



Foto: Zimmermann

Hier wurde wohl luftdicht mit luftig vertauscht unter dem Motto: Nach der Sanierung ist vor der Sanierung.

Die Blower-Door-Messung unter Zuhilfenahme einer Nebelmaschine visualisiert die Leckagen.

SERIE SCHADENSDIAGNOSTIK

Michael Zimmermann

Wärme- versus Feuchteschutz



Wer vorhandene Energieressourcen sinnvoll und umsichtig nutzen will, kommt um den Wärmeschutz an Gebäuden nicht herum. Doch wie beeinflussen Luftfeuchtigkeit oder Raumfeuchte das Wohnklima? Antworten dazu gibt es im zweiten Teil unserer Serie Schadensdiagnostik.

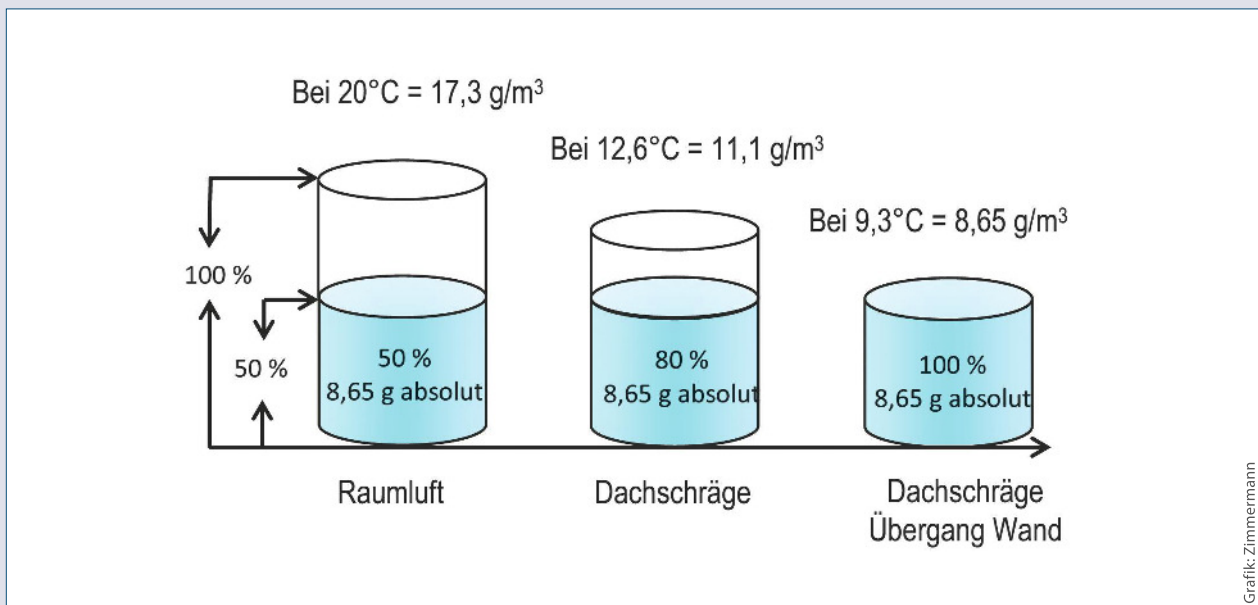
Unzureichend oder falsch ausgeführte Wärmeschutzmaßnahmen führen immer wieder zu Feuchteschäden. Das Ziel einer energetischen Sanierung ist, den Energieverbrauch zu reduzieren. Mit der ausgeführten Dämmmaßnahme wird auch die Luftdichtheit des gesamten Gebäudes verbessert. Werden keine Lüftungstechnische Maßnahmen ausgeführt und/oder die verändern Nutzer das Lüftungsverhalten nicht, kommt es zu einer Erhöhung der Luftfeuchtigkeit innerhalb des Gebäudes. Somit bleibt ein-

leitend festzuhalten: Der Wärmeschutz ist nicht zu trennen vom Feuchteschutz.

