicht durch Fensteröffnungen.

Es ist daher vorab zu klären, welche Aufgabenstellung an den Messtechniker gestellt wird, da z.B. bei Schimmelbildungen eine Infrarotmessung von außen kaum Aufschluss darüber gibt, wie die bauliche Substanz bzw. die Wärmebrückenwirkung in der gegenständlichen Wohnung tatsächlich ist. Außenaufnahmen sind sinnvoll als Gesamtüberblick der thermischen Situation der Gebäudehülle von außen. Da dabei jedoch Flachdächer, Kellerdecken, Innenhöfe, hinterlüftete Bauteile, wie Wände und Dächer, nicht erfasst und gemessen werden können, wird damit nur ein relativer Teilbereich erfasst. Bei der Messung von innen lässt sich die gesamte innere Gebäudehülle auf Wärmebrücken prüfen. Bei Schimmelbildungen ist auch das Raumklima über einen längeren Zeitraum zu erfassen, um auch die Nutzung zu bewerten, damit auch diese Faktoren in den Messbericht einlaufen können.

Im Weiteren ist, bei der Auswertung der Thermogramme, auch die Möglichkeit gegeben, je nach Aufgabenstellung, eine entsprechende Farbskalierung bzw. Temperaturspreizung zu wählen.

Bei Außenaufnahmen wird üblicherweise die taugliche bzw. mängelfreie Fläche in der dunkleren Farbzone, Wärmebrücken werden damit automatisch in der helleren Farbe dargestellt.

Bei der Innenmessung verhält es sich umgekehrt, hier werden den dunkleren Farben die Wärmebrücken zugeordnet und den helleren Farben die tauglichen Bauteiloberflächen.

Kleine Temperaturspreizungen in den Thermogrammen sind dann sinnvoll, wenn geringe Temperaturunterschiede vorliegen, z.B. im Bereich der Außenmessung bzw. bei der Leckortung an Leitungssystemen. Größere Temperaturspreizungen im Bild sind z.B. bei Innenmessungen angezeigt bzw. bei Hotspotsuchen.

Des Weiteren ist sinnvollerweise die Farbgebung im Bild so zu wählen, dass diese auch einfach und verständlich für den technischen Laien ist. Nicht jede Farbskala eignet sich für jede Darstellung und es ist auch in einigen Anwendungsbereichen durchaus sinnvoll bzw. zur Darstellung notwendig, dass Aufnahmen im Schwarz-Weiß-Modus bzw. Weiß-Schwarz-Modus dargestellt werden, insbesondere bei der Fehlersuche an Fassadensystemen bzw. der Ortung von Fassadenankern und Dübeln.

In der Darstellung des Berichts bzw. der Dokumentation selbst ist es auch notwendig, dass zu jedem Thermogramm ein Digitalbild zugeordnet wird, sodass auch eine optische visuelle Rekonstruktion bzw. Dokumentation möglich wird. Außerdem ist jedes Thermogramm mit einem Text zu versehen.

Des Weiteren ist es sinnvoll, in den Thermogrammen entsprechende Messpunkte bzw. Messlinien zu setzen, an denen der Temperaturverlauf erkennbar wird. Insbesondere bei Wärmebrücken ist dies notwendig, um die Temperaturverteilung und die Ableitungen daraus zu ermöglichen.

Es empfiehlt sich, auch eine kurze Beschreibung des Messverfahrens bzw. des verwendeten Messsystems im Bericht zu verankern bzw. die Beschreibung, was in dem Thermogramm enthalten bzw. wie das Thermogramm zu lesen ist.

Für Infrarotmessungen gilt folgendes Regelwerk:

Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – qualitativer Nachweis von Wärmebrücken in Gebäudehüllen – Infrarotverfahren EN 13187

In dieser Norm ist die Ausführung der Infrarotthermografie sowie die notwendigen Parameter, die erforderlich sind, um eine Messung sinnvoll durchzuführen, geregelt.

Zusammenfassend ist anzumerken, dass viele Faktoren vorliegen, die zu berücksichtigen sind, um eine taugliche und brauchbare Thermografiemessung vornehmen zu können. Dies beginnt mit einem dafür tauglichen Messinstrument, welches notwendig ist für die jeweilige Aufgabenstellung, das Wissen um die Gerätetechnik, das Wissen um die Rahmenbedingungen und das Messobjekt, die notwendig sind, die Messung durchzuführen, das Wissen des Messtechnikers, auch in Kombination mit der Auf-

gabenstellung sowie letztendlich das Berichtswesen, das so gestaltet sein muss, dass die Messung jederzeit nachvollziehbar ist und auch die entsprechenden Rückschlüsse daraus sachlich und qualitativ ableitbar sein müssen.

Thermografische Messberichte, die den oben angeführten Anforderungen nicht entsprechen und gegebenenfalls auch im Worst Case der Darstellung abstrakter Kunst nahekommen, sind als untauglich und unsachlich zu betrachten und müssen auch entsprechend zurückgewiesen werden, da daraus keine brauchbaren Aussagen abgeleitet werden können.

Aus Erfahrung des Autors ist zu sagen, dass qualitativ schlechte Thermografiemessungen bzw. wenig aussagefähige Thermografiemessungen immer wieder in diversen Gerichtsakten bzw. auch im Sachverständigenbüro des Autors Thema sind, diese Berichte einer konkreten Prüfung und auch Hinterfragung nicht standhalten und dies auch immer wieder dazu führt, dass z. B. Mängel behauptet werden, die sich im Zuge einer seriösen Messung de facto nicht nachweisen lassen, damit auch Kosten entstehen bzw. Gerichtsverfahren irregeleitet werden und dies der Sache an sich wenig dienlich ist.

Es ist daher kritisch darauf zu achten, wer die Messungen durchführt, wie der Messablauf erfolgt bzw. auch, wie die Auswertung und die Berichtlegung stattfindet, damit das höchste Maß an Qualität gewährleistet wird.

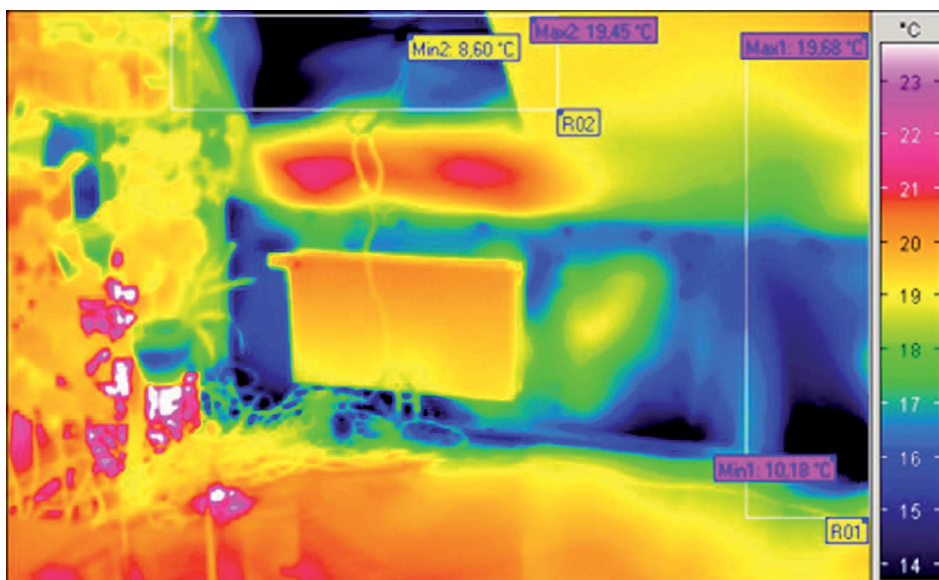


Abb. 1: Mangel im Bereich Drenpel aufgrund von Luft- und Windundichtheiten

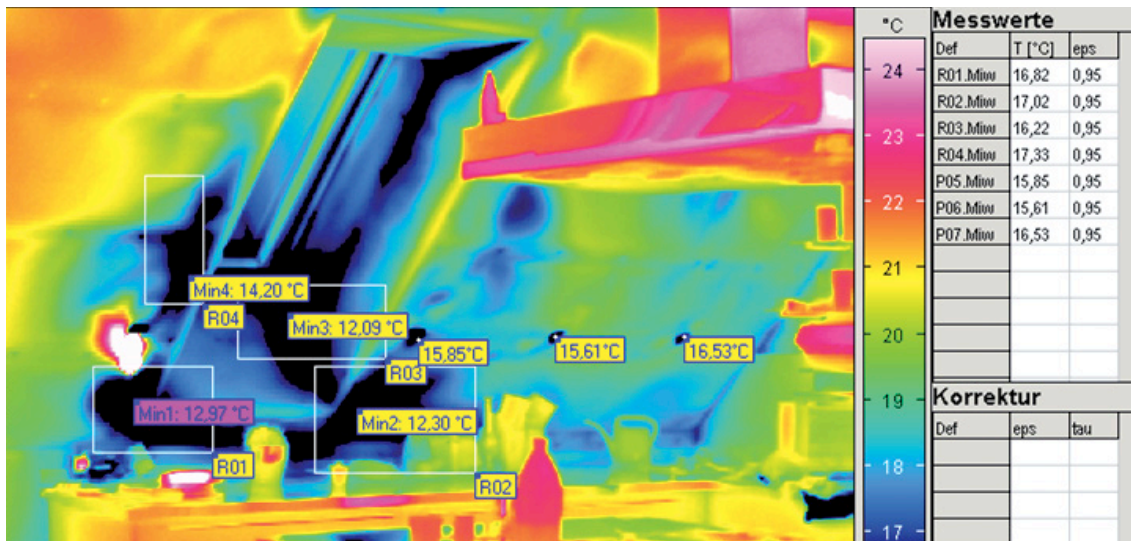


Abb. 2: mangelhafter Einbau Dachflächenfenster in einer Küche

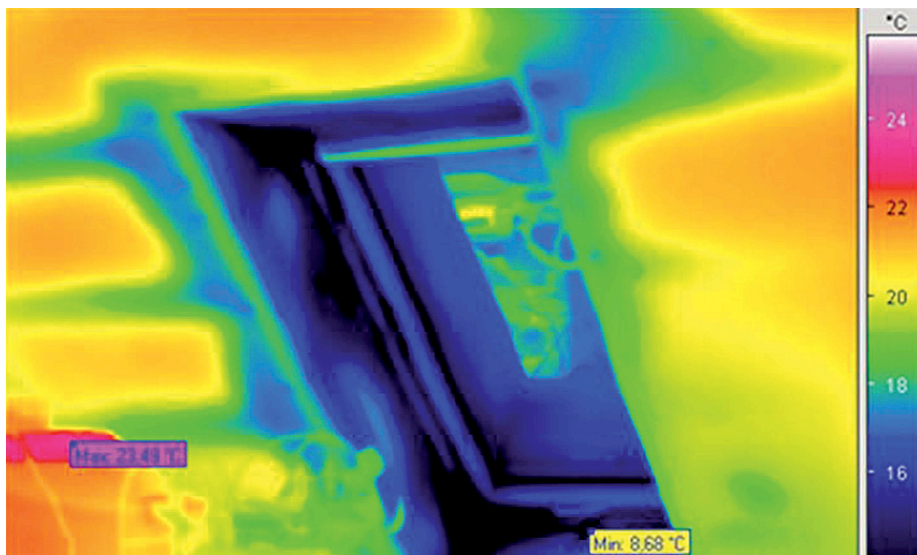


Abb. 3: mangelhafter Einbau Dachflächenfenster in einem Wohnraum

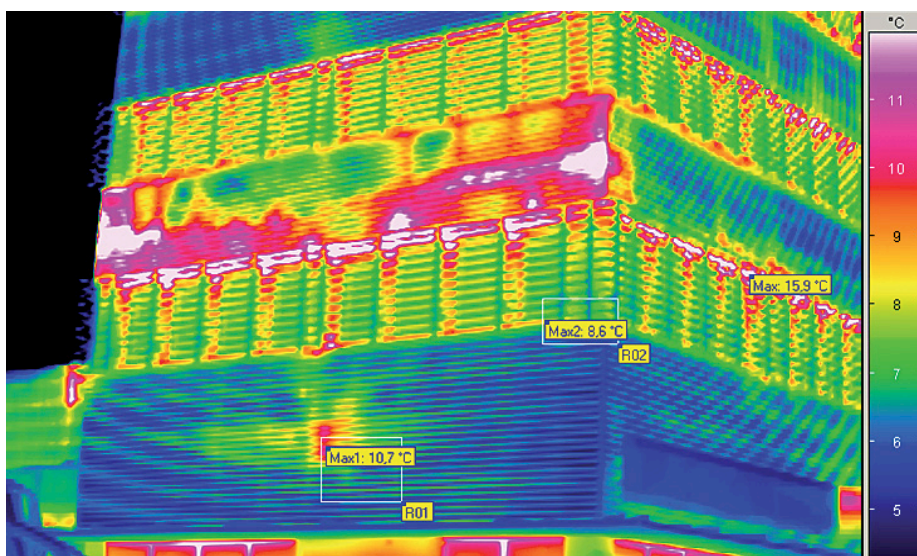
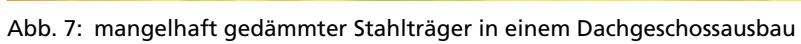
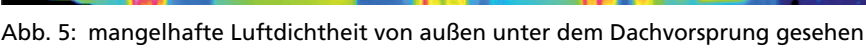


Abb. 4: erheblicher Wärmeverlust aufgrund Warmluftaustritt hinter einer vorgehängten Fassade





Wolfgang Past

Wolfgang Past GmbH & Co KG
Leopold Figl Straße 3/4/4
A-2753 Markt Piesting

Tel: +43 -(0)2633-45925
E-Mail: sv@past.at

Häusliches Bad – Zwangsehe oder Liebesheirat

Ralf Wagner

Neben dem Gewerbe – und Industriebau kommen auch im Wohnungsbau vermehrt Trockenbaukonstruktionen zum Einsatz. Dabei werden meist Trennwände und/oder Vorsatzschalen häufig in Bädern eingebaut. Handelt es sich bei Bädern in Wohnungen um Feucht- oder Nassräume? Und was ist der Unterschied zwischen Feucht- und Nassraum? Sind Trockenbaukonstruktionen für diesen Einsatzbereich überhaupt geeignet? Wenn ja, sind möglicherweise zusätzliche Maßnahmen erforderlich?

Häusliches Bad – Zwangsehe oder Liebesheirat

Definitionen

Nassräume sind in DIN 18195 Teil 1 „Bauwerksabdichtung, Grundsätze, Definitionen, Zuordnung der Abdichtungsarten“ definiert. Für Feuchträume finden sich nur Definitionen in verschiedenen Leitfäden oder Merkblättern (Tabelle unten).

Übliche Bäder in Wohnungen mit normalen Duschwannen fallen nicht unter Nassräume im Sinne der DIN 18195-1. Ist ein Bodenablauf vorhanden, etwa eine bodengleiche Dusche, handelt es sich aber um einen Nassraum nach DIN 18195-1.

Anders gesagt:

Räume im für Abdichtungen bauaufsichtlich geregelten Bereich (hohe Feuchtigkeitsbeanspruchung) sind Nassräume und Räume im für Abdichtungen bauaufsichtlich nicht geregelten Bereich (mäßige Feuchtigkeitsbeanspruchung) sind Feuchträume.

Typische Baustoffe im Trockenbau

Typische Baustoffe im Trockenbau, die in Feucht- oder Nassräumen eingesetzt werden sind:

- Gips(karton)platten (imprägniert oder nicht imprägniert)

- Gipsfaserplatten
- zementgebundene Platten
- Leichtbauplatten aus extrudiertem Polystyrol mit beidseitiger gewebearmierter Mörtelbeschichtung.

Schadensbeispiele

Im Folgenden stelle ich zwei Schadensbeispiele vor. Im ersten Fall handelt es sich um ein Bad mit Gips(karton)plattenbeplankung, im anderen Fall um ein Bad mit einer Beplankung aus zementgebundenen Platten.

Bad mit Gips(karton)platte

Feststellung: Dusche vor Metallständerwänden. Beplankung mit imprägnierten Gips(karton)platten. Wandflächen gefliest. Fehlende bzw. mangelhafte Abdichtung (keine Abdichtung in der Fläche, Fuge zwischen Wandfliesen und Duschwanne mit Silikon „abgedichtet“). Wasser ist bis auf die Beplankung durchgedrungen: Schimmelbildung auf der Rückseite auf der Sichtseite der Beplankung unterhalb der Duschwanne und im Wandhohlraum, Rost auf den Metallprofilen, Schrauben verrostet.

Nassraum	
DIN 18195 Teil 1 „Bauwerksabdichtung“	Ein Nassraum ist ein Innenraum, in dem planmäßig soviel Wasser anfällt, dass ein Bodenablauf erforderlich ist
Merkblatt Verbundabdichtung	Bereich mit hoher Feuchtigkeitsbeanspruchung (bauaufsichtlich geregelter Bereich für Abdichtungen): Nassraum
Feuchtraum	
„Feuchte im Bauwerk. Ein Leitfaden zur Schadensvermeidung“	Räume mit Wasserzapfstellen (Bäder im Wohnungsbau, Küchen, WC-Räume) sind Feuchträume
Merkblatt Nr. 5 Bäder und Feuchträume im Holzbau und Trockenbau	Feuchträume sind Räume mit geringer oder mäßiger Feuchtigkeitsbelastung (bauaufsichtlich nicht geregelte Bereiche für Abdichtung)



Abb. 1: Dusche in einem häuslichen Bad



Abb. 3: Dusche, Silikonfuge, Detail



Abb. 4: Dusche - Duschwanne entfernt



Abb. 2: Dusche, Silikonfuge, Übersicht



Abb. 5: Rückseite der Trennwand geöffnet (Schimmelbildung)



Abb. 6: Rückseite der Trennwand geöffnet (Schimmelbildung und Rost an den Profilen)



Abb. 7: Rückseite der Trennwand geöffnet (Rost an den Profilen)

Zementgebundene Platten

Feststellung: Badewanne mit Dusche vor Metallständerwänden. Auf der anderen Wandseite ist die Küche mit Kochstelle an der Trennwand zum Bad. Beplankung auf der Küchenseite mit 12,5mm dicken Gips(karton)platten. Im Bad Knick in den Fliesen. Zementgebundene Platten nicht nach Montageanweisung des Herstellers montiert (Spachtelfuge statt Klebefuge, Schnellbauschrauben statt zum „System“ gehörende Schrauben). Bäder wurden zum Großteil nicht benutzt, trotzdem sind „Knicke“ in den Fliesen aufgetreten. Die Küchen wurden allerdings stark genutzt (kein Dunstabzug, „nur“ Fensterlüftung). Längenänderung der zementgebundenen Platten bei Feuchtigkeitsänderung – auch durch Kochen in der angrenzenden Küche.

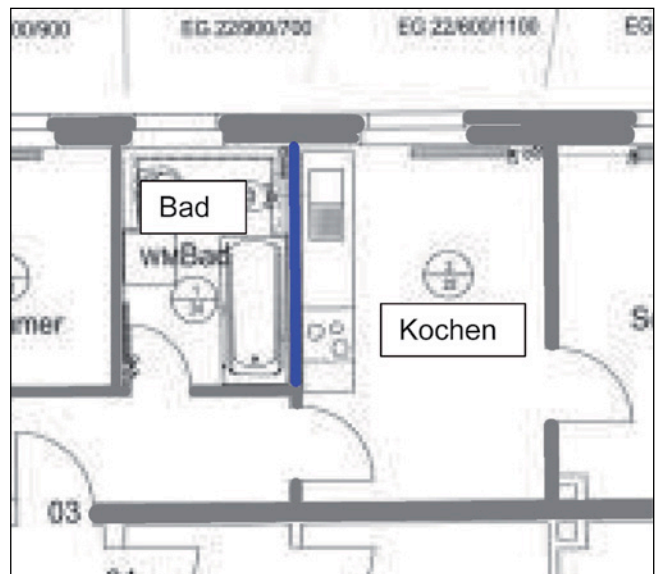


Abb. 8: Regelgrundriss

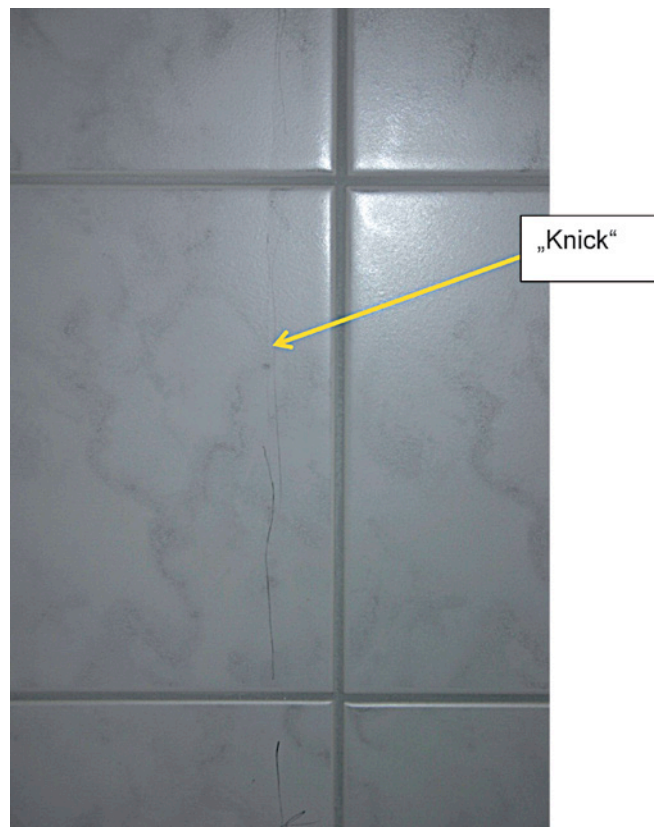


Abb. 9: „Knick“ in der Fliesenfläche



Abb. 10: Untergrund zementgebundene Platten, Spachtelfuge statt Klebefuge, Kreuzfuge



Abb. 11: Spachtelfuge

Fazit

Trockenbaubauteile sind prinzipiell feuchtigkeitsempfindliche Bauteile (siehe auch DIN 18195 Teil 5, Abschnitt 7.2). Dies gilt unabhängig davon, ob es sich um Gips(karton)platten, Gipsfaserplatten oder um zementgebundene Platten handelt.

Bei allen Trockenbaubauteilen (Wände, Vorsatzschalen, Böden) ist im Spritzwasserbereich eine Abdichtung erforderlich. Dies gilt unabhängig vom verwendeten Beplankungswerkstoff. Bei gipshaltigen Beplankungswerkstoffen, um vor allem Schimmelbildung auf der Beplankung und in Hohlräumen zu verhindern. Zudem kann sich, bei dauerhafter Feuchtigkeitsbelastung, die Stabilität der Beplankung verschlechtern. Zementgebundene Platten neigen dagegen zu starken Längenänderungen. Bei diesen Plattenwerkstoffen muss unbedingt auf die Montage entsprechend den jeweiligen Herstellerangaben geachtet werden (es gibt keine Verarbeitungsnorm). Zementgebundene Platten reagieren auch auf Änderung der Luftfeuchtigkeit mit Längenänderungen. Auch dies muss bei diesen Platten bereits in der Planung berücksichtigt werden.

Literatur und Verweise

- DIN 18195-1 Bauwerksabdichtung
- DIN EN 12467 Faserzement-Tafeln – Produktspezifikation und Prüfverfahren
- Feuchte im Bauwerk, Ein Leitfaden zur Schadensvermeidung, Herausgeber Kompetenzzentrum Kostengünstig qualitätsbewußt Bauen (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung), Dezember 2007
- Merkblatt Verbundabdichtung, Hinweise für die Ausführung von flüssig zu verarbeitenden Verbundabdichtungen mit Bekleidung und Belägen aus Fliesen und Platten für den Innen- und Außenbereich, ZDB, Ausgabe Januar 2010
- Merkblatt Nr. 5 Bäder und Feuchträume im Holzbau und Trockenbau, IGG, Stand Dezember 2006, Neuauflage 2011
- Merkblatt Trockenbauplatten im Innenbereich, Eigenschaften und Anwendungen (ohne Akustikplatten), SMGV Schweizerischer Maler- und Gipserunternehmer-Verband, Wallisellen
- Bramann, Helmut; Dietze, Guido; Spohrer, Peter; Wachs, Peter; Wagner, Ralf: Trockenbau kompakt, VG Rudolf Müller, Köln, 2011



Dipl.-Ing. (FH) Ralf Wagner

Am Kiefernschlag 26
91126 Schwabach

Tel: 09122-787930
E-Mail: ralf.wagner@trockenbau-info.de

10 Jahre Gips-Zementputz

Bernhard Zott

Der Gips-Zementgrundputz ist das Ergebnis einer aktiven und bewussten Suche nach Innovation im Unterputz/Grundputz-Segment. Ziel der Entwicklung war es, die Wünsche von Verarbeitern und Nutzern von Putz möglichst breit abzudecken. Nur bei einer besseren Abdeckung als mit den bisher bekannten Produkten macht ein neues Produkt Sinn.

10 Jahre Gips-Zementputz

Die Idee

Der Verarbeiter möchte eine geschmeidige Verarbeitung und ein hohes Stehvermögen sowie ein gleichmäßiges Abbindeverhalten auf unterschiedlichen Untergründen. Das Produkt soll lange zum Kratzen/Hobeln und auch zum Verfliesen geeignet sein. Am liebsten hat er ein Produkt für alle Innenanwendungen, so dass kein Materialwechsel zwischen Nassräumen und Wohnräumen notwendig ist. Der Endkunde/Nutzer erwartet eine optisch ansprechende Oberfläche sowie ein diffusionsoffenes mineralisches Produkt, das luftfeuchteregulierend wirkt. Bei ihm stehen die Optik und das gesunde Wohnklima im Vordergrund. Eigenschaften wie Schall- bzw. Brandschutz sowie eine hohe Oberflächenfestigkeit in der Nutzung setzt er als gegeben voraus.

Die bis dahin bekannten Produkte Gipsputz und Zementputz decken jeweils Teilbereiche gut ab. Das neue Produkt sollte eine bessere Erfüllung der Ansprüche erzielen.

Das Konzept

Gips-Zementputz ist ein Hybridprodukt. Der Begriff Hybrid bedeutet „etwas Gebündeltes, Gekreuztes oder Gemischtes“. Hybride sind aus unterschiedlichen Arten zusammengesetzte Ganze. Die Besonderheit liegt darin, dass die zusammengebrachten Elemente für sich schon Lösungen darstellen, durch das Zusammenbringen aber neue erwünschte Eigenschaften entstehen. Sie vereinigen oft gegensätzliche Eigenschaften unterschiedlicher Systeme. Erfolgreiche Beispiele für Hybride sind z.B.: Stahlbeton und glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK). Sie vereinigen die Festigkeit des Bindemittels mit der Verformungsfähigkeit und Zugkraftübernahme der Armierung. Ein aktuelles Beispiel ist der Hybridmotor, der Elektro- und Benzinmotor in einem Fahrzeug vereint.

Im Gips-Zementputz wurden die Wasserabsorptionsfähigkeit, leichte Verarbeitbarkeit, das gesteuerte Ansteifen und die geringe Schwindung des Gipses

mit der Festigkeit (insbesondere der Oberflächenfestigkeit auf der Baustelle!) der Offenzeit und der Abbindekonstanz von Zementputz kombiniert. Als internes Referenzprodukt wurde der sehr erfolgreiche Zementsulfatfliesenestrich (auf dem Markt seit 1997) herangezogen, der die Verarbeitbarkeit und das Fliesverhalten von Anhydritfliesenestrich mit der Oberflächenfestigkeit eines Zementestrich verbindet.

Die Entwicklung

Der Produktentwicklungsprozess hat ca. 3 Jahre in Anspruch genommen und neben der Laborarbeit auch sehr viele Technikums- und Markttests beinhaltet. Im Labor standen das Austesten der möglichen Bindemittelkombinationen und der Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften sowie die mineralogischen Analysen im Vordergrund. Bei den Technikumsprüfungen wurde insbesondere dem Thema Verfliesbarkeit und Verhalten im Badbereich ein großes Augenmerk gewidmet. So wurden große Wandflächen mit marktüblichen Fliesenklebern vieler Hersteller, in Kombination mit unterschiedlichsten Fliesentypen, belegt. Auch Versuche mit großen Testwänden, an denen das Produkt mit/ohne Abdichtung einer forcierten Nutzung ähnlich einem häuslichen Bad unterzogen war, wurden durchgeführt. Bei den Baustellentests bestätigte es sich über Pendelschlagversuche, dass eine Endfestigkeit deutlich höher als bei reinen Gipsputzen (ca. Faktor 2) machbar ist. Und dies, obwohl der Unterschied zu Gipsputz bei der Laborprüfung nach Norm nur 0,5 N/mm² (2,5 zu 2,0 N/mm²) beträgt. Diese Eigenschaft gibt dem Verarbeiter mehr Sicherheit und dem Endkunden die erwartete Festigkeit! Seit 2 Jahren wird in der Schweiz und z.T. in Deutschland eine Weiterentwicklung des Gips-Zementputzes vermarktet. Hier ist es uns gelungen, neuartige ökologische Bindemittel mit CO₂-armer umweltschonender Herstellung einzusetzen. Dadurch wird das Global Warming Potenzial (GWP) reduziert und die Wasserbeständigkeit verbessert.

Der Markt

Breite Markt- und Kundentests wurden 2003 durchgeführt und im Herbst 2004 erfolgte der Verkaufstart in der Schweiz. Es folgten sehr schnell Österreich, Deutschland und Slowenien. Ein Grundputz je Baustelle genügt. Es ist keine Materialumstellung zwischen Bad und Wohnraum notwendig. Das Produkt wird, insbesondere in der Schweiz, sowohl als gekratzer bzw. geschnittener Unterputz/Grundputz ausgeführt. In Österreich und Deutschland wird es wegen der sehr gleichmäßigen und nicht zu schnellen Erstarrung überwiegend als Filzputz, aber auch als Glättputz (Q2) verarbeitet. Bisher wurden mit dem Produkt mehr als 45.000.000 m² verputzt. Dies entspricht bei 500 m² Innenfläche eines Einfamilienhauses ca. 85.000 Häusern. Das Produkt hat sich in den Märkten extrem schnell durchgesetzt. So wurde z. B. im ersten Jahr der Einführung in der Schweiz ca. 75 % des Volumens umgestellt. Auch heute ist das Produkt das meistverkaufte gipshaltige Produkt in der Firmengruppe.

Die Anwendungsgrenzen

Das Produkt wurde von Anfang an sowohl über den Namen Gips-Zementputz, als auch über die technischen Unterlagen in der Nutzungsfreigabe einem Gipsputz gleichgestellt. Dies gilt insbesondere für die Anwendung in feuchtigkeitsbelasteten Bereichen. Die Vorteile für den Verarbeiter und Endnutzer bleiben davon unberührt. In allen Ländern, in denen das Produkt vermarktet wird, ist über die europäischen und nationalen Normen sowie über Verbandsmerkblätter der Einsatz von Putzen (gips- und zementhaltigen Putzen) im häuslichen Badbereich reglementiert. Die Regelungen in der Schweiz, Österreich und Deutschland lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Generell sind Spritzwasserbereiche im häuslichen Badezimmer über der Badewanne und in der Dusche, unabhängig vom Bindemitteltyp des Putzes, abzudichten. Der technische Hintergrund ist, dass nicht nur der wasserlösliche Gipsputz vor Feuchtigkeit zu schützen, sondern auch jede Durchfeuchtung von Wänden zu verhindern ist! Jedes Eindringen von Wasser in Wände zerstört Bausubstanz, führt zu Schimmelbildung und Ausblühungen, reduziert die wärmedämmenden Eigenschaften der Wand massiv und zerstört Farb- oder Tapetenschichten. Für industrielle Anwendungen und Schwimmbäder sowie

Saunen wird aus Sicherheitsüberlegungen heraus generell auf zementhaltige Untergründe verwiesen.

Umso überraschender war es, als wir feststellten, dass dieses Wissen und die Regeln der Technik offensichtlich einigen nicht bekannt waren und zum Teil wohl auch wissentlich ignoriert wurden. Dies führte, insbesondere in der Schweiz, zu Schäden und Unsicherheiten. Ein Teil der Verarbeiter wechselte daher im Badbereich wieder auf die Zementputzvariante. Dies wird auch durch die schweizspezifische Notwendigkeit für großformatige Fliesen (>1600 cm²), einen Zementunterputz mit > 6 N/mm² verwenden zu müssen, gefördert. Oft erfolgt die Auswahl der Fliesen erst kurz vor der Belegung. Daher ist es aus Sicht des Planers sicherer, von Anfang an die 6 N/mm² Variante einzusetzen, um dem Kunden den Einsatz großformatiger Fliesen und Platten zu ermöglichen.

Die Normen

In allen Ländern ist das Regelwerk komplex und es ist aufwändig, aus den verschiedenen Normen und Richtlinien die richtigen Bausteine zusammenzusuchen, um eine Situation richtig zu bewerten und fachgerecht zu planen und auszuführen. Hier habe ich großes Verständnis für die Anwender, denen es immer schwerer fällt, die langatmigen Regelwerke zu durchblicken und im Kopf zu haben. Es sind Vertragsnormen, Stoffnormen, Verarbeitungsnormen und Verbandsmerkblätter zu beachten. Zusätzlich gibt es viele Regelwerke sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene. Bei der Markteinführung des Gips-Zementputzes wurden zusätzlich zu der Bezugnahme auf die damaligen Normen auch entsprechende Garantieschreiben ausgestellt.

Wie ist das Produkt aus heutiger Sicht in der komplexen europäischen und nationalen Normen- und Regelungssicht einzuordnen? Es werden sowohl die Bezüge zum Gips-Zementputz an sich, als auch die Regelungen für die Anwendung im häuslichen Badbereich dargestellt. Sowohl der Ist-Stand als auch die kommenden Normenüberarbeitungen werden diskutiert. Die Darstellung versucht sich so kurz wie möglich zu halten und nur auf den für den Gips-Zementputz relevanten Bereich zu beschränken. Ansonsten würde sich der Umfang der Darstellung deutlich ausweiten.

In der EU (inklusive der Schweiz) lässt sich der Gips-Zementputz nach der Stoffnorm EN 13279-1 (2008) (in der Schweiz als SIA 242) „Gipsbinder und Gipstrockenmörtel“ einordnen. Hier fällt er unter Punkt 3.4 „gipshaltiger Putztrockenmörtel als Gips-Trockenmörtel, die aus weniger als 50 % Calciumsulfat als aktives Hauptbindemittel und nicht mehr als 5 % Baukalk bestehen“. Mit einem Versteifungsbeginn > 50 min und einer Druckfestigkeit > 2 N/mm² trägt Gips-Zementputz das Kurzzeichen B2/50/2. In der europäischen Verarbeitungsnorm EN 13914 T2 (2005) „Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen“ Teil 2 Innenputze finden sich keine Hinweise bzgl. Bindemittel für Putz. Erst in der aktuellen Überarbeitung wird im Teil 2: „Planung und wesentliche Grundsätze für Innenputz“ nun auf die EN 13279-196 (2008) „Gipsbinder und Gipstrockenmörtel“ verwiesen werden. Hier wird nun auch der Hinweis: „Gipsputz sollte nicht in Bereichen mit anhaltend feuchten Bedingungen verwendet werden“ aufgenommen. In Vorbereitung ist die EN 15124 „Zubereitung und Ausführung von Gips-Innenputzsystemen“. Auch diese Norm bezieht sich bei der Stoffbeschreibung auf die EN 13279-1 (2008) „Gipsbinder und Gipstrockenmörtel“. Der Hinweis: „sollten nicht in Bereichen mit anhaltender Feuchte eingesetzt werden“ wird enthalten sein.

In **Deutschland** ist die Restnorm DIN 18550-1 „Putze und Putzsysteme- Ausführung“ aktuell (09/2013) im Gelbdruck. Sie ist die nationale Ergänzung zur EN 13914-1 und lässt alle Putze nach EN 13914-1 zu. Zusätzlich gilt das ZDB Merkblatt „Verbundabdichtungen“ (08/2012). Es enthält: „Hinweise für die Ausführung von flüssig zu verarbeitenden Verbundabdichtungen mit Bekleidungen und Belägen aus Fliesen und Platten für den Innen und Außenbereich“. Dieses Merkblatt definiert die Beanspruchungsgruppe A0 für mäßige Beanspruchung mit Wasser im Innenbereich. Dieser Anwendungsbe- reich ist bauaufsichtlich nicht geregelt. Damit ist keine Zulassung nötig. Typische Beispiele für A0 sind häusliche Bäder und Badezimmer. Hier sind feuchtigkeitsempfindliche Untergründe (z. B. gipshaltiger Gips-Zementputz) zugelassen. Eine Abdichtung ist für alle Untergründe (gips- oder zementgebunden) vorgeschrieben.

In **Österreich** gilt die Gipsputznorm B3346 (2012) „Putzmörtel – Regeln für die Verwendung und Verarbeitung“. Sie ist die nationale Ergänzung zur EN 13914-1 und -2. Hier wurde Gips-Zementputz als

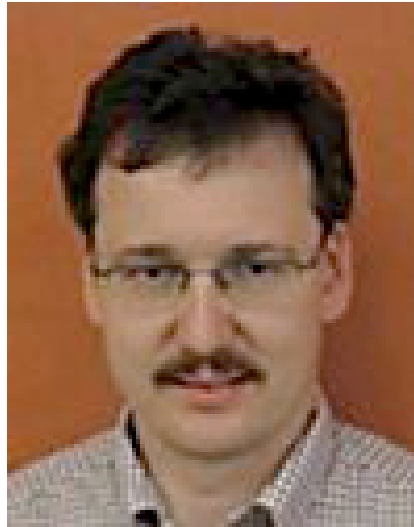
Putzart aufgenommen und dem Gipsglätt-bzw. Gips-reibputz gleichgestellt. Die Norm besagt, dass unter keramischen Wandbelägen der Putz zu stoßen, zu schneiden oder aufzurauen ist. Es sind Putzmörtel zu verwenden, die eine Druckfestigkeit von mindestens 2,5 N/mm² haben. Damit ist Gips-Zementputz für die allgemeine Verfliesung freigegeben! Für kleinformatige Fliesen (bis 20 cm × 20 cm) genügt die Mindestdruckfestigkeit von 2,0 N/mm². Dieser Wert wird von handelsüblichen Gipsputzen erreicht. In der Werksvertragnorm ÖNORM B 2207 (2007) „Fliesen, Platten und Mosaiklegearbeiten“ sind in Punkt 4.3.2 als Untergründe für Wandbeläge alle Putze laut ÖNORM B 3346, also auch Gipszementputz, zugelassen. In Tabelle A1 sind die Feuchtigkeitsbeanspruchungsklassen W0, W1, W2, W3 und W4 definiert. Hier ist Gips und Gipszementputz für die Klassen W1 bis W3 zugelassen. Dies entspricht häuslichen Bädern und Duschen. Bei Beanspruchungsgruppe W1, W2 sind zu verfliesende Wandflächen mit einer geeigneten Grundierung vorzubehandeln. Die vom Planer festzulegenden Flächen mit höherer Feuchtigkeitsbelastung (W3; direkter Spritzwasserbereich) sind vollflächig gegen Feuchtigkeit abzudichten. Auch in die VAR VI „Verarbeitungsrichtlinie für Werkputzmörtel“ (Ausgabe 11/2012) wurde Gips-Zementputz explizit aufgenommen und dem Gipsputz gleichgestellt. Auch hier sind die Beanspruchungsklassen analog der ÖNORM B 2207 beschrieben und der Einsatz von Gips und Gips-Zementputz für häusliche Bäder mit Abdichtung freigegeben. Sowohl in der B 2207 als auch in der VAR VI ist generell eine Abdichtung für gips- und zementhaltige Untergründe vorgeschrieben.