Wie viele Luftfeuchten gibt es eigentlich?

Relative Luftfeuchte, absolute Luftfeuchte, Sättigungsfeuchte – das Bauteil Dach sieht sich zugleich mit mehreren Luftfeuchten konfrontiert. Die absolute Luftfeuchte ist die tatsächlich vorhandene Menge an Wasserdampf in g/m^3 Luft. Die Sättigungsfeuchte bezeichnet die Obergrenze der Wasser-

dampfmenge in g/m^3 Luft bei einer bestimmten Temperatur. 20 °C Temperatur kann maximal 17,30 g Feuchtigkeit pro m^3 Luft aufnehmen. Bei einer absoluten Luftfeuchte von 8,65 g/m^3 beträgt die relative Luftfeuchtigkeit 50 %. Der Wasserdampf aus der Luftfeuchtigkeit verteilt sich gleichmäßig im Raum. Die Oberflächentemperatur der Außenbauteile ist aber unterschiedlich hoch. Somit ergeben sich unterschiedliche Feuchten im oberflächennahen Bereich der Bauteile.



Grafik: Zimmermann

In diesem Beispiel beträgt die Feuchtigkeit im oberflächennahen Bereich der Dachschräge 80 % und im Übergang zur Giebelwand 100 % (Tauwasserausfall).

Raumtemperatur, Oberflächentemperatur und Luftfeuchte

Die Oberflächentemperaturen der Außenbauteile sind abhängig von verschiedenen Parametern und ergeben sich unter anderem aus:

- Außentemperatur
- solarer Wärmezufuhr
- Wärmebrücken
- Luftundichtigkeiten
- Innentemperatur
- U-Wert des Bauteils (je besser der U-Wert, desto geringer ist der Temperaturabfall zu der Raumluft)

Wie niedrig darf die Oberflächentemperatur sein?

Für die Züchtung von Schimmelpilzkulturen genügt eine Feuchtigkeit von etwa 80 % auf den Bauteilen. Flüssiges Wasser, also Tauwasserausfall ist für eine Schimmelpilzbildung nicht notwendig.

Unter den normativen Bedingungen, das heißt 20 °C Raumtemperatur mit 50 % relativer Luftfeuchtigkeit, dürfen für den hygienischen Wärmeschutz die Bauteiltemperaturen 12,6 °C nicht unterschreiten. Auf diese 80 % Oberflächenfeuchtigkeit ist der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 abgestimmt.

Überprüfung des Mindestwärmeschutzes

Hierzu stehen normative Berechnungen für den Temperaturfaktor f_{Rs} und der Wasseraktivität (a_w -Wert) zur Verfügung. Der Temperaturfaktor f_{Rsi} wurde in der DIN 4108-2 als Faustformel für den Feuchteschutz eingeführt. Durch diesen Kennwert ist es möglich abzuschätzen, ob größere Temperaturdifferenzen ein Schimmelrisiko darstellen. Verglichen werden dabei die Raumtemperatur und die Oberflächentemperatur einzelner Bauteile. Die Oberflächentemperatur kann entweder vor Ort gemessen oder berechnet werden.

Der Temperaturfaktor f_{Rsi} muss größer sein als 0,7 und berechnet sich wie folgt:
Raumtemperatur 20 °C,
Außentemperatur -5 °C,
Bauteil 12 °C:

$$12 - (-5) = 17$$

$$20 - (-5) = 25 = 0,68 < 0,70$$

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

Der f_{Rsi} -Faktor ist abgeleitet von dem a_w -Wert. Mit dem a_w -Wert wird die Wasseraktivität auf der Oberfläche der Bauteile

bestimmt. Der a_w -Wert muss $< 0,8$ sein, das ist gleichbedeutend mit Unterschreitung der 80 % Oberflächenfeuchte. Bei diesem Beispiel bleibend ergibt sich folgende Berechnung:

- 20 °C kann 17,30 g/m³ Feuchtigkeit aufnehmen – 50 % relative Luftfeuchtigkeit ergibt: 8,65 g/m³
- Bei 12 °C kann die Luft bis zu 10,65 g/m³ aufnehmen.