In der **Schweiz** gilt das SMGV-Merkblatt „Untergründe für Wandbeläge aus Keramik, Natur- und Kunststein im Innenbereich“, das im Oktober 2009 aktualisiert wurde. Hier wurde Gips-Zementputz als Putzart aufgenommen. In diesem Merkblatt sind unter anderem die Eignung der Putze und die Verantwortlichkeiten von Planer, Gipser, Plattenleger, Sanitärmoniteur und Bauherr genau definiert und festgelegt worden. Zusätzlich sind für Nassräume 3 Feuchtigkeits-Beanspruchungsklassen (FBK) definiert. Hier ist Gips-Zementputz für die FBK 0 und FBK A 01 für Wandflächen, die nur zeitweise und kurzfristig mit Spritzwasser geringfügig bzw. mäßig beansprucht sind, freigegeben (häusliche Duschen und Bäder). Im Spritzwasserbereich ist sowohl für gips- als auch für zementhaltige Putze eine Flächenabdichtung vorgeschrieben. Zusätzlich gilt

das SPV Merkblatt 2010 des Keramik-Branchenverbandes Schweiz. Dieses verwendet die Klassen des Deutschen Merkblatts „Verbundabdichtungen“ mit gleichen Freigaberegeln.

Zusammenfassung

Gips-Zementputz hat sich in den letzten 10 Jahren als Universalprodukt für die Innenanwendung sehr stark durchgesetzt und etabliert. Die Einsatzgrenzen sind analog zu anderen gipshaltigen Produkten. Das Produkt ist in den europäischen und nationalen Normen und Richtlinien geregelt. Sowohl die Verarbeitungsvorteile für den Verarbeiter als auch die sehr gute Oberflächenfestigkeit des mineralischen und feuchteregulierenden Gips-Zementputzes werden auf dem Markt geschätzt.



M.Sc. Dipl.Ing. (FH) Bernhard Zott

Leitung Forschung und Entwicklung FIXIT-GRUPPE

Tel: +43 5522 41646 321

E-Mail: Bernhard.Zott@fixit-gruppe.com

Häusliches Bad – Putz (Gips-Zement)

Wie hat sich das neue Bindemittel bewährt?

Walter Schläpfer

Aus Schweizer Perspektive kann man es vorwegnehmen: Im häuslichen Bad haben sich die neuen Unterputze (Grundputze) auf der Bindemittelbasis Gips-Zement nur bedingt bewährt.

Was als Fortschritt in der Putztechnik gut angedacht war, scheiterte in den letzten Jahren oft an der Anwendung am Bau.

Das Produkt funktioniert einwandfrei, aber es ist aus meiner Erfahrung ein „Null-Fehler-System“, das keinerlei Nachlässigkeit von allen Beteiligten aus den verschiedenen beteiligten Gewerken duldet und verzeiht. Das Putzprodukt selbst vereint zweifellos viele Vorteile in sich. Doch die im häuslichen Bad beteiligten Planer und Berufssparten waren in keiner Weise auf dieses Produkt vorbereitet und ließen die nötige Sensibilität gegenüber einem gipshaltigen Produkt im Spritzwasserbereich vermissen.

Ich hatte bereits an der ISK 2009 kurz über die ersten Erfahrungen und Schadensfälle berichten dürfen. In der Zwischenzeit haben sich meine Erkenntnisse und Erfahrungen aus Schadensfällen vertieft und erweitert.

Nachstehend führe ich nicht in erster Linie die möglichen Schadensursachen auf, sondern möchte umgekehrt und in positivem Sinne aufzeigen, welche kritischen Brennpunkte man bei der Anwendung von Gipszement-Putzen im Bad berücksichtigen muss, damit diese schadensfrei angewandt werden können.

Häusliches Bad – Putz (Gips-Zement) Wie hat sich das neue Bindemittel bewährt?

Zwingend zu beachtende Brennpunkte für eine schadensfreie Anwendung:

Untergrundfeuchtigkeit

Zu hohe Feuchtigkeit im Untergrund stellt für jeden Aufbau, ganz besonders bei einer Endbeschichtung aus keramischen Wandplatten oder fugenlosen Beschichtungen, ein hohes Schadensrisiko dar. Es sind zwingend Messungen der Untergrundfeuchtigkeit notwendig und sollten in eigenem Interesse protokolliert werden. Der zulässige Wert beträgt laut Norm SIA 242 „Verputz- und Trockenbauarbeiten“ im Beton 3,0 Massen-% (gemessen mit Darr-Messmethode und Probenentnahme aus einer Tiefe von >30 mm).

Mit welcher Verformung durch Schwinden und Kriechen muss noch gerechnet werden und sind die Bauteilanschlüsse entsprechend ausgebildet resp. sind Feldereinteilung mittels Bewegungsfugen vorgesehen?

Im Backstein-(Ziegel-)Mauerwerk beträgt dieser Wert 4,0 Massen-%, allerdings muss man sich insbesondere bei Wohnungs- und Haustrennwänden vergewissern, ob da die Kerndämmung wirklich trocken und nicht durchfeuchtet ist.



Abb. 1: Mit einer elektronischen Widerstandsmessung kann man erste Kontrollmessungen durchführen und Indizien gewinnen, ob der Untergrund noch erhöhte Feuchtigkeit (in der Abbildung 159 Digits) aufweist oder nicht. Je nachdem kann man dann mit noch genaueren Messmethoden nachmessen. Das ungewöhnlich gute Stehvermögen des frisch applizierten Nassmörtels verleitet dazu, große Schichtdicken (bis 30 mm) in einem Arbeitsgang aufzubringen.

Schichtdicken des Gipszementputzes

Das ungewöhnlich gute Stehvermögen des frisch applizierten Nassmörtels verleitet dazu, große Schichtdicken (bis 30 mm) in einem Arbeitsgang aufzubringen.

Der Gipszementputz benötigt bis zur belegereifen Austrocknung als Faustregel 2 Tage/mm Putzdicke bei minimal 10°C Raumtemperatur und guter, regelmäßiger Querlüftung.

Folglich benötigt ein 30mm dick aufgetragener Gipszement-Unterputz rund zwei Monate Trocknungszeit bis zur Belegereife.

Bei keinem Bauwerk in Mitteleuropa wird in der Regel einem Unterputz eine derart lange Austrocknungszeit zugestanden.

Zu dünne Schichten (< 10mm) sind nicht tragfähig. Ein mehrschichtiger Grundputzaufbau weist innerhalb der Putzlagen meist einen schlechten Verbund auf.

Muss ein Untergrund derart stark ausgeglichen werden, sind andere Maßnahmen wie Wandbekleidungen, Trockenputze oder Vorsatzschalen zu ergreifen.



Abb. 2: Schichtdicke eines zweischichtig applizierten Gipszement-Unterputzes von ca. 35 mm Dicke. Die erste Schicht ist durchfeuchtet und im Gefüge mürbe, d. h. der Gips hat seine Bindekraft verloren.

Belegung mit keramischen Wandplatten und Anschlüssen

Um den Gipszement-Unterputz mit relativ dampfdichten Wandplattenbelägen bekleiden zu können, müssen einige Randbedingungen eingehalten werden.

- Die Restfeuchte im Gipszementgrundputz darf max. 3 % betragen.
- Die Spritzwasserbereiche und die Feuchtigkeitsbeanspruchungsklassen müssen vorgängig definiert werden.
- Sind Bodenabläufe im Bad vorhanden oder nicht? Handelt es sich um eine häusliche oder öffentliche Nutzung? Dies wirkt sich elementar auf die Definition der Feuchtigkeitsbeanspruchungsklasse aus.
- Im Spritzwasserbereich müssen Flächenabdichtungs-

tungs-Voranstriche (Grundbeschichtungen) auf den Unterputz ausgeführt werden.

- An Bade- oder Duschwannen sind als Primär-Abdichtungen Dichtbänder und Flexzargen einzubauen.
- Um Leitungsdurchführungen sind Abdichtungsmanschetten vor den Plattenbelägen zu verlegen.
- Nach der Endmontage und noch vor den Abdeckrosetten müssen alle Durchdringungen elastisch dicht ausgefugt und abgedichtet werden.



Abb. 3 (Quelle PCI): Vor den Plattenarbeiten müssen Dichtmanschetten um die Rohrdurchdringungen und Dichtbänder über dem Inneneck-Anschluss eingebaut werden.

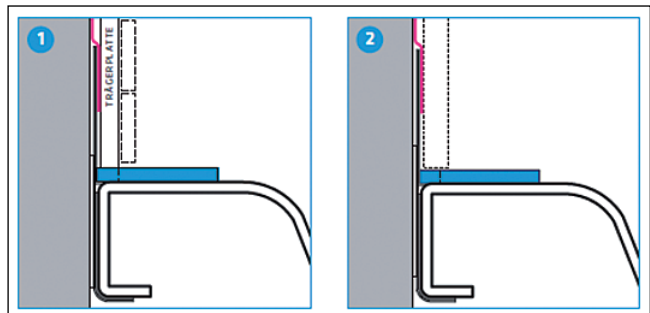


Abb. 4 (Skizzen 1 + 2, Quelle www.gabag.com): Mit dem Einbau von Flexzargen-Dichtbändern zwischen Wand und Wanne lassen sich mit wenig Aufwand dauerhaft dichte Wannenanschlüsse herstellen.

Feuchtigkeitseintritte von außen

Erfolgen Feuchtigkeitseintritte vom Nassraum ausgehend, besonders bei undichten Anschlüssen oder durch die Plattenfugen, so besteht bei allen Putzaufbauten ein mögliches Risiko von Folgeschäden. Bei gipshaltigen Putzen erfolgt die Ablösung meistens zusammen mit einer Putzschicht. Bei anderen Putzarten verlagert sich eine mögliche Durchfeuch-

tung mehrheitlich in die Wand- und Bodenkonstruktionen mit dem Risiko von Folgeschäden.

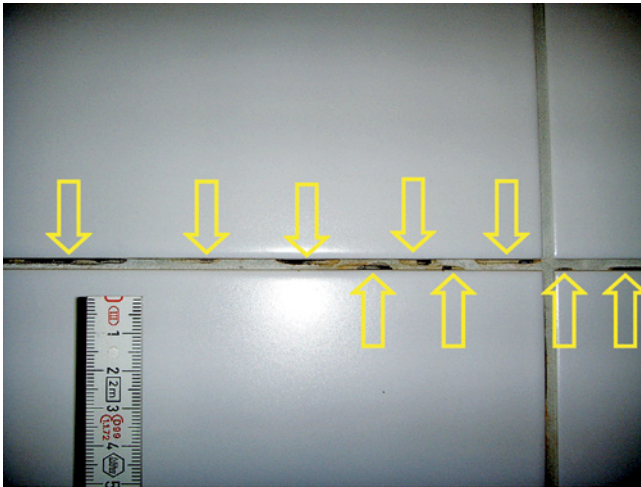


Abb. 5: Im zementösen Fugenmörtel des Plattenbelags sind partiell Perforationen infolge des „Lochfraßes“ feststellbar. Durch diese Fehlstellen kann Spritzwasser in den Grundputz eindringen und diesen aufquellen lassen. Als ich mich im Duschbereich umsah, fiel mir das unten abgebildete Reinigungsmittel auf.

Verformungen der Tragkonstruktion

Bei Wandplattenablösungen, welche durch Verformungen der Tragkonstruktion (z.B. Beton oder Mauerwerk) verursacht werden, erfolgt die Trennung entweder in der Grundputzschicht oder zwischen dem Grundputz und der Wand im Bereich der Haftbeschichtung. Schäden durch Verformungen können z.B. durch Austrocknung (Schwinden) oder aus statischen Gründen auftreten, insbesondere bei großflächigen Wandpartien ohne Bewegungsfugen.

Um nachträgliche Verformungen schadensfrei aufnehmen zu können, sind umlaufende Dehn- und Stauchzonen um die Fliesen- und Plattenbeläge auszubilden.

Zu diesem Zweck hat der Planer die Feldergrößen und Fugenarten entsprechend den zu erwartenden Verformungseinflüssen abzustimmen. Bei Betonbauteilen darf die Feldereinteilung eine Länge von 6.00 m nicht überschreiten.

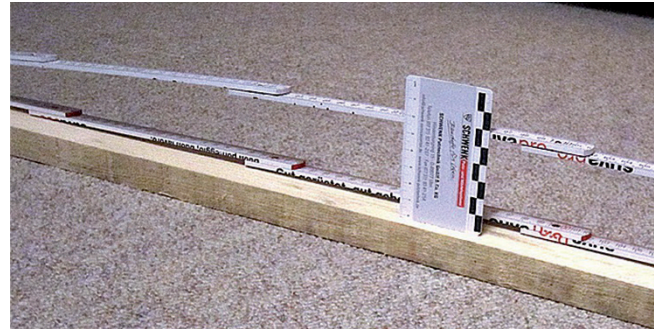


Abb. 6: Die Verkürzung einer 2.50 m hohen Wand durch Schwind (Kriechen) um 2 mm hat eine Ausbeulung des Fliesenbelags von 50 mm zur Folge. Dies kann mittels Doppelmeter sehr einfach veranschaulicht werden. Unten der 2.00 m lange Doppelmeter, darüber ein identischer, der auf eine Länge von 1.998 m begrenzt wurde.



Abb. 7: Das angetroffene Schadensbild beim Augenschein, mit den eingefügten Zeichnungen grafisch noch etwas verstärkt.



Abb. 8: Die Schichtentrennung erfolgte auf diesem Betonuntergrund innerhalb des Grundputzes.



Walter Schläpfer

eidg. dipl. Gipsermeister

Bereichsleiter Technik Gipser
Grindelstrasse 2
8304 Wallisellen

Tel: +43-233-49-00
Fax: +43-233-49-61
Internet: www.smgv.ch

Fugen im Bad – das „Ewige Thema“

Jens Uwe Zipelius

Das Thema Fugen im Hochbau- und insbesondere das Thema der Fugenausführung im Bad / Sanitärbereich wird allgemein von der Mehrzahl der Planer und Handwerker, aber auch von Auftraggebern, oft unterschätzt. Die Kenntnis über Materialien und Konstruktionsarten und Aufbauten, Regelwerken und Richtlinien ist sehr wenig verbreitet. Grundsätzlich entstehen fast überall zwischen Material – oder z. T. auch Richtungswechseln Fugen, die angepasst an die Beanspruchungen zu planen und dauerhaft auszuführen sind. Eine funktionstaugliche Abdichtung gehört hier unabdingbar zum Thema dazu.

Fugen im Bad – das „Ewige Thema“

Anforderungen durch die Nutzung

Im Badezimmerbereich treffen viele verschiedene Baustoffe wie z.B. Fliesen, Natursteine, Holz, Glas, Fugendichtstoffe, zementgebundene Stoffe und sanitäre Einrichtungsgegenstände mit dem Medium Wasser und mit der intensiven Nutzung durch Menschen aufeinander. Es kann hier aus hygienisch – biologischer Sicht von einem Biotop- Milieu gesprochen werden.

Anforderungen an die Planer und die Ausführenden

Durch die oft sehr unterschiedliche Art des Ausbaus, z.B. nachträglich in Altbauten, aber auch bereits bei der Planung von neuen Bädern und Nassräumen allgemein wird das Thema Fuge und ebenso das Thema Abdichtung oft nicht umfänglich in seiner Brisanz erkannt. Es kann zu Schädigungen und Beeinträchtigungen von Bausubstanz und Bauteilen infolge nicht sachgemäßer Planung und Ausführung kommen. Dabei sind insbesondere mehrgeschossige Altbauten mit Holzbalkendecken, in die nachträglich ein neues Bad eingebaut wird (bzw. als „Modernisierung“) gefährdet. Bereits früher entdeckte und nicht als Warnsignal verstandene Verfärbungen an Deckenunterseiten unter Bädern darüber liegender Geschosse, können z. B. durch das Versagen von so genannten elastischen Verfugungen oder nicht sachgemäßer Abdichtung zu sich verstetigenden Bildungen von Schimmel und auch Schwamm führen. Bei der Neuplanung solcher Altbaubäder sollte ein Biologe vorher die Konstruktion mittels Endoskopie vorsichtshalber untersuchen. Auch ehemals durchgeführte unsachgemäße Trocknungen von Wasserschäden können später die richtig und umsichtig geplanten neuen Bäder in Altbauten wieder zu Instandsetzungsfällen werden lassen, wenn sich dann doch Schwamm im Verborgenen gebildet hat. Wannenförmig hergestellte Abdichtungen solcher Badbereiche sind hier aus der Erfahrung angezeigt. Teilabdichtungsmaßnahmen oder durch Pfusch nicht zuverlässig dicht ausgeführte Abdichtungsmaßnahmen sowie untaugliche Fugen führen

meist später zu zunächst unerkannten, dann aber zu umfänglichen Schäden. Nur durch sorgfältige und regelgerechte Planung und Ausführung und eine genaue Bauüberwachung sind solche Überraschungen vermeidbar. Zitat : IVD-Merkblatt Nr.3, Punkt 4.Grundlagen: „Sanitär – und Feuchträume müssen so abgedichtet werden, dass der Baukörper dauerhaft vor Wasserschäden geschützt ist.“ (ZDB-Merkblatt-Verbundabdichtungen). Über die Fugen eindringendes Wasser kann erheblichen Schaden verursachen. Aus diesem Grund sind alle Anschlüsse von Baustoffen abzudichten, z. B. Boden/Wand und Anschlüsse an sanitären Einrichtungsgegenständen. Es eignen sich hierbei aus gutachterlicher Sicht insbesondere nahtlose lösemittelfreie Flüssigabdichtungen und bewährte Foliensysteme vorrangig für die Abdichtung. Eine Abdichtung ohne Fugen ist die Bessere. (Anmerkung d. Verfassers)

Neben den technischen Anforderungen hat die Fugenabdichtung in Sanitär-/Feuchträumen wichtige **ästhetische und hygienische Aufgaben**. Sie muss fungizid ausgerüstet und leicht zu reinigen sein, um den Befall und die Ausbreitung von Schimmelpilzen zu verhindern (IVD-Merkblatt Nr.14). Sollten aus rechtlichen Gründen (z.B. Lebensmittelrecht) keine fungizid ausgestatteten Dichtstoffe eingesetzt werden können, dann ist die Verwendbarkeit von geeigneten Dichtstoffen bei dem Hersteller zu erfragen. Dichtstofffugen sollten sich unauffällig dem Gesamtbild anpassen. Deshalb werden sie häufig nicht so breit ausgeführt, wie es erforderlich wäre, um die Bauteilbewegungen elastisch aufzunehmen. Derartige Unterdimensionierungen, ständige Wasserbelastung, chemische Beanspruchung und aggressive Reinigungsverfahren führen dazu, dass feuchtigkeitsbeanspruchte Fugen gepflegt und gewartet werden müssen. Ihr Zustand muss in regelmäßigen Zeitabständen überprüft und der Dichtstoff ggf. erneuert werden, um Folgeschäden zu vermeiden (DIN 52460). Näheres dazu s. Pkt. 9, IVD-Merkblatt Nr.3. Dichtstoffe stellen keine Abdichtung im Sinne der DIN 18195 „Bauwerksabdichtungen“ und des ZDB-Merkblatts „Hinweise für die Ausführung von Verbundabdichtungen mit Bekleidungen und Belä-

gen aus Fliesen und Platten für den Innen- und Außenbereich“ dar [1].

Statisch- konstruktive Anforderungen

Eine Fuge kann aufgefasst werden als Öffnung zwischen zwei Bauteilen, die in irgendeiner Weise zu verschließen ist oder als Verbindung zwischen zwei Bauteilen. Eine Verbindung zwischen Bauteilen ist allgemein als kraftschlüssige Verbindung zu verstehen. Ist der Kraftschluss nicht hergestellt, so besteht auch keine echte Verbindung.

Eine Verbindung ohne Kraftschluss stellt eher eine Fugenverfüllung, eine Abdichtung als Überdeckung dar. Das Beispiel für eine kraftschlüssige Verbindung, also eine echte Verbindung zwischen Bauteilen kann z. B. mit Zementmörtel oder Kunstharzmörtel hergestellt werden. Diese starren Verfüllungen (Verbindungen) erlauben eine nahezu vollständige Übertragung der Kräfte von einem Bauteil zum anderen. Dagegen stellt eine Fugenverfüllung mit einem Kitt, einem Mastix oder einem Dichtstoff die Kraftübertragung nicht oder nur in sehr geringem Maße dar.