Berechnung:

$$a_w = 8,65 / 10,65 = 0,81 > 0,8 \text{ zu hoch}$$

Je besser der Wärmeschutz, desto gravierender wirken sich die einzelnen Schwachstellen in Bezug auf niedrigere Oberflächentemperaturen und dadurch resultierende Bauteilauffeuchtung aus.

Feuchteschäden aus zu hoher Raumlufftfeuchtigkeit

Ja, aber das ist doch nur Luft?! Was kann denn da schon groß passieren? Das wird vielleicht etwas deutlicher, wenn wir uns die Menge der Feuchtigkeit in unseren Gebäuden anschauen. Bei einer Raumluffttemperatur von 22 °C und einer Luftfeuchtigkeit von 60 %, sind in einer 100 m² großen Wohnung über 29 l Feuchtigkeit in Form von



Foto: Brandhorst

So sieht es aus, wenn aus dem schwächsten Glied in der Kette auf einmal das stärkste energetische Bauteil wird. Der U-Wert der Fenster ist besser als der U-Wert der Wand. Somit hat natürlich auch das Fenster eine höhere Oberflächentemperaturen als die Wandfläche, das heißt, bis die Fensterscheibe kondensiert, ist die Wand schon längst „abgesoffen“ (Ergebnis einer Fenster-sanierung nach einem Jahr!).

Wasserdampf in der Raumluft enthalten. Stündlich kommen circa 300 bis 500 g Feuchtigkeit hinzu. Bei einer geforderten hygienischen Luftwechselrate von 0,5 wird alle zwei Stunden die komplette Raumluft ausgetauscht. Statistisch gesehen ist die Luftfeuchtigkeit zwei Stunden nach dem Lüften wieder leicht über dem Anfangswert vor dem Lüften. Die circa 29 l Feuchtigkeit bleiben also mehr oder weniger unverändert in der Raumluft.

Steigt die Luftfeuchtigkeit auf 75 % relative Luftfeuchtigkeit, erhöht sich auch automatisch die absolute Luftfeuchtigkeit, in diesem Fall wären es dann auf einmal über 36 l Feuchtigkeit in der Raumluft. Die Raumlufttemperatur und die Raumluftfeuchtigkeit beeinflussen unabwendbar die Bauteiltemperaturen und auch die Bauteilfeuchtigkeit. Je schwächer die Wärmedämmeigenschaften der einzelnen Bauteile, umso schädlicher wirken sich hohe Luftfeuchten innerhalb der Gebäude aus. Die meisten verwendeten Baustoffe sind in ihrem Gefüge porös und nehmen Feuchtigkeit aus der umgebenden Luft auf. Durch diese „Sorptionsfähigkeit“ werden Feuchtigkeitsschwankungen in der Raumluft abgemildert.

Diffusion und Konvektion

Die Bauphysik unterscheidet diese beiden Formen des Feuchtigkeitseintrags in unsere Konstruktionen:

Die Diffusion beschreibt den Wasserdampftransport ohne Luftbewegung. Beispielhaft ausgedrückt: Wenn sich Wassermoleküle durch feste Baustoffe zwingen, beispielsweise durch Außen-

wenden. Ein Material mit einem s_d -Wert von 0,3 ist also so wasserdampfdicht wie 30 cm Luft (diffusionsäquivalente Luftschichtdicke $s_d = \mu \times d$).