Fugenverfüllungen mit Dichtstoffmassen und Zementmörtelfugen im Innenraum werden nachfolgend im Vortrag vorrangig behandelt, da sie die weitaus überwiegende Ausführungsart darstellen. Hinweise zu Dichtbändern und ein Abschnitt über Schäden an Dichtstofffugen werden anhand von Photos aus der Beweissicherungspraxis dargestellt.

Die gesamte Thematik der Bäderverfugungen kann nur auszugsweise behandelt werden.

Regelwerke, DIN-Normen

Die Vielzahl von deutschen, österreichischen und schweizerischen Normen und Regelwerken können hier nicht alle erfasst und berücksichtigt werden. Für Innenraumfugen können/sollten jedoch vorrangig die Vorgaben der oft nicht in der Praxis bekannten DIN 18540 bzw. die Empfehlungen des IVD, hier die IVD – Merkblätter 1 – 28, insbesondere das IVD – Merkblatt Nr.3, das Regelaufbauten im Detail vorgibt, in der Planung und der Ausführung mehr verbreitet und angewandt werden.

Geltungsbereich

Das Merkblatt gilt als Ergänzung zu bestehenden Normen und technischen Regelwerken.

Es gilt im Innenbereich für Fugen und ihre Abdichtung mit Dichtstoffen, die einer Belastung durch nicht drückendes Wasser ausgesetzt sind: Unter Sanitär- und Feuchträumen im Sinne des o.a. Merkblattes werden folgende Bereiche verstanden, wie sie z. B. im ZDB- Merkblatt A, A0 und C definiert sind [1]:

- Bäder
- WC's
- Duschen
- Küchen
- Waschküchen
- Saunabereiche
- Molkereien
- gewerbliche Küchen etc.

Fugentypen

Das Merkblatt gilt für :

- Feldbegrenzungsfugen
- Boden/Wand-Anschlussfugen
- Anschlussfugen allgemein
- Bodenfugen.

Materialien, Stoffe

Verwendung von Materialien gemäß DIN 18540 (Fugenkonstruktionen mit Dichtstoffen) mit geschlossenzelliger Rundschnurhinterfütterung und Haftgrundierung der Fugenflanken auf Polysulfid- oder Polyurethanbasis (Abbildung 8). Dichtbänder und deren Verwendung werden gesondert im Merkblatt Nr.5 des IVD (Industrieverband Dichtstoffe, Düsseldorf), behandelt. Als Basis für die wesentlichsten in der Praxis eingesetzten Fugendichtstoffe werden verwendet :

- Acrylat-Dispersion
- Acrylterpolymer gelöst
- Polysulfid
- Polyurethan
- Silikonkautschuk
- Butylkautschuk
- Epoxid-Polyurethan-Kombination
- Bitumenwerkstoffe
- Hybridwerkstoffe.

Einzelne Stoffe, wie Polysulfid – und Polyurethan-dichtstofffugen, eignen sich z. T. auch für horizontale Befahrbarkeit. Die speziellen Anwendungsbereiche werden in der Gebrauchstauglichkeit gemäß der neuen EU – Bauproduktenverordnung benannt. Acrylatfugendichtstoffe eignen sich daher z. B. nicht für Dehnungsfugen, sind jedoch für Arbeitsfugen zu gebrauchen. Polysulfid- und Polyurethanfugen haben sich aufgrund der universellen Verwendbarkeit und Qualität bei unterschiedlichsten Anforderungen bewährt.

Die einzelnen Werkstoffe unterteilen sich noch in weitere Untergruppen, z. B. durch unterschiedliche Zugabe von Härtern und mehr oder weniger hohen Anteilen von Bindemitteln. Die Zuverlässigkeit und Wirksamkeit sowie die Langzeittauglichkeit von Dichtstoffen, als auch die Wirksamkeit sowie die Langzeittauglichkeit von vorkomprimierten Dichtbändern hängt entscheidend von der Qualität der einzelnen Bestandteile ab. Die in der Praxis z. T. vorhandenen hohen Preisunterschiede resultieren aus der Güte der Zusammensetzung der Stoffe.

Es verformen sich z. B. o. a. Fugendichtstoffe auf Basis von Acrylat- Dispersionen plastisch, weil ihr materialbedingtes Rückstellvermögen als gering zu bewerten ist. Die Dauerbelastbarkeit ist ein wesentlicher Entscheidungsgrund für die Auswahl des Dichtstoffes. Das maximale Dehnungsvermögen von gut formulierten Polyurethanmassen erstreckt sich etwa bis 20 %, ebenso das von Polysulfidmassen, die jedoch am Markt durch die guten Weiterentwicklungen der Polyurethanmassen immer weniger werden. Silikonkautschukmassen haben eine ebenso hohe Qualität in bestimmten Anwendungsbereichen (z. B. im Großküchenbereich, Anmerk. des Verfassers). Andere Dichtstofftypen, wie minder gut formulierte Silikonkautschuke und Acrylpolymeren liegen z. B. nur in einem Dehnvermögensbereich von ca. 10–15 %.[2]

Gesetzlicher Rahmen

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die im Dezember 2012 erschienene Normenreihe DIN EN 15651 – 1 bis 5. Die aus dieser Norm resultierenden Anforderungen (CE-Kennzeichnung) sind mit dem Beginn der Koexistenzphase am 1. Juli 2013 freiwillig anwendbar und werden mit dem Ende der Koexistenzphase ab dem 1. Juli 2014 verbindlich. Fugendichtstoffe unterliegen als Bauprodukt der Europäischen Bauproduktenverordnung (in Kraft seit 24.04.2011), die unmittelbar in allen EU-Staaten

gültig ist. Bauprodukte sind definitionsgemäß dazu bestimmt, dauerhaft im Bauwerk zu verbleiben. Die Bauproduktenverordnung bildet die gesetzliche Grundlage zur Definition der Anforderungen an eine generelle Brauchbarkeit der Produkte und der Beseitigung technischer Handelshemmnisse in der EU. Die Verordnung selbst gibt nur die Ziele vor, aber nicht, wie sie zu erreichen sind. Diese Ziele sind in sieben Grundanforderungen zusammengefasst [1]:

1. mechanische Festigkeit
2. Brandschutz
3. Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz
4. Sicherheit und Barrierefreiheit
5. Schallschutz
6. Energieeinsparung und Wärmeschutz
7. nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen.

Sachgerechte Ausführung

Grundsätzlich zeigt sich in der Baupraxis, dass auf sauberen und festen Untergründen der Einbau von Fugendichtstoffen mit Haftgrundierung eine Langlebigkeit erzielt, die ohne die Haftgrundierung nicht erreicht werden kann.

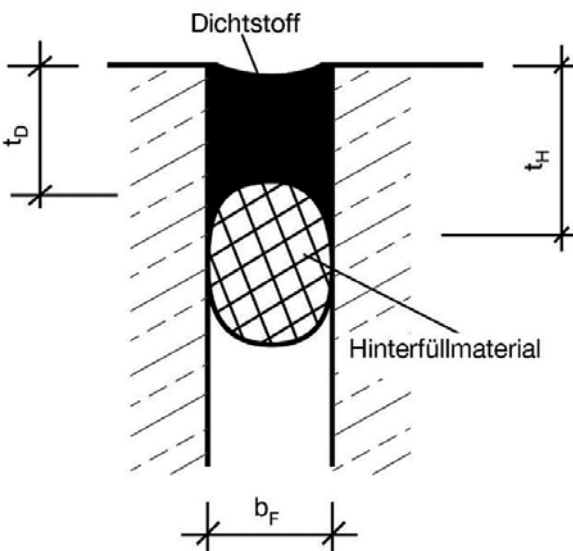
 <p>Prinzipische Skizze einer Rechteckfuge; t_H= Haftfläche des Dichtstoffes</p>	Dimensionierung des Dichtstoffes für Rechteckfugen	
	Fugenbreite b _F	Dichtstofftiefe t _D
	5 mm	5 mm
	6 mm	6 mm
	8 mm	8 mm
	10 mm	8 mm
	12 mm	8 mm
	15 mm	10 mm

Abb. 1: Fugenabmessungen gem. IVD-Merkblatt Nr. 3, Abbildung 1

Für eine dauerhafte Flankenhaftung ist bei der Rechteckfuge, Abbildung 1, eine Mindestfugentiefe (t_D) von 5 mm einzuhalten.

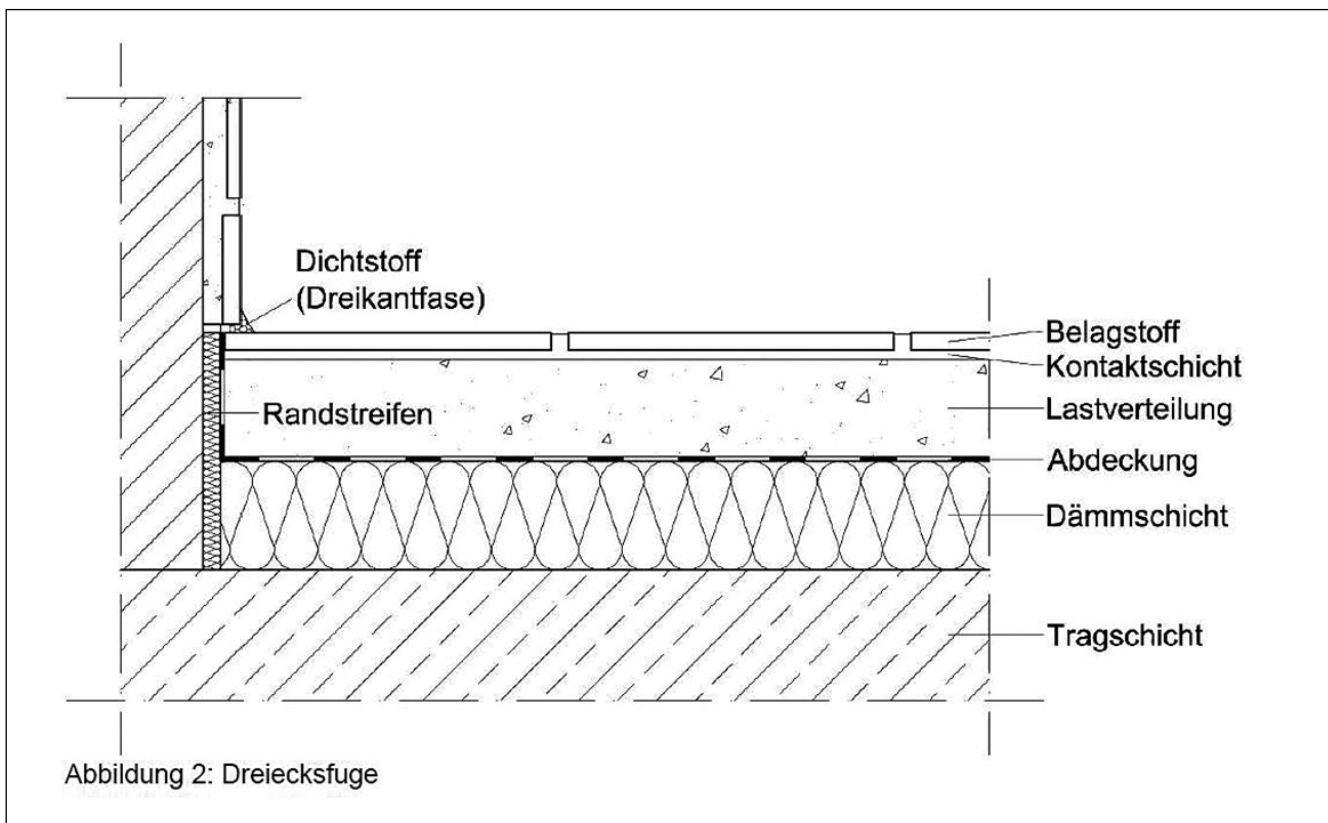


Abb. 2: Boden- Wand-Eckfuge als Dreiecksfuge, gem. IVD-Merkblatt Nr. 3, Abb. 2

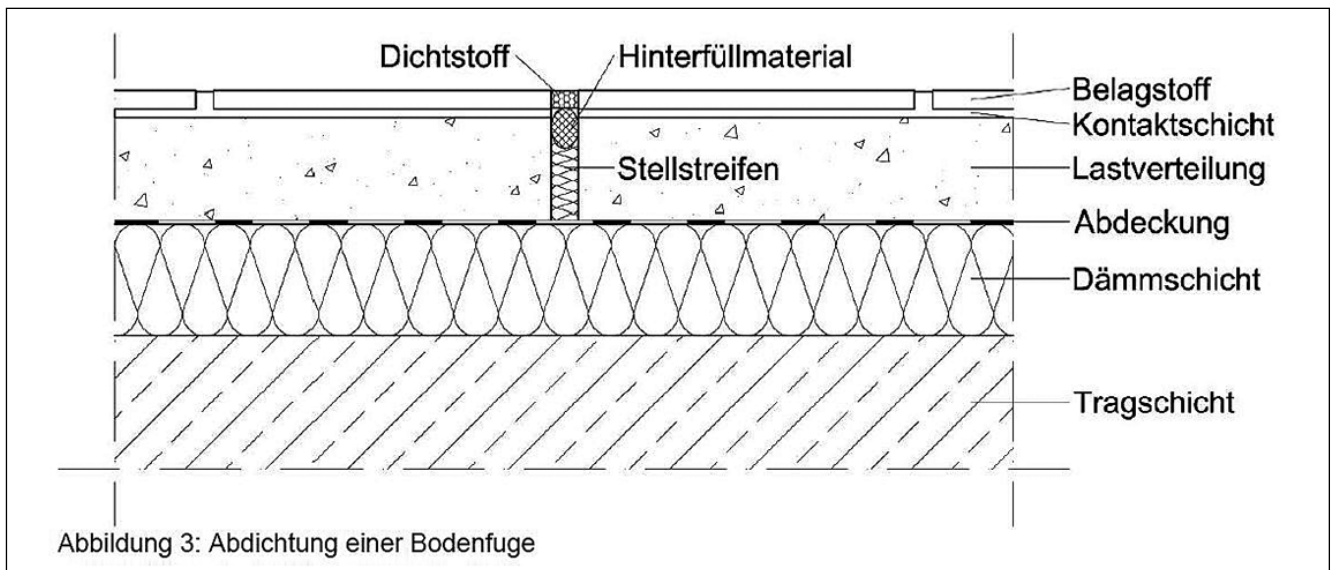


Abb. 3: Bodenfuge, Feldbereich, gem. IVD-Merkblatt Nr. 3, Abb. 3

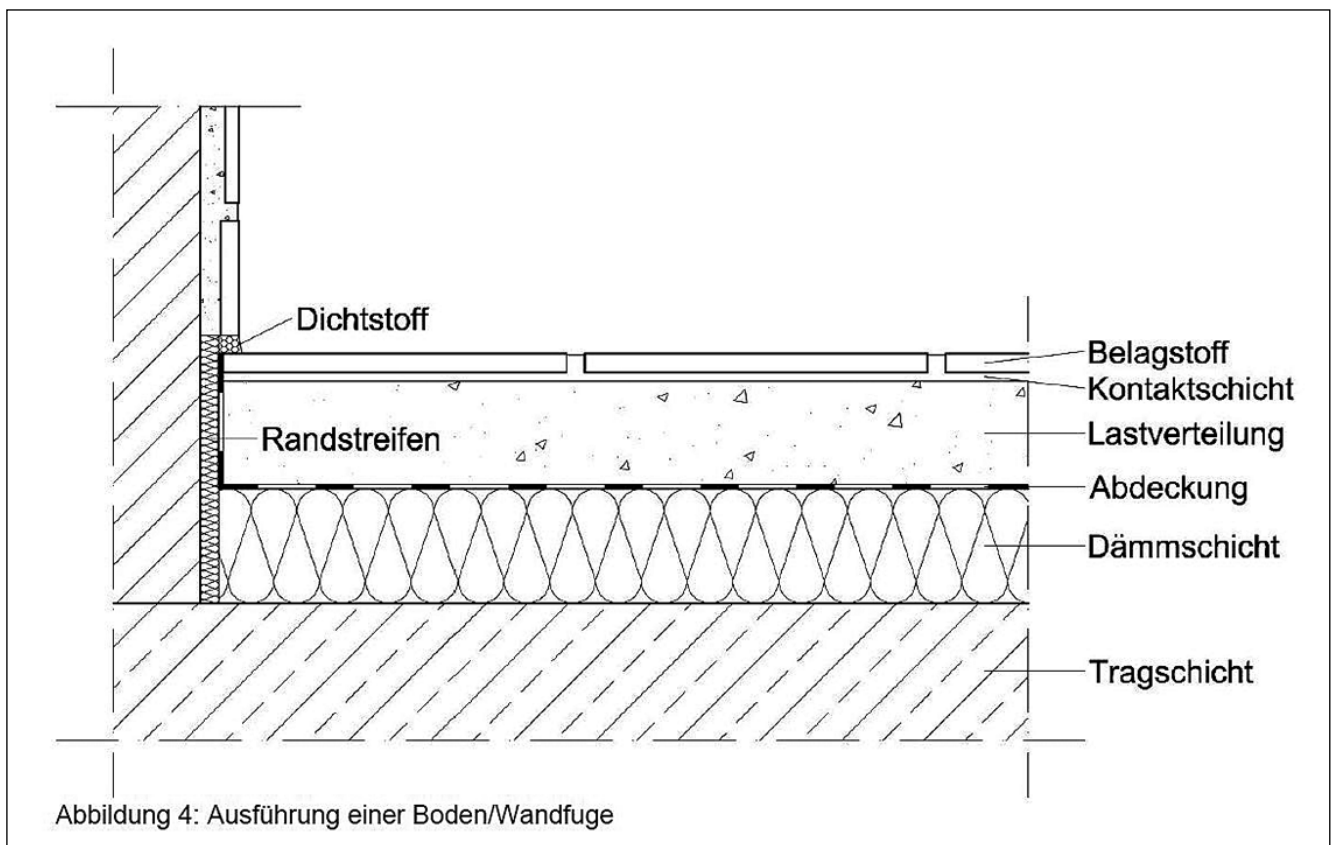


Abb. 4: Dichtstofffuge, herausgehoben aus der wasserführenden Ebene, Boden-Wand-Eckfuge, gem. IVD-Merkblatt Nr. 3 vom Juli 1996

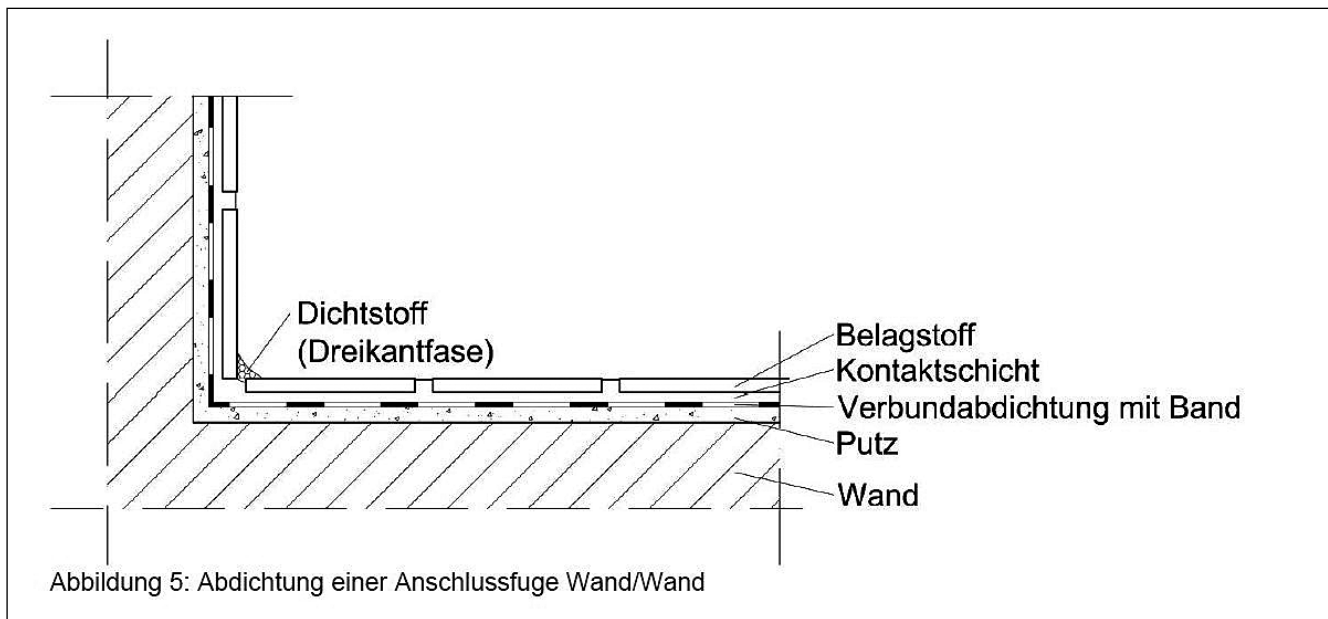


Abb. 5: Wand-Wand-Eckfuge als Dreiecksfuge, gem. IVD-Merkblatt Nr. 3, Abb. 5

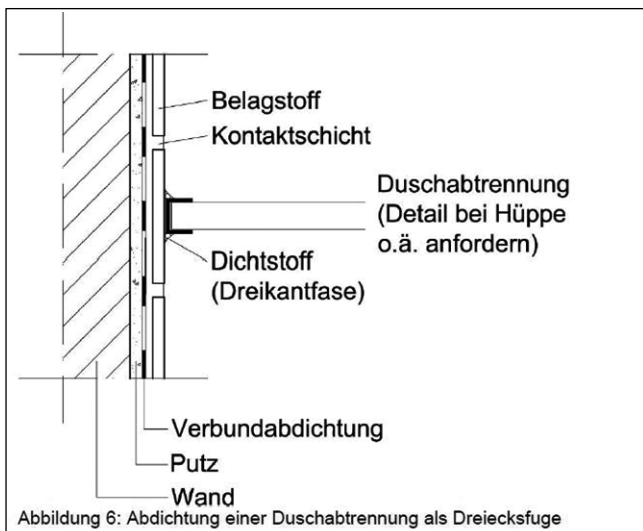


Abb. 6: Abdichtung einer Duschabtrennung, gem. IVD-Merkblatt Nr. 3, Abb. 6

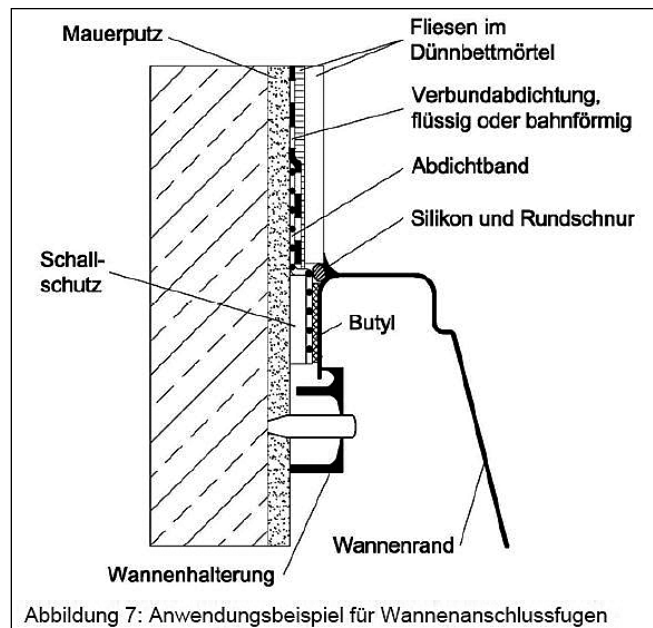


Abb. 7: Wannenanschlussfuge, gem. IVD-Merkblatt Nr. 3, Abb. 7

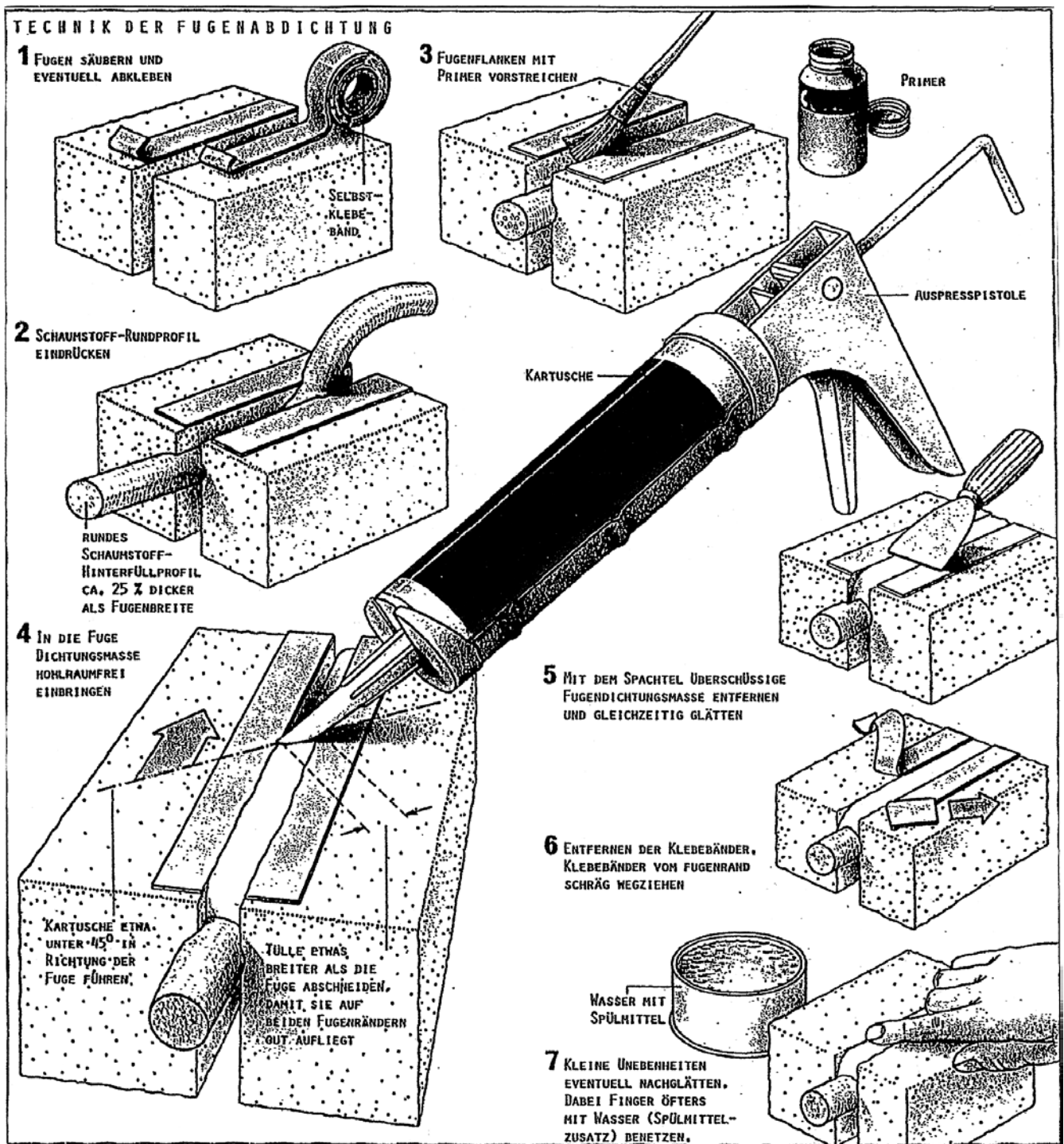


Abb. 8: Dichtstofffuge gem. DIN 18540

Arbeitsvorgang Fuge nach DIN 18540 [2] :

1. Fugen säubern, Kanten abkleben
2. geschlossenzellige Schaumstoffrundschnur (PE-Basis) eindrücken
3. Fugenflanken sauber mit Primer (PU-Basis) vorstreichen
4. in die Fuge den Dichtstoff hohlraumfrei einbringen
5. mit dem Spachtel überschüssiges Dichtstoffmaterial entfernen und glätten
6. Entfernen der Klebebänder
7. kleine Unebenheiten mit Wasser + Spülmittel nachglätten.

Dichtbänder

Dichtbänder unterschiedlicher Art und Dimension werden von verschiedenen Herstellern seit vielen Jahren angeboten. Die Ausführung erfordert mit den Systemen gut vertrautes Fachpersonal. Die Produkte bestehen meistens aus Elastomer – Fugenbändern oder aus Weich-PVC-Material oder einer Kombination natürlicher und synthetischer Kautschukverbindungen. Geschultes Fachpersonal ist in der Lage, damit bei präziser Ausführung nach vorgegebenem System Raumanschlussfugen z.B. zwischen Boden /Wandekübergängen abzudichten.

Die gerichtliche Beweissicherungspraxis zeigt jedoch auch immer wieder Schwachstellen von solchen Systemen auf. Sie beruhen darauf, dass z.T. die verwendeten, manchmal oft nur 5–10 cm breiten Bänder mit wenigen Metern Länge, mit im System angebotenen Eckstücken, T-Stücken oder auch Kreuzstücken kombiniert, gestückelt eingebaut werden, wodurch es bei der Vielzahl der Formstücke zu handwerklichen Versäumnissen kommen kann.

Allerdings werden Dichtbänder mit breiteren Bandbreiten und somit großflächigeren Klebebereichen als vorteilhaft gegenüber kleinteiligen Systemen von vielen in der Baupraxis tätigen Kollegen angesehen.

Bei der Verarbeitung ist darauf zu achten, dass der Untergrund tragfähig und trocken ist, die Verarbeitungstemperatur nicht unter 5–6 Grad liegt, die relativen Raumluftfeuchten bei der Verarbeitung möglichst unter 60 % liegen sollten, bei filmbildender Tauwasserbildung auf der Untergrundoberfläche nicht gearbeitet werden kann, i.d.R. eine zerstörungsfreie Feuchtigkeitsmessung unterbleibt, keine neuerliche Feuchtigkeit aus dem Bauprozess

seitlich oder von unten andringen kann, etc. Die feuchtemesstechnische Prüfung des Untergrundes ist unerlässlich. Bei wirklich schwierigen und zu erwartenden möglichen drückenden Lastfällen sollte sicherheitshalber doch ganzflächig z.B. mit Flüssigabdichtungssystemen naht- und fugenlos gearbeitet werden. Im Vortrag wird die vorgenannte Problematik am Beispiel eines Duschbereiches in einem REHA-Bad dargestellt.

Typische Schäden an Dichtstofffugen

Die am häufigsten festzustellenden Schadensbilder und Mängel an Dichtstoff-Fugen zeigen sich in Form von :

1. Fugenabrissen an den Fugenflanken
2. oberflächige und auch substanzielle Rissbildungen im Fugenkörper
3. Kontraktion und Verhärtung von Fugenmassen mit Spaltbildungen zu den benachbarten Bauteilen
4. unsauber und zu gering gefüllte Fugenräume mit offenen Fehlstellen.

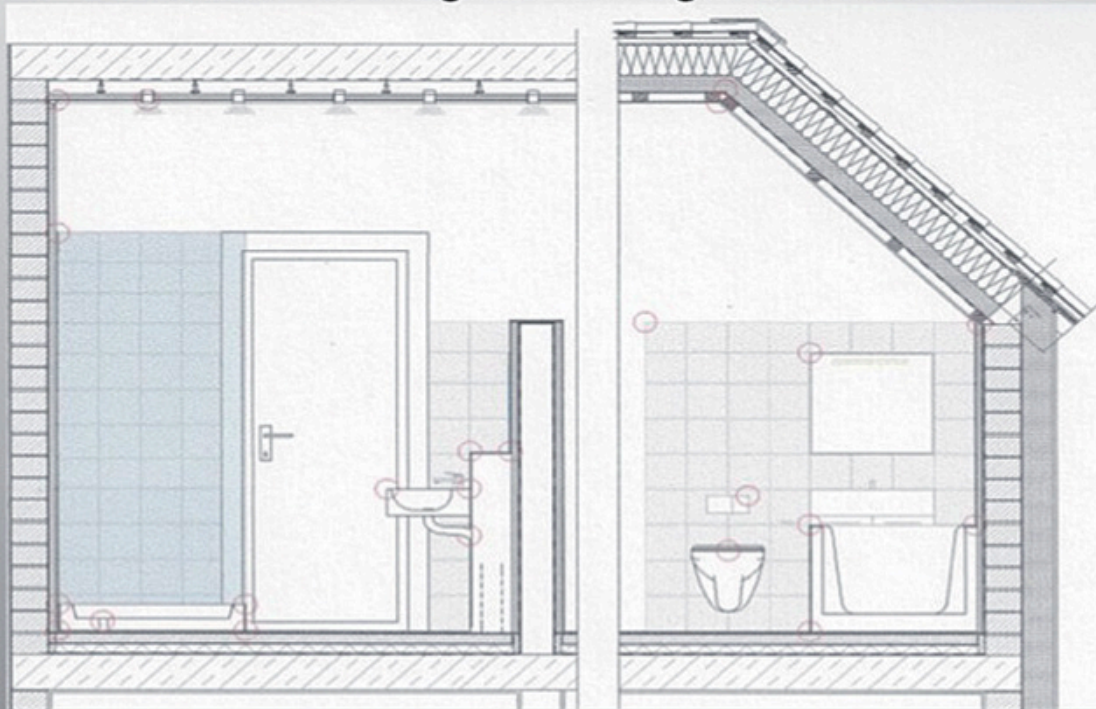
Die Ursachen sind zu 1. in den meisten Fällen fehlende Haftgrundierung, d.h. Fugeneinbau ohne vorheriges „primern“ der Fugenuntergründe, zu 2. aufgrund mangelhafter Werkstoffqualität, vorheriges „Primern“ der Fugenuntergründe und zu 3. ebenfalls unzureichende Werkstoffgüte, z.B. weil mit zu hohem Bindemittelanteil und zu geringem Weichmacheranteil versehen sowie zu 4. aufgrund handwerklicher Nachlässigkeit. Risse im Fugenbandkörper sind nicht bekannt, jedoch Ablösungen im Randbereich aufgrund mangelhafter Haftgrundierung (oder den o.a. weiteren umgebungsbedingten Versagensgründen, Anm. des Verfassers) [2].

Grundsätzlich ist bei der Planung der Sanierung zu überlegen, ob die geschädigte oder nicht beständige Dichtstoffverfugung durch eine neue ersetzt werden soll. Grundsätzlich ist der Einbau anderer Dichtstoffe auf bereits mit alten und billigen Silikonichtstoffen verfugte Bereiche problematisch, da die in den Untergrund der Flanken eingedringenen Silikonöle eine dauerhafte Anhaftung anderer Dichtstoffe praktisch ausschließen. Bei anderen Materialerneuerungen sind in jedem Falle die Untergründe der Fugen gründlichst zu schleifen und zu säubern, voll deckend mit Haftgrundierung zu versehen und sorgfältig mit neuem Dichtstoff zu verfugen.

Insbesondere im Innenbereich sind so genannte „Dreiecksfugen“, ohne Haftgrundierung und Hinterfütterungsmaterial eingebaute Verfugungen, nicht für wasserbelastete Bereiche wie Bäder und Waschküchen geeignet, werden aber sehr oft „gespritzt“ bzw. eingebaut, was seitens des Verfassers nicht als a. a. R. d. Technik angesehen wird. Es wird hier nochmals auf die Empfehlungen des IVD hingewiesen.

Die Verarbeitung von Silikondichtstoffen ist z.B. zwischen Keramik- u. Emailleoberflächen auch ohne Haftgrundierung möglich. Eine Anwendung zwischen mineralischen Fugenuntergründen bzw. Fugenflanken ist jedoch mit qualitativ nicht hochwertigen Silikonwerkstoffen nicht langzeitbeständig, da die vorhandenen Silikonöle in den z.B. hydraulisch gebundenen Untergrund eindiffundieren und dadurch die Elastizität und Dichtigkeit der Dichtstoffmasse abnimmt. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass es absolut hochwertigste Silikonwerkstoffe auf dem Spezialmarkt gibt, die z.B. bis weit über 100 ° C. hitzebeständig sind.

Auswahl möglicher Fugenbereiche



Dachausbau : Umbau eines ehemaligen Gymnasiums in Eigentumswohnungseinheiten. Das spätere Badezimmer.



Dichtungsband nicht durchgezogen..



Fugenband in Auflösungsprozess



Eck-Detail



gute Arbeit sieht man



Literatur, Quellen

- [1]: IVD-Merkblatt Nr. 3
- [2]: IVD-Merkblatt Nr. 5
- [3]: Bild 8 : aus einem Werbeprospekt der Firma Capatect

Alle abgebildeten Detailzeichnungen entstammen IVD-Merkblättern, mit freundlicher Genehmigung des HS Public Relations Verlag und Werbung GmbH



Prof. Dipl.-Ing. Jens Uwe Zipelius

Diekskamp 7 B
22949 Ammersbek

Tel: 040-224249
E-Mail: jens.zipelius@t-online.de

Hygrothermische Simulation – Anwendungsmöglichkeiten für Planer und Sachverständige

Daniel Zirkelbach

Bauteile sind nie vollständig trocken. In Abhängigkeit von den Randbedingungen stellen sich im Jahresverlauf unterschiedlich hohe Wassergehalte ein – je nachdem, welche Feuchtetransport- und Speichervorgänge gerade stattfinden. Wesentlich ist dabei, dass die Feuchtegehalte nicht so stark ansteigen, dass Schäden auftreten können.

Durch die Klimaunterschiede zwischen innen und außen ergeben sich Wasserdampfdiffusionsströme durch die Bauteile, die bei mitteleuropäischen Klimaverhältnissen meist von innen nach außen verlaufen. Nur bei hohen Außentemperaturen bzw. kühlem Raumklima richtet sich der Diffusionsstrom auch nach innen. Deutlich größere Feuchtemengen können in das Bauteil gelangen, wenn eine saugfähige Außenoberfläche in Kontakt mit Regen oder Spritzwasser kommt. Auch Tauwasserbildung in den Bauteilen bzw. auf den Oberflächen, Luftkonvektion und Erdfeuchte tragen zur Befeuchtung bei. Feuchtaufnahme und Trocknung müssen sich dabei allerdings die Waage halten, so dass weder im Jahresverlauf noch langfristig kritisch hohe Feuchtegehalte überschritten werden. Die Idee der Feuchtebilanz ist bereits im Glaserverfahren nach DIN 4108-3 [1] enthalten; das Verfahren ist allerdings beschränkt auf den winterlichen Tauwasserschutz und lässt viele wichtige Effekte außer Acht. Hygrothermische Simulationen nach DIN EN 15026 [2] ermöglichen dagegen eine Berücksichtigung fast aller relevanten Einflussfaktoren und erlauben damit eine deutlich umfassendere und zuverlässigere Beurteilung der Feuchteverhältnisse in Bauteilen – sowohl für die Planung als auch für die nachträgliche Analyse von Schäden und deren Ursachen.

Dieser Beitrag verdeutlicht die Unterschiede zwischen dem Glaser-Verfahren und der hygrothermischen Simulation und stellt die zahlreichen Anwendungsbereiche von Simulationen für Planer und Sachverständige praxisnah vor.

Hygrothermische Simulation – Anwendungsmöglichkeiten für Planer und Sachverständige

Glaser versus hygrothermische Simulation

Für die Feuchtschutzbeurteilung von Bauteilen gibt es in Deutschland die bauaufsichtlich eingeführte und damit verbindliche DIN 4108-3, die neben Hinweisen zum Schlagregenschutz ein Beurteilungsverfahren für den winterlichen Tauwasserschutz enthält [1].

Bei diesem Verfahren wird grafisch oder rechnerisch eine Bilanz der Diffusionsströme erstellt, die sich im Jahresverlauf durch das Bauteil hindurch einstellen. Als Raum- und Außenklima werden Blockrandbedingungen für Temperatur- und Luftfeuchte verwendet, die sich zwar an der Realität orientieren, dann aber so angepasst wurden, dass bewährte Bauteile durch das Verfahren zugelassen, kritische dagegen aussortiert werden. Die Randbedingungen können also nicht eindeutig aus den realen Verhältnissen abgeleitet oder angepasst werden: dies wird vor allem an den Innenraumtemperaturen von konstant 12°C im Sommer deutlich, die mit Sicherheit in keinem genutzten Wohnraum in dieser Form auftreten. Andere Klimaeinflüsse wie Sonneneinstrahlung, Wind, Schlagregen oder langwellige Abstrahlung bleiben unberücksichtigt. Knapp zusammengefasst beschränkt sich Glaser auf Befeuchtung im Winter und Trocknung im Sommer – jeweils ausschließlich aufgrund von Wasserdampfdiffusion.

Trotzdem wird Glaser seit vielen Jahren eingesetzt und hat sich durchaus gut bewährt, nämlich für die Bauteile, für die das Verfahren entwickelt wurde: Leichtbaukonstruktionen, bei denen weder Einbaufeuchte noch Regenwasseraufnahme oder Strahlungsabsorption eine entscheidende Rolle spielen. Eine Ausnahme stellen allerdings beidseitig dampfdichte Leichtbaudächer dar. Sie weisen in der Praxis häufig Schäden auf, obwohl die Glaser-Beurteilung grünes Licht gibt und für diese Art von Dächern auch geeignet ist. Dies liegt daran, dass bei der Beurteilung ein ideal dichtes und trockenes Bauteil angenommen wird; ein Zustand, der in der Baupraxis aber kaum gewährleistet werden kann. Ohne Feuchteintrag ist die geringe Trocknungsmöglich-

keit solcher Bauteile nicht problematisch – wenn aber Feuchte eingebaut wird oder über Undichtheiten in die Konstruktion gelangt, führt dies häufig zu Schäden.

Viele andere Konstruktionstypen sind entweder aufgrund der in der Norm genannten Anwendungsgrenzen von der Beurteilung mit Glaser ausgeschlossen oder von der Nachweispflicht befreit. Im ersten Fall sind Effekte oder Klimaelemente dominant, die in Glaser nicht berücksichtigt werden: beispielsweise Einbaufeuchte, Regenwasseraufnahme, extremes Außenklima, Dachbegrünungen oder Räume, die klimatisiert oder nicht für Büro- und Wohnzwecke genutzt werden. Im zweiten Fall haben die Bauweisen ihre langfristige Funktionsfähigkeit in der Praxis bereits belegt, obwohl sie die Glaser-Kriterien eventuell nicht erfüllen würden.

Die Anwendungsgrenzen des Glaserverfahrens führen direkt zur hygrothermischen Simulation, die über physikalische Modelle eine realitätsnahe Berechnung der Wärme- und Feuchteverhältnisse ermöglicht und fast alle baupraktisch relevanten Einflussgrößen berücksichtigen kann. Die DIN 4108-3 selbst empfiehlt seit 2001 für die Bauteile, die nicht im Anwendungsbereich des genormten Verfahrens liegen, eine Beurteilung mit Hilfe hygrothermischer Simulationen (vgl. Kapitel A.2.1 und A.2.2). Dies war zum damaligen Zeitpunkt noch ein Novum – mittlerweile finden die Simulationen aber auch infolge der Regelung durch die europäische Norm DIN EN 15026 (2007) immer breitere Anwendung.

Über die Diffusionsbilanz des Glaserverfahrens hinaus werden unter anderem folgende Effekte und Randbedingungen erfasst:

- Regenwasseraufnahme und Flüssigtransport
- Feuchtespeicherung und Austrocknung von Einbaufeuchte
- Wärmespeicherung und thermische Trägheit
- Einfluss des Feuchtegehalts auf die Dämmwirkung
- Wirkung feuchtevariabler Dampfbremsen
- Eisbildung und Verdunstung
- Erwärmung durch kurzwellige Einstrahlung
- Unterkühlung durch langwellige Abstrahlung und Tauwasserbildung.

Sie sollten je nach Fragestellung neben Temperatur und Luftfeuchte auch Sonnenstrahlung, Wind, Niederschlag und atmosphärische Gegenstrahlung enthalten. Das Raumklima kann in gemessener Form, durch geeignete nutzungsabhängige Modelle oder entsprechend der geplanten Sollwerte abgebildet werden.

Vorgehensweise bei der Simulation

Die Vorgehensweise zur Durchführung und Bewertung einer hygrothermischen Bauteilberechnung wird hier anhand der eindimensionalen Version WUFI® Pro [3] dargestellt. Abb. 2 zeigt die Benutzeroberfläche von WUFI® mit den Eingaben für eine innen gedämmte Mauerwerkswand.

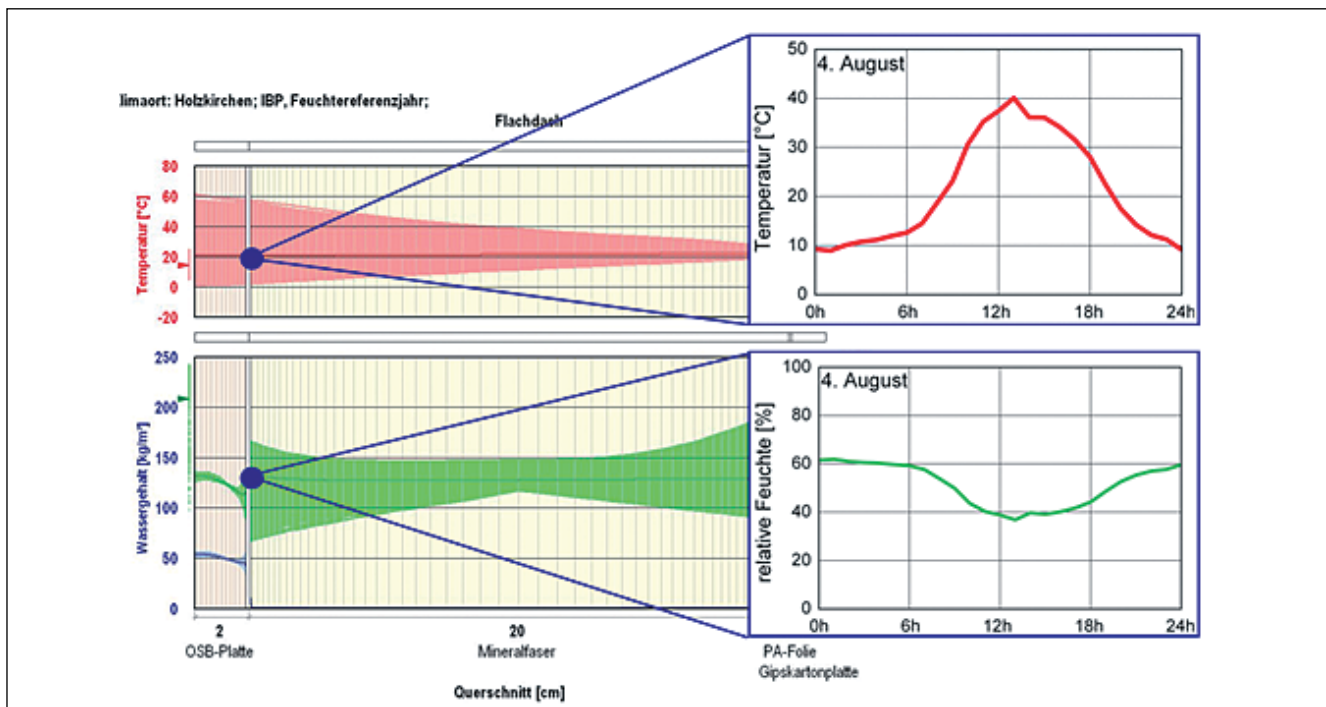


Abb. 1: WUFI® Simulation nach [3]- Verlauf von Temperatur und relativer Luftfeuchte unter der äußeren Beplankung eines Flachdaches an einem Sommertag.

Wesentlich für eine zuverlässige Berechnung sind geeignete Materialkennwerte, die neben den für Glaser benötigten Daten auch die Feuchtespeicherung, den Flüssigtransport und die Feuchteabhängigkeit einiger Eigenschaften wie Wärmeleitfähigkeit oder Wasserdampfdiffusionswiderstand beinhalten. Da einige Schadensmechanismen auch durch kurzfristige Vorgänge wie den Tagesgang des Außenklimas beeinflusst werden (vgl. Abb. 1), sind zudem repräsentative Klimadaten für den jeweiligen Standort in normalerweise stündlicher Auflösung erforderlich.

Zunächst wird der Wandaufbau mit den Materialschichten und Dicken eingegeben. Dabei enthalten die Programme in der Regel eine Materialdatenbank, die sowohl neue und herstellerspezifische als auch generische historische Materialdaten enthält. Neben den Standardkennwerten zu Diffusionswiderstand und Wärmeleitfähigkeit sind zusätzlich in Laborversuchen ermittelte Daten für Feuchtespeicherung und Flüssigtransport sowie die Abhängigkeit der Kennwerte von Temperatur und Feuchte (beispielsweise die Zunahme der Wärmeleitfähigkeit mit dem Wassergehalt) hinterlegt. Der Nutzer hat auch die Möglichkeit, eigene Materialdaten auf Basis von Messwerten oder Datenblättern ein-

zugeben oder die hinterlegten Daten bei Bedarf objektspezifisch anzupassen. Dabei sind allerdings die große Bandbreite und die gegenseitige Abhängigkeit der unterschiedlichen Kennwerte zu berücksichtigen und unsichere Parameter ggf. mit Sensitivitätsanalysen zu überprüfen.

Dem eingegebenen Bauteil wird dann eine bestimmte Neigung (Dach, Wand) und Orientierung zugewiesen, um die in den Klimadaten enthaltenen richtungsabhängigen Lasten wie Sonnenstrahlung und Schlagregen korrekt umrechnen zu können.

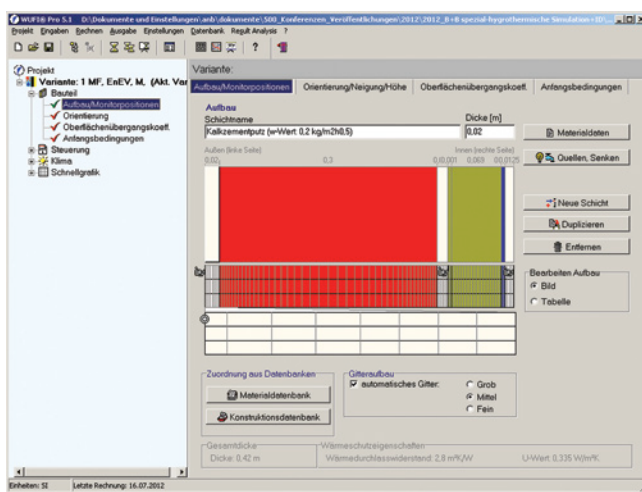


Abb. 2: Benutzeroberfläche der hygrothermischen Simulationssoftware WUFI®-Pro: Bauteilaufbau einer Ziegelwand mit Innendämmung.

Zur Berücksichtigung des Außenklimas sind zahlreiche Klimadatenätze mit stündlichen Werten enthalten. Für das Innenklima von Wohn- und Bürogebäuden kann auf unterschiedliche Modelle zurückgegriffen werden, die typische Verhältnisse teilweise in Abhängigkeit vom Außenklima abbilden (WTA 6-2-01/D [4], EN 13788 [5], EN 15026 [2] oder ASHRAE 160 [6]). Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, andere Datensätze, eigene Messwerte oder Laborbedingungen zu importieren und in der Simulation zu verwenden.

Die Einwirkung der Klimarandbedingungen auf die Bauteiloberfläche wird über die Oberflächenübergangsparameter berücksichtigt. Dabei führt beispielsweise die höhere Strahlungsabsorptionszahl einer dunklen Oberfläche zu einer stärkeren Erwärmung der Außenoberfläche oder der zusätzliche Diffusionswiderstand (sd-Wert) eines Anstrichs zu einer langsameren Trocknung.

Zu Beginn der Berechnung können sowohl typische Baufeuchten als auch rechnerisch ermittelte oder gemessene Feuchteprofile angenommen werden. Unterschiedliche Quellen und Senken bieten zudem die Möglichkeit, mehrdimensionale Effekte wie Hinterlüftung, Konvektion, Schlagregenleckagen o. ä. vereinfacht zu berücksichtigen. Startzeitpunkt und Dauer der Berechnung werden situationsspezifisch gewählt. Dabei benötigen diffusionshemmende Konstruktionen erfahrungsgemäß mehr Zeit als diffusionsoffene Bauteile, um den so genannten eingeschwungenen Zustand zu erreichen, bei dem sich die Verhältnisse nur noch mit den Jahreszeiten aber nicht mehr von Jahr zu Jahr ändern. Auch langfristige langsame Feuchteakkumulationen, die erst nach vielen Jahren zu kritischen Verhältnissen führen, können erfasst werden. Meist sind Berechnungszeiträume von etwa drei bis zehn Jahren sinnvoll, die Simulation dauert allerdings oft nur wenige Minuten.

Die Eingabe der erforderlichen Daten und die Durchführung der Berechnung, also die Handhabung der Software, ist vergleichsweise einfach – allerdings erfordert es sowohl entsprechende Fachkenntnisse als auch einige Erfahrung, um die Eingaben korrekt wählen zu können. Unrealistische Annahmen wie beispielsweise eine Berechnung ohne Schlagregen oder mit falschen Strahlungsabsorptionswerten können einen verfälschenden Einfluss auf die berechneten Verhältnisse und damit auf die Bewertung des Bauteils haben.

Bewertung der Ergebnisse

Ergebnis einer hygrothermischen Simulation sind die zeitlichen Verläufe der Temperatur- und Feuchteprofile (vgl. Abbildung 1) bzw. die Wassergehalts- und Temperaturverläufe in den verschiedenen Materialschichten. Im Unterschied zum Glaserverfahren gibt es keine allgemein gültigen „Versagenskriterien“; die Ergebnisse müssen einzeln ausgewertet und in Abhängigkeit von den eingesetzten Materialien beurteilt werden. Wie bei der Wahl der Eingabedaten sind dazu Fachkenntnisse und Erfahrung erforderlich. Einige wichtige Bewertungskriterien werden hier kurz vorgestellt.

Hygrothermisches Verhalten

In der Konstruktion darf sich langfristig keine Feuchte anreichern. Daher wird zunächst der Verlauf des Gesamtwassergehalts betrachtet: dieser darf fallen oder auf dem Ausgangsniveau verbleiben, sollte

aber nicht über den gesamten Berechnungszeitraum ansteigen. Anschließend werden die Feuchteverhältnisse in den einzelnen Materialschichten bewertet. Auch hier darf der Wassergehalt nicht während des gesamten Berechnungszeitraums steigen; dies könnte auftreten, wenn beispielsweise die Einbaufeuchte aus einer Schicht über viele Jahre lang austrocknet und sich parallel dazu in einer anderen Materialschicht anreichert.

Frost

Im eingeschwungenen Zustand sind materialabhängig unterschiedliche Wassergehalte zulässig. Frostbeständige Putze, Mauerwerk oder Beton vertragen im Prinzip Wassergehalte bis hin zur freien Sättigung – hier ist allerdings zu beachten, dass starke Durchfeuchtungen das Risiko für Algen und Schimmel auf den Außenoberflächen erhöhen. Der Wassergehalt in frostempfindlichen Materialien sollte generell niedriger bleiben. Bei Kalksandstein treten Frostschäden bei den in Mitteleuropa üblichen Wintertemperaturen ab Wassergehalten von etwa 12 M.-% auf. Für viele anderen Baustoffe sind jedoch keine Grenzwerte bekannt. Das neue WTA-Merkblatt zur Innendämmung [7] schlägt für nicht frostbeständige Materialien vor, einen Durchfeuchtungsgrad von 30 % bzw. eine relative Luftfeuchte in den Poren des Materials von 95 % r.F. nicht zu überschreiten. Bei diesen Verhältnissen können nach bisherigen Kenntnissen auch für empfindliche Materialien Frostschäden ausgeschlossen werden.

Holzfäule

Bei Holz und Holzwerkstoffen dürfen zur Vermeidung von Holzfäule und Festigkeitsverlusten der Materialien nach DIN 68000 20 bzw. 18 M. % nicht längerfristig überschritten werden. Ähnliches gilt für andere organischen Faserdämmungen. Die angegebenen Grenzwerte beinhalten allerdings gewisse Sicherheiten – erst ab Fasersättigung oberhalb von etwa 25 bis 30 M.-% können die Pilze dem Holz so viel Feuchte entziehen, dass ein Abbau des Materials möglich wird. Bei niedrigen Temperaturen verlangsamt sich das Wachstum der Pilze und kommt schließlich ganz zum Erliegen. Modelle zur genaueren Beurteilung des Holzfäulerisikos in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte und der gleichzeitig auftretenden Temperatur sind derzeit in Bearbeitung [8].

Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit

Bei feuchteunempfindlichen Dämmstoffen wie Hartschaumkunststoff kann über Diffusion aufgenommene Feuchte zu einer Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit führen – diese Abhängigkeit ist in den Materialdaten meist hinterlegt, so dass der Nutzer hieraus sinnvolle Maximalwerte ableiten kann. Bis etwa 2 Vol.-% kann in der Regel von einem nur geringen Einfluss auf die Wärmeleitfähigkeit ausgegangen werden.

Schimmel

Auf der Innenoberfläche sowie in Hohlräumen an den Materialgrenzen kann bei höheren Feuchteverhältnissen Schimmelpilzbildung auftreten. Aus der DIN 4108 ist dazu der Grenzwert von 80 % r.F. bekannt, der sich auf das Schimmelpilzrisiko an Wärmebrücken im Winter bezieht, also bei etwa 12,5 °C. Bei höheren Temperaturen, z.B. im Sommer, beginnt das Risiko dagegen schon bei etwa 75 % r.F. In WUFI® sind für die Bewertung der Innenoberfläche die minimalen Wachstumsbedingungen für Schimmelpilze als Grenzisoplethen hinterlegt. Bleiben die Verhältnisse an der Oberfläche unterhalb der Kurvenwerte, ist Schimmelpilzwachstum nicht möglich. Bei Überschreitung der Grenzkurven hängt das Risiko von Dauer und Grad der Überschreitung ab. Eine genaue Bewertung ist mithilfe des biohygrothermischen Modells nach [10] möglich, dass über eine Modellspore die spezifische Keimungs- und Wachstumsgeschwindigkeit des Schimmels berechnet. Das Modell WUFI® Bio steht auf der WUFI®-Homepage kostenlos zur Verfügung.

Tauwasser in Faserdämmungen

Steinwolle oder Glasfaserdämmungen weisen oft nur eine geringe Feuchtespeicherung auf. Bei Feuchteeintrag über Diffusion kommt es daher auf der Kaltseite der Dämmung in manchen Fällen zu Tauwasserbildung. Dabei sollten die Mengen so begrenzt werden, dass kein Abfließen des Kondensats stattfindet. Die Neufassung der DIN EN ISO 13788 [5] warnt deshalb vor einer Überschreitung 200 g/m², wenn die Materialien im Tauwasserbereich keine Feuchte aufnehmen können.

Korrosion

Metallische Konstruktionsbestandteile können bei hohen Feuchten korrodieren. Dies ist vor allem bei Bewehrungsstahl im Beton von Bedeutung, wenn nach der Karbonatisierung der Korrosionsschutz nicht mehr gewährleistet ist. Vereinfacht kann man

davon ausgehen, dass Korrosion von Stahl im karbonatisierten Beton unterhalb einer relativen Luftfeuchte in den Materialporen von 80 % nicht mehr möglich ist [9]. Auch hier beschleunigen höhere Temperaturen den Korrosionsfortschritt, was bisher allerdings kaum berücksichtigt wird. Das Fraunhofer IBP entwickelt derzeit in Zusammenarbeit mit der Politecnico die Milano ein Modell, das Korrosionsrisiko und -geschwindigkeit in verschiedenen mineralischen Baustoffen in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Luftfeuchte quantifiziert [11].

Weitere Bewertungskriterien können sich beispielsweise aus der feuchtebedingten Entfestigung, dem chemischen Verhalten oder der hygrothermischen Dauerhaftigkeit der eingesetzten Materialien ergeben und sind bei Bedarf zu berücksichtigen.

Sichere Planung braucht Fehlertoleranz

Für die Planung eines Bauteils ist es nicht sinnvoll, von einem perfekt dichten und trockenen Regelquerschnitt auszugehen – eine solche Betrachtung favorisiert diffusionshemmende Konstruktionen, die sich in der Praxis aufgrund ihres geringen Trocknungspotenzials eher als schadensanfällig herausstellen.

Grundregel bei der Feuchteschutzplanung sollte sein, Bauteile gerade so diffusionsdicht wie nötig, gleichzeitig aber so diffusionsoffen wie möglich, auszuführen. Dies führt durch Trocknungsreserven zu mehr Fehlertoleranz.

Einbaufeuchte

Um ein geeignetes Trocknungspotenzial zu gewährleisten, kann die Simulation beispielsweise mit einer realistisch erhöhten Anfangsfeuchte (z.B. für baufeuchtes Mauerwerk oder eine berechnete Holzschalung) gestartet werden. Diese Einbaufeuchte sollte wieder austrocknen können, ohne Schäden an der Konstruktion zu verursachen. Eine weitere Möglichkeit ist die Berücksichtigung von Feuchte, die im Einbauzustand beispielsweise durch Luftströmung oder Regenwassereintrag in die Konstruktion gelangt.

Feuchteeintrag über Konvektion

Leichtbaukonstruktionen sind nie vollständig luftdicht. Bei Druckdifferenzen, die vor allem im Winter aufgrund des thermischen Auftriebs im Innenraum entstehen, kommt es im oberen Bereich eines Gebäudes zu einer Durchströmung der Bauteile von

innen nach außen. Wird auf dem Durchströmungsweg die Taupunkttemperatur des Raumklimas unterschritten, kommt es zur Tauwasserbildung innerhalb des Bauteils (siehe Abbildung 3).

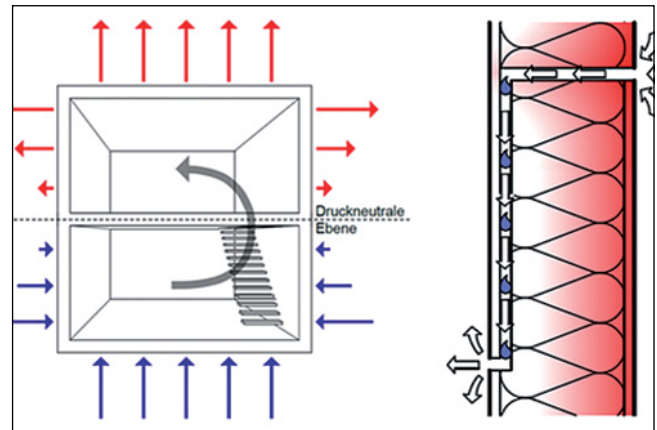


Abb. 3: Druckdifferenzen am Gebäude infolge von thermischem Auftrieb (links) und Durchströmung einer Leckage mit Tauwasserausfall auf der kalten Seite (rechts).

Die über Konvektion eingetragene Feuchte muss ebenfalls über Diffusion wieder austrocknen können, ohne Schäden zu verursachen. Da Konvektion in Leichtbauteilen die Regel und nicht die Ausnahme darstellt, fordert die Neufassung der DIN 68000 [12] eine geeignete Berücksichtigung dieses Effekts bei der feuchteteknischen Bemessung. Dies ist mit dem in [13] vorgestellten instationären Infiltrationsmodell in WUFI® einfach möglich: die konvektive Feuchtemenge wird bauteil- und klimaspezifisch ermittelt und als Quelle an der vom Planer gewählten Position in das Bauteil eingebracht.

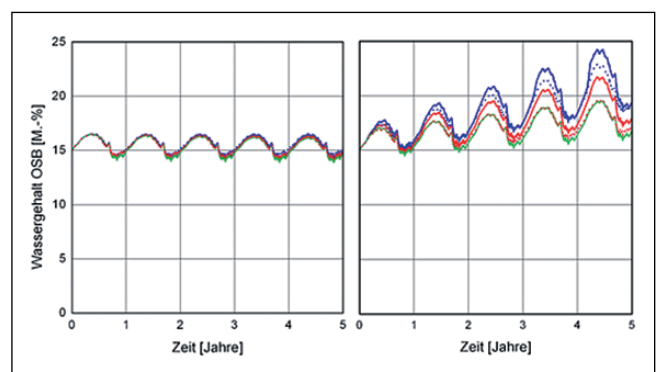


Abb. 4: Berechnete Holzfeuchte in der äußeren Beplankung eines beidseitig dampfdichten Leichtbau-Flachdachs mit heller Dachbahn bei verschiedenen hohen Feuchtelasten im Innenraum: unkritische Verhältnisse bei Annahme einer perfekt luftdichten Ausführung (links), Anstieg der Holzfeuchte in allen Varianten bei Berücksichtigung von konvektivem Feuchteeintrag (rechts).

Abbildung 4 zeigt für ein beidseitig diffusionsdichtes Flachdach mit heller Oberfläche die bei verschiedenen Raumklimabedingungen berechneten Holzfeuchten in der außenseitigen OSB-Bekleidung. Bei Annahme einer perfekten Luftdichtheit (links) ergeben sich völlig unproblematische Verhältnisse mit Holzfeuchten zwischen 14 und 16 M. %. Erst die Berücksichtigung der Infiltration (rechts) zeigt, dass die Konstruktion ein sehr geringes Trocknungspotenzial aufweist: selbst kleine zusätzliche Feuchtemengen führen zu einer kontinuierlichen Feuchteakkumulation; die Konstruktion ist somit nicht ausreichend fehlertolerant.

Feuchteintrag durch Schlagregenleckagen

Eine zusätzliche Befeuchtung findet häufig auch dann statt, wenn Schlagregen an Anschlussdetails wie Fensterlaibungen in die Konstruktion eindringt und hinter die Dämmung oder Fassadenbekleidung läuft. Dieser Vorgang hat bei diffusionshemmenden Dämmstoffen auf Holzkonstruktionen aufgrund der schlechten Trocknung zu zahlreichen Schäden in den USA und Skandinavien geführt. Neben einer besonders sorgfältigen Ausführung der Anschlussdetails fordert der nordamerikanische ASHRAE Standard 160 [6] als Konsequenz aus den Schadensfällen die Berücksichtigung eines zusätzlichen Feuchteintrags von 1 % des auf die Fassade auftreffenden Schlagregens. Diese Feuchtemenge wird bei jedem Regenereignis hinter die Dämmung in die Unterkonstruktion eingebracht. Nur wenn diese Feuchte schadlos wieder austrocknen kann, gilt die Feuchtesicherheit des Bauteils als gewährleistet. Die Größenordnung des Schlagregeneintrags wurde dabei anhand der Schadensfälle so „kalibriert“, dass die real geschädigten Konstruktionen auch in der Simulation versagen, während die schadensfreien austrocknen können. Die Menge von 1 % des Schlagregens hat sich inzwischen auch bei der Bewertung der Schadensfälle in Skandinavien als geeignet herausgestellt

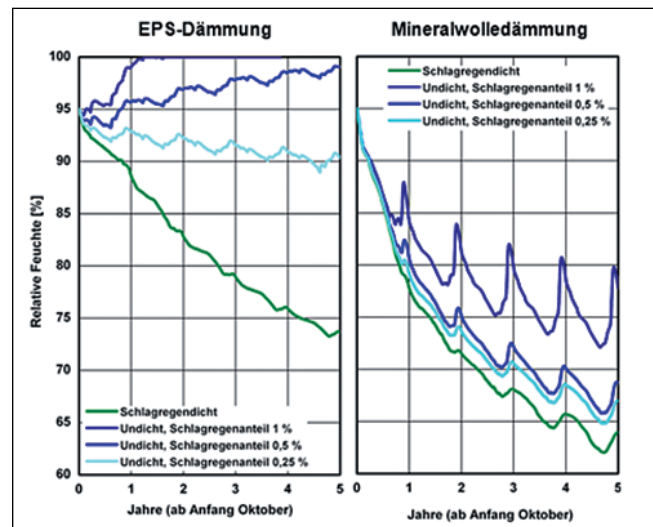


Abb. 5: Berechnete relative Luftfeuchte im Bereich der Betonbewehrung unter einem WDVS mit EPS- (links) und Mineralwollendämmung (rechts) in Abhängigkeit von der Schlagregendichtheit.

Die grünen Kurven in Abbildung 5 zeigen, dass bei der Berechnung einer Beton-Sandwichkonstruktion mit WDVS aus EPS (links) oder Mineralwolle (rechts) die anfänglich erhöhte Feuchte im Bereich der Bewehrung rasch absinkt, wenn keine Regenfeuchte hinter die Dämmung gelangen kann. Unterhalb von 80 % r.F. ist kein Risiko für Bewehrungskorrosion mehr gegeben. Mit unterschiedlich starkem Schlagregeneintrag (blaue Kurven) sinken beim diffusionsoffenen Dämmstoff (rechts) die Feuchten langfristig immer noch auf unkritische Werte. Bei der EPS-Dämmung kann die eindringende Feuchte dagegen nicht oder nur zu langsam austrocknen – die relativen Feuchten bleiben zwischen 90 und 100 % r.F. und die Korrosion setzt sich fort.

Wie stark beeinflussen unsichere Parameter das Ergebnis?

Bei der Beurteilung von Bauteilen während der Planungsphase wird im einfachsten Fall eine vorgegebene Konstruktion mithilfe einer Simulation auf ihre bauphysikalische Eignung überprüft. Der Planer erhält Informationen zum vorgesehenen Bauteilaufbau, zum Standort und zur Nutzung des Gebäudes. Auf Basis dieser Informationen erstellt er das Simulationsmodell und wählt geeignete Randbedingungen. Nach der Berechnung wertet er die Ergebnisse aus und beurteilt die Konstruktion auf ihre Eignung.

Diese Vorgehensweise enthält natürlich immer gewisse Unsicherheiten – bei der Wahl der Materialda-

tensätze, des Standorts, des Raumklimas usw. Auch zeitlich veränderbare Faktoren wie Verschattungen durch Bäume oder eine spätere Umnutzung mit höheren Feuchtelasten im Innenraum sind zu beachten. Dabei stellt sich die Frage, ob es akzeptabel ist, für die Unsicherheiten einfach plausible Annahmen zu treffen. Eine Antwort ist mithilfe der Simulation selbst möglich: Die unsicheren Parameter sollten generell in einem sinnvollen Rahmen variiert und der Einfluss dieser Variation auf das Ergebnis beurteilt werden. Ändert sich mit der Variation das Ergebnis nur geringfügig und die Bewertung bleibt gleich, ist eine Kenntnis des betreffenden Parameters nicht mit großer Genauigkeit erforderlich. Ändert sich das Ergebnis dagegen stark, ist der Parameter entscheidend für das Funktionieren des Bauteils und sollte genau ermittelt werden.

Dies betrifft beispielsweise auch den Klimaeinfluss. Die meisten Klimadaten wurden nicht speziell als repräsentative Jahre für hygrothermische Simulationen zusammengestellt – EN 15026 schlägt daher vor, aus einem mittleren thermischen Jahr durch eine pauschale Temperaturänderung von ± 2 K ein warmes oder ein kaltes Jahr zu erzeugen. Alternativ kann auch ein kühlerer oder wärmerer Standort aus der weiteren Umgebung gewählt werden. Ein Bauteil, das unter den Klimabedingungen von Würzburg gut funktioniert, in München aber bereits deutlich versagt, erscheint im Zuge der Planung eher nicht akzeptabel. Solche Analysen sind vor allem für den noch wenig erfahrenen Nutzer wichtig und lehrreich und helfen, bauteilspezifisch die wichtigen von den weniger wichtigen Einflussparametern zu unterscheiden.

Schadensanalyse – Vergleich von Planung und Ist-Zustand

Feuchte ist eine der Hauptursachen für Schäden an Gebäuden und Bauteilen. Je nach Quelle summieren sich die Schäden alleine in Deutschland auf mehrere Milliarden Euro pro Jahr. Eine Faustregel besagt, dass die Kosten für das Vermeiden von Schäden in der Planungsphase im Vergleich zu einer nachträglichen Ertüchtigung der noch nicht geschädigten Konstruktion bis hin zur Behebung eines bereits eingetretenen Schadens jeweils um etwa den Faktor 10 steigen. Trotzdem begegnet man nach wie vor häufig der Ansicht, dass die Planung der Feuchtesicherheit eigentlich nebenbei laufen sollte und vor allem nicht mit Kosten verbunden sein darf. Dies mag

für bewährte Bauweisen gerechtfertigt sein – immer stärker gedämmte Bauteile trocknen aber aufgrund der geringen Wärmeverluste schlechter und häufig sind es nur kleine Ursachen, die dann zu großen Schäden führen.

Die Beurteilung der Ursachen eines Schadens durch verschiedene Sachverständige kann dabei durchaus unterschiedlich ausfallen. Gerade wenn mehrere Faktoren infrage kommen, stellt deren Bewertung und Gewichtung häufig eine größere Herausforderung dar. Neben klassischen Beurteilungsmethoden kann eine hygrothermische Simulation bei der Begutachtung wertvolle Hilfestellungen geben: Sie ermöglicht, den geschädigten Ist-Zustand mit der Planung zu vergleichen und mögliche Schadensursachen einzeln bezüglich ihrer Auswirkung auf das hygrothermische Verhalten des Bauteils zu analysieren.

Bei der verfaulten Holzschalung einer begrünten Dachkonstruktion stellte sich beispielsweise die Frage, ob die Wahl einer vermeintlich ungeeigneten Dampfbremse die Ursache für den Schaden darstellt, oder ob die teilweise fehlende Dämmung und Fehler an der Luftdichtheitsebene, also eine mangelhafte Ausführung, für den Feuchteeintrag in das Dach, verantwortlich war. Eine rechnerische Untersuchung unter Annahme einer normalen Luftdichtheit zeigte, dass sich in der geplanten Konstruktion zwar im Winter Holzfeuchten bis knapp über 20 M.-% einstellen können und die Konstruktion damit nicht fehlertolerant ausgelegt war – ein Schaden und die gemessenen Holzfeuchten von bis zu 40 M.-% wären bei sachgemäßer Ausführung des Bauteils aber nicht aufgetreten. Eine Verwendung der vom Kläger eingeforderten alternativen Dampfbremse hätte sogar zu noch höheren Feuchtegehalten in der Konstruktion geführt als die bemängelten. Auch wenn die Planung hier verbesserungsfähig war, konnte als schadensursächlich doch eindeutig die mangelhafte Ausführung identifiziert werden.

Die typische Vorgehensweise ist also, das geplante Bauteil unter Annahme einer praxisüblich sorgfältigen Ausführung zu berechnen. Im Unterschied zur Bemessung sollte hier auf zusätzliche Sicherheiten eher verzichtet werden – d.h. es wird, soweit verfügbar, das lokale Klima und die tatsächliche Nutzung des Gebäudes berücksichtigt; die Anfangsfeuchten entsprechen den Informationen zum Bauablauf; die erreichten Feuchtegehalte werden bezüglich ihres

tatsächlichen Schadenspotenzials beurteilt. Anhand der Ergebnisse können die Ursachen eingegrenzt und ggf. sinnvolle Maßnahmen abgeleitet werden. Dazu ein paar Beispiele aus Fragestellungen, die am Fraunhofer IBP in den letzten Jahren bearbeitet wurden:

- Eine sich in der Berechnung nach zehn Jahren im Bereich um 22 M.-% einschwingende Holzfeuchte weist zwar auf eher geringe Sicherheiten hin – kann aber nicht innerhalb von fünf Jahren zum vollständigen Verfaulen einer Schalung führen – hier sind also weitere Ursachen wie Einbaufeuchte oder Luftundichtheiten zu prüfen.
- Die berechnete Holzfeuchte einer Attikaabdeckung erreicht während der Austrocknung des benachbarten Betons über die ersten Jahre auch ohne zusätzlichen Feuchteeintrag regelmäßig Holzfeuchten über 25 M. %. Neben der vermutlich erfolgten Beregnung während der Bauphase ist hier von einer fehlerhaften Planung auszugehen.
- Eine Fundamentplatte aus Beton ist nicht normgemäß bituminös abgedichtet sondern nur mit einer Dampfbremssfolie abgedeckt. Die rechnerische Untersuchung belegt allerdings, dass trotz des geringeren Diffusionswiderstands der Folie keine kritischen Feuchtegehalte auftreten. Aus bauphysikalischer Sicht ist hier also kein Handlungsbedarf gegeben.
- Die Holzkonstruktion über einem Kartoffellager ist zunächst nur durch eine überlappend verlegte Dampfbremse geschützt. Die nach einigen Jahren erhöhten Holzfeuchten in den Sparren sollen durch den Einbau einer dichten und stärker sperrenden Dampfbremse wieder reduziert werden. Da sich die Situation in der Folge weiter verschlechtert, wird eine Simulation des Bauteils durchgeführt. Ergebnis: Der Feuchteeintrag erfolgt durch die im Vergleich zur Dampfbremse diffusionsoffenere Dachbahn im Sommer von außen. Eine Dampfbremse mit nur geringem Sperrwert konnte das Problem beheben, da eine bessere Trocknung des Holzes nach innen zugelassen wird.
- Ein Industriedach aus Trapezblech weist Feuchteschäden auf. Vermutet werden konvektive Feuchteinträge aufgrund der geringen Luftdichtheit. Simulationen unter Berücksichtigung deutlicher Luftundichtheiten zeigen aber keine mit dem Ist-Zustand vergleichbaren Feuchtezunahmen im Bauteil; eine genauere Analyse der

Schäden und deren Verteilung über das Jahr ergibt, dass Regenwasserundichtheiten die Ursache für die Befeuchtung darstellen.

- Beim Einbau einer abgehängten Decke wurde die Dampfbremse der Dachkonstruktion durch die Schrauben perforiert. Mit Simulationen wurde überprüft, wie groß das Trocknungspotenzial der Dachkonstruktion ist und welche konvektiv eingetragenen Feuchtemengen dabei unter Berücksichtigung geeigneter Sicherheiten akzeptabel sind. Dabei wurde die erforderliche Luftdichtheit mit $q_{50} \leq 4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ ermittelt; der später am Objekt gemessene Wert lag deutlich unter diesem Grenzwert.

Im vorigen Kapitel wurde bereits deutlich, dass Planung und Schadensanalyse bei der hygrothermischen Simulation über Trocknungsreserven und Fehlertoleranz eng miteinander verbunden sind. Ein Bauteil, das nur dann funktioniert, wenn es perfekt dicht und fehlerfrei ausgeführt ist, stellt aus heutiger Sicht eine Fehlplanung dar: Es dürfen keine Anforderungen gestellt werden, die in der Praxis nicht erfüllbar sind. Auch bei der bauphysikalischen Bemessung sind gewisse Sicherheiten vorzusehen, die sich zwar nicht in festen Zuschlagsfaktoren, aber doch in angemessenem Abwägen und auf der sicheren Seite liegenden Annahmen niederschlagen sollten. Auch hier kann rückwirkend untersucht werden, welche Sicherheiten bei der Bemessung berücksichtigt wurden und ob bereits kleine zusätzliche Feuchtemengen zu einer Schädigung führen.

Zusammenfassung: Viele Möglichkeiten und eine größere Verantwortung

Bauteile sind nie vollständig trocken und müssen es auch nicht sein – wesentlich für den Feuchteschutz ist das richtige Verhältnis zwischen Befeuchtung und Trocknung. Die Regel sollte dabei lauten: So dicht wie nötig und so diffusionsoffen wie möglich. Dazu ist es notwendig, bei der Beurteilung die Befeuchtungsquellen und die Trocknungsbedingungen so genau wie möglich zu erfassen sowie realistische Sicherheiten für übliche Ausführungsqualitäten vorzusehen. Dies ist durch eine Beurteilung mit dem Glaser-Verfahren nur eingeschränkt möglich.

Hygrothermische Simulationen ermöglichen bei fachgerechter Anwendung die Beurteilung fast aller baupraktisch relevanten Vorgänge wie Regenwasseraufnahme, Strahlungsabsorption, Umkehr-

diffusion, Feuchtespeicherung, Flüssigtransport, Austrocknung von Baufeuchte, langfristige Feuchteakkumulationen usw. Die Beurteilung erfolgt spezifisch für die Regen- und Strahlungsbelastung am jeweiligen Standort in Abhängigkeit von Orientierung und Neigung des Bauteils. Die Nutzung des Gebäudes ist beliebig von der Kühlhalle bis zum Schwimmbad; das Bauteil kann je nach Fragestellung zu Beginn der Berechnung trocken oder feucht angenommen werden. Dabei wird nicht nur Funktionieren oder Versagen eines perfekt ausgeführten Bauteils erfasst, sondern es können auch angemessene Sicherheiten z.B. für Luftundichtheiten oder Regenleckagen vorgesehen werden. Da die Qualität der Simulationsergebnisse direkt von der Qualität der Eingabedaten abhängt, sind sowohl geeignete Material- und Klimadaten als auch ein ausreichendes Grundwissen und eine gewisse Erfahrung seitens des Planers oder Sachverständigen erforderlich.

Bei der Beurteilung von Schäden ermöglicht die Simulation den Vergleich des vorgefundenen schadhafte mit dem geplanten Zustand. Wird der Schaden dabei auch in der Simulation erkennbar, muss man von einem Planungsfehler ausgehen; bleiben die berechneten Verhältnisse dagegen auch mit Berücksichtigung typischer Imperfektionen der Bauteile unkritisch oder deutlich günstiger als beim aufgetretenen Schaden, liegt die Verantwortung ganz oder teilweise beim Ausführenden. Auch hier muss der Sachverständige die Möglichkeiten und die Grenzen der hygrothermischen Simulation kennen, um die relevanten Einflussparameter korrekt zu erfassen.

Hygrothermische Simulationen bringen für den Planer eine größere Verantwortung mit sich als das Glaserverfahren – sie ermöglichen im Gegenzug aber eine deutlich umfassendere und spezifischere Beurteilung der Feuchtesicherheit von Bauteilen.

Literatur

- [1] DIN 4108-3: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung. Juli 2001
- [2] DIN EN 15026: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation. Juli 2007
- [3] Künzel, H.M.: Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Dissertation, Universität Stuttgart, 1994
- [4] WTA-Merkblatt 6-2-01/D: Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse. Mai 2002
- [5] DIN EN ISO 13788: 2001-11: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Oberflächentemperatur zur Vermeidung von kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren – Berechnungsverfahren. 2001
- [6] ASHRAE ANSI Standard 160: Criteria for Moisture-Control Design Analysis in Buildings. 2009
- [7] WTA-Merkblatt E 6-5-12/D: Innendämmung nach WTA II - Nachweis von Innendämmsystemen mittels numerischer Berechnungsverfahren. Entwurf November 2012
- [8] Kehl, D.: Holzschutz ist berechenbar – Bewertung WTA vs. Holzschutznormung. Tagungsband Bauphysik Forum. Mondsee, 18. und 19. April 2013
- [9] Marquardt, H.: Korrosionshemmung in Betonsandwichwänden durch nachträgliche Wärmedämmung. Dissertation, Technische Universität Berlin, 1990
- [10] Sedlbauer, K.: Vorhersage von Schimmelpilzen auf und in Bauteilen. Dissertation, Universität Stuttgart, 2001
- [11] Marra, E.: Environmental Factors Affecting Corrosion of Steel Inserts in Ancient Masonries. Dissertation, Politecnico di Milano, 2012
- [12] DIN 68800-2: Holzschutz Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau. 2012
- [13] Zirkelbach, D.; Künzel, H.M.; Schafaczek, B.; Borsch-Laaks, R.: Dampfkonvektion wird berechenbar – Instationäres Modell zur Berücksichtigung von konvektivem Feuchteeintrag bei der Simulation von Leichtbaukonstruktionen. Proceedings 30. AIVC Conference, Berlin, 2009

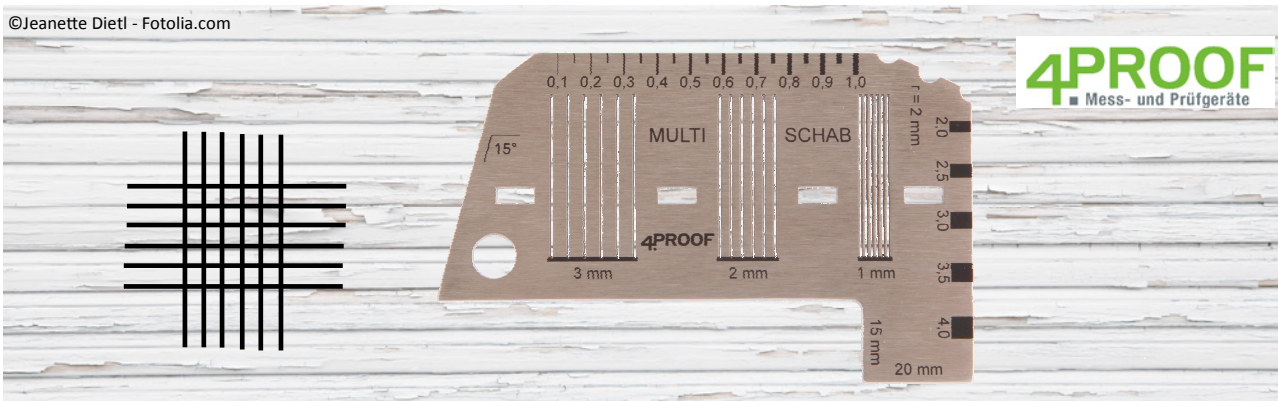


Daniel Zirkelbach

Fraunhofer-Institut für Bauphysik Holzkirchen
Postfach 1152
83601 Holzkirchen

Aussteller im Zuge der ISK-Tagung

©Jeanette Dietl - Fotolia.com

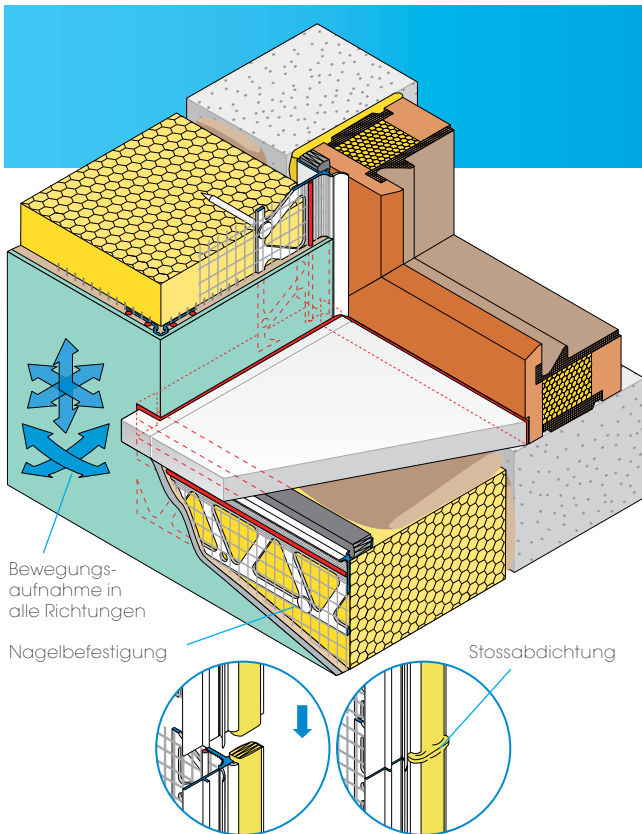


Gitterschnitt-Prüfung

zur Beurteilung der Haftfestigkeit von Beschichtungen



www.sachverstaendigen-bedarf.de Tel: +49(0)9682 1820433



W36-NEO

Die neue Generation von Anschlüssen im WDVS an angrenzende Bauteile

Mehr Sicherheit bei der Verarbeitung und im eingebauten Zustand:

- **keine Verklebung auf dem angrenzenden Bauteil** (durch PUR-Band-Abdichtung)
- **dauerhafte Bewegungsaufnahme in alle Richtungen** (komplett entkoppelter Anschluss)
- **definiertes PUR-Band-Handling** (PUR-Dichtband ist an der richtigen Stelle positioniert und in Längsrichtung eingestaucht)
- **Abdichtung im Profil-Stoßbereich** (PUR-Dichtband mit beidseitigem Überstand an den Profilenden)
- **kraftschlüssiger Verbund** (am Profil verschweisstes Glasfasergewebe, einseitiger Gewebeüberstand pro Stab und Gewebeüberlappung zum Armierungsgewebe)
- **stecken statt kleben** (sicheres und schnelles Positionieren, Arbeitserleichterung durch APU-Fixiernägels, korrigierbar, kein Ansetzmörtel notwendig)

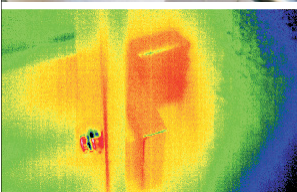
Ergebnis: ein dauerhafter, wartungsfreier und schlagregen-dichter Anschluss im WDVS!

Weitere Informationen erhalten Sie über Ihren Putz- und WDVS-Systemhersteller oder im Internet unter www.apu.ch

APU AG

Wärmebrücken vermeiden - aber wie?

Das Problem



Anwendungen

- Vordächer
- Treppen
- Sonnenstoren und Markisen
- Geländer
- Klöben für Fensterläden
- Führungsschienen für Schiebeläden
- Rückhalter
- Werbeschilder
- Rohrschellen
- Kleiderbügelträger
- Leuchten
- Temperaturfühler

Die Lösung



Das Problem

Herkömmliche Anbauteile in Wärmedämmverbundsystemen führen nachweislich zu Wärmeverlusten. Ausschlaggebend hierfür sind Befestigungen direkt auf das Mauerwerk.

Die Lösung

Die Lösung liegt in einer thermischen Entkoppelung, das heisst einer Montage, die ohne metallische Durchdringung auskommt.

Dosteba hat hierfür diverse thermisch getrennte Montageelemente entwickelt.

Dosteba AG

Länggenstrasse 413
8184 Bachenbülach

Telefon +41 (0)43 277 66 00
Fax +41 (0)43 277 66 11
Web www.dosteba.ch

Dosteba

Elemente sind
Les éléments sont
unsere Stärke
notre point fort



Wir machen $\lambda 019$!

Fassaden- und Innendämmsysteme, prozesssicher, hochdämmend und feuerfest.
Gewerkübergreifend - garantiert sicher!

emv · Allmendstrasse 3 · 79353 Bahlingen · Tel. +49 (0) 7663 913 0970 · www.emv.eu



Feuchtemessgeräte von GANN: Qualität ist maßgebend

BlueLINE – made by GANN. Äußerst praxisgerecht, extrem funktional in Leistung und Handling. Hand drauf – und Sie haben die exaktesten Informationen über Holz-, Bau- und Luftfeuchte sowie Temperatur fest im Griff. Auf BlueLINE können Sie bauen.

GANN MESS- U. REGELTECHNIK GMBH | Schillerstr. 63 | 70839 Gerlingen
Tel. 07156 4907-0 | Fax 07156 4907-40 | info@gann.de | www.gann.de

Resonanztaster

Präzise Hohlstellenortung

Decke
Wand
Boden



Zuverlässige Prüfung
großer Flächen mit
geringem Zeitaufwand

4PROOF
Mess- und Prüfgeräte



incl. 5 Aufsätze
für die verschiedenen Oberflächen



www.sachverstaendigen-bedarf.de Tel: +49(0)9682 1820433



Das Beste für Ihr Haus

Mineralisch geschützt ist mehr wert



KEIM WDV'S

Wir dämmen mit dem, was die Natur uns gibt. Stein. Steine und Mineralien trotzen Wind und Wetter. Seit Jahrtausenden. Das ist unser Vorbild.

Viele Bauherren sind verunsichert. Nutzen Sie die Chancen alternativer WDV-Systeme für sich und Ihre Kunden.

- KEIM XPor-System und
- KEIM AquaROYAL-MW-System.

Mineralisch dämmen. Die Zeit ist reif.

KEIMFARBEN
GmbH

Keimstraße 16
86420 Diedorf
Tel. +49 (821) 4802-0
Fax +49 (821) 4802-210

Frederik-Ipsen-Straße 6
15926 Luckau
Tel. +49 (35456) 676-0
Fax +49 (35456) 676-38

info@keimfarben.de
www.keimfarben.de

4PROOF
■ Mess- und Prüfgeräte

Rissmonitore

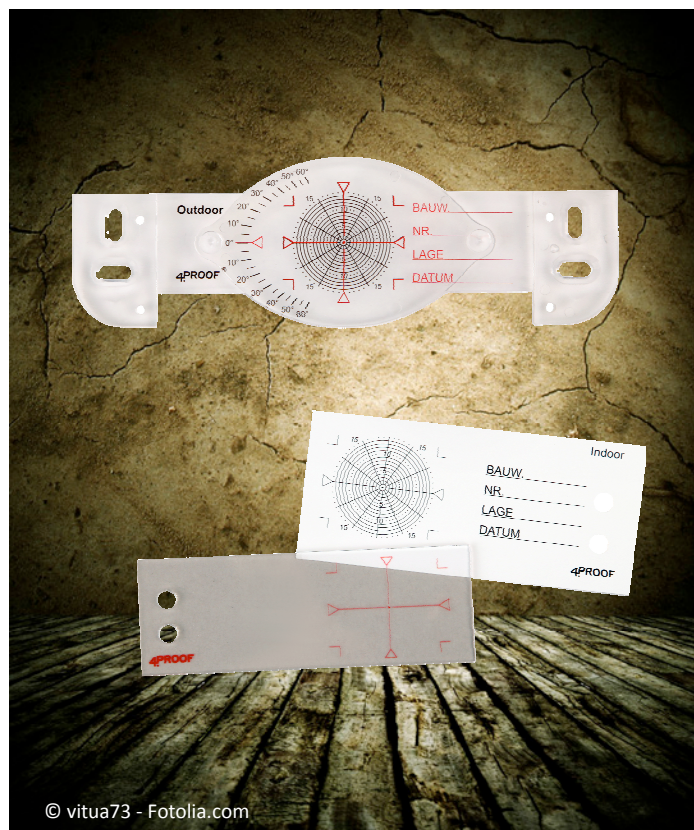
zur einfachen

Rissdokumentation

Mit nur 2 Zahlen die Bewegung definieren



sachverständigen-
bedarf.de



© vitua73 - Fotolia.com

Wir sind ein Schulungsunternehmen,
das sich auf die digitale Fotografie für
Sachverständige spezialisiert hat.



digital fotokurs.de
Kestler Schulungen

Dazu bieten wir:

- Seminare zur digitalen Fotografie
- Fotozubehör für Sachverständige
- Software für Sachverständige



FixFoto: Bildbearbeitung mit Vermessung,
automatischer Erstellung einer Bilddokumentation
in Word und vieles mehr.



GutachtenManager: Software zur automatischen
Erstellung sämtlicher Dokumente für ein Gutachten.

Jens Kestler

Am Seewasen 22 | 97359 Schwarzach

www.digitalfotokurs.de | info@digitalfotokurs.de

**HEUTE FÜR
MORGEN BAUEN
HIER SIND WIR ZU HAUSE**

SCHWENK Putz- und Mörtelsysteme

Baustoffe fürs Leben



Höchste Qualität verbunden mit wirtschaftlichem Bauen. Innovative Technologien mit umweltschonenden Materialien. Wohngesunde Ästhetik bei bewährter Funktionalität. Dafür steht SCHWENK. Als führender Hersteller setzen wir aus Tradition neue Maßstäbe für zukunftsfähige mineralische Putz- und Dämmsysteme. Ob Neubau oder Renovierung – effektive Wärmedämmung, zuverlässiger Wetterschutz, gesundes Wohnklima und moderne Gestaltung, SCHWENK bietet Komplettlösungen mit System.

SCHWENK Putztechnik GmbH & Co. KG, www.schwenk-putztechnik.de, info@schwenk-servicecenter.de



QR Code scannen
und informieren.

NEU! helopal Innovationen

Gleitabschlusssystem SlidePal / SlideAlu

Zusammen mit führenden Sonnenschutz-Herstellern entwickelte helopal das neue „Slide-System“, ein innovatives Gleitabschlusssystem für die Fensterbank, das direkt in die Wärmedämmfassade eingebaut werden kann und dadurch mögliche Wasserschäden verhindert. Dank verschiedener Aufsteckprofile kann ohne großen Aufwand eine ausreichend breite Wanne für den Wasserablauf eingerichtet werden. So läuft das Wasser gezielt ab und dringt nicht ungewollt in Fugen und Öffnungen von Fassade oder Mauerwerk ein.

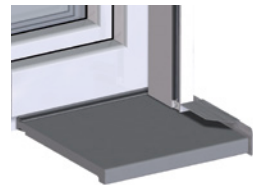


helopal Fensterbank inkl. SlidePal Rillengleitabschluss für Putz

Von führenden Rollläden-Herstellern empfohlen und ab sofort für alle helopal und Fenorm Aluminium Außenfensterbänke erhältlich!

System SlidePal - U / SlideAlu - U für Unterputz - Sonnenschutz - Führungsschienen

- Neue innovative Systemlösung empfohlen bei helopal und Aluminium Außenfensterbänke in Verbindung mit Unterputz - Sonnenschutz - Führungsschienen
- Schützt Mauerwerk und Fassade vor Wassereintritt und Putzrisen
- System bestehend aus Fensterbank, Slide - Abschlusssystem inkl. Aufsteckwinkel in verschiedenen Breiten
- Breite Aufsteckwinkel
 - 22 mm (für max. Einputztiefe bis 18,5 mm)
 - 34 mm (für max. Einputztiefe bis 30,5 mm)
 - 45 mm (für max. Einputztiefe bis 41,5 mm)
- Die Ausführung des Aufsteckwinkels aus Aluminium gewährleistet ausreichend Stabilität



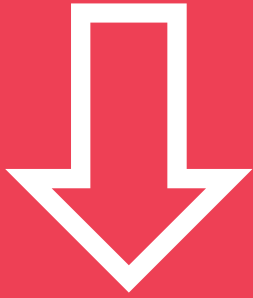
www.baufachinformation.de

Baufachwissen für Praxis und Forschung

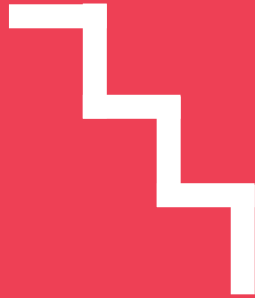
- Baudatenbanken
- Baufachbücher
- Informationsservice

Fraunhofer IRB Verlag
Der Fachverlag zum Planen und Bauen

Nobelstraße 12 • 70569 Stuttgart • irb@irb.fraunhofer.de



gesetzt



gerissen



gehoben

Baugrundverbesserung und Fundamentsanierung durch Expansionsharze

- ✓ wirkt sofort
- ✓ zerstörungsfrei
- ✓ höchste Präzision
- ✓ langzeitbeständig
- ✓ spart Zeit und Kosten

Tel. 0800-3773250
www.uretek.de



SCHAFFT
TRAGFÄHIGE
UNTERGRÜNDE
www.uretek.de

Ausbau und Fassade

Wissen – Fakten – Erkenntnisse

12. Internationale Baufach- und Sachverständigentagung Ausbau und Fassade ISK 2013 in Regensburg

Neue Bauweisen und höhere Anforderungen an die Wärmedämmung eines Gebäudes erfordern verbesserte Messmethoden und Nachweisverfahren. Die 12. ISK-Tagung »Wissen – Fakten – Erkenntnisse« setzt sich daher nicht nur kritisch mit diesen Bauweisen auseinander, sondern auch mit den erforderlichen Messmethoden, wie der Thermografie und hygrothermische Simulationen.

Innendämmung, WDVS auf Holzkonstruktionen, der Dauerbrenner Fensterbankanschluß, Schwindverhalten von EPS und - immer noch brandaktuell - das Brandverhalten von WDVS-Systemen sind weitere herausragenden Themen dieser Tagung. Ein anderer Schwerpunkt sind Bäder in Trockenbaubauweise und Gips-Zementputze.

Das Kaminesgespräch wird zur ISK-Arena. Die große Teilnehmerzahl bei den Kaminesgesprächen hat uns zu diesem Schritt bewogen. In der ISK-Arena werden kompetente Vertreter der Industrie und der Handwerksfirmen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz ihre Argumente hinsichtlich des Systemzwanges bei WDVS kontrovers austauschen.

Mit dem vorliegenden Tagungsband zur 12. ISK-Tagung wollen wir neben den Tagungsteilnehmern auch einer breiten Fachöffentlichkeit die Möglichkeit geben, sich durch die dokumentierten Vorträge zu informieren. Wir danken den Referenten für ihr Engagement und den Tagungsteilnehmern für ihr Interesse und ihre Unterstützung.

ISBN 978-3-8167-9072-3