Die Norm klassifiziert für die Materialien folgende drei Einteilungen:

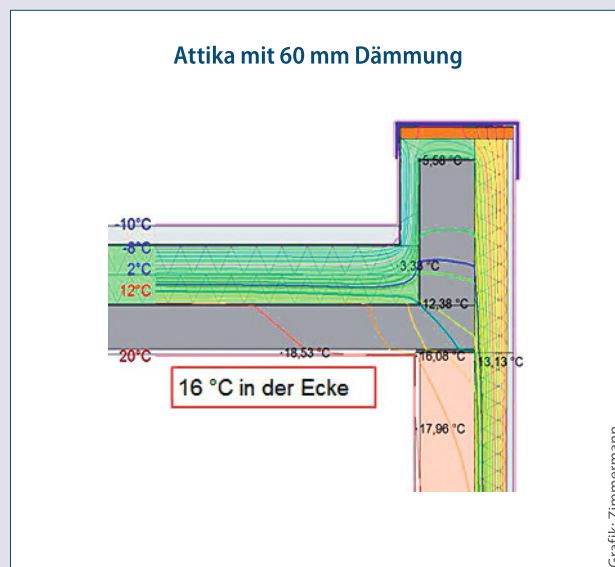
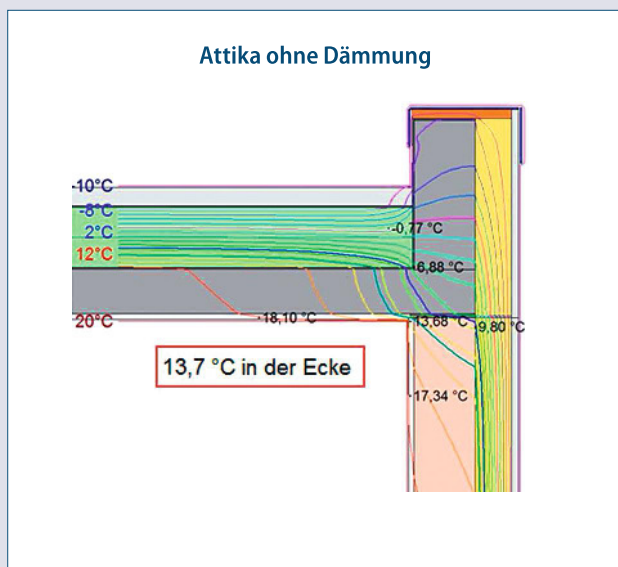
bis 0,5 m = diffusionsoffen,
0,5 bis 1.500 m = diffusionshemmend,
ab 1.500 m = diffusionsdicht

„Fenster sind die Luftfeuchtigkeitspolizei
– wenn sie beschlagen,
wird es Zeit zu lüften!“

wände, Folien oder Gipskarton, dann nennen wir es Diffusion. Der Antrieb ist das Wasserdampfkonzentrationsgefälle, die Folge ist die Wasserdampfwanderung. Die Menge dieser Wasserdampfwanderung ist abhängig von dem s_d Wert des Materials. Berechnet wird dieser s_d -Wert über die Materialdicke x der materialspezifischen Wasserdampfwiderstandszahl (μ). Das Ergebnis veranschaulicht, wie wasserdampfdicht dieses Material ist. Als Vergleich dient die Luftschichtdicke. Als Einheit wird „m“ ver-

Die Konvektion beschreibt die Luftströmung durch Fugen oder Risse von innen nach außen. Der Antrieb ist die Druckdifferenz, die Folge ist der Massestrom aus Luft und Wasserdampf. Im Vergleich zur Diffusion entstehen aber die meisten Bauschäden aufgrund von Konvektion durch Leckagen in der Konstruktionshülle (siehe Aufmacherfoto).

Den Tauwasserausfall durch Diffusion kann man nach dem Glaserverfahren berechnen. Dadurch kann man Kondensat gänzlich verhindern oder zumindest auf



Grafik: Zimmermann

Allein durch den Wegfall der Attikadämmung in der Grafik reduziert sich die Oberflächentemperatur von 16 °C auf 13,7 °C in der Ecke. Bei unsauberer Verlegung der Wärmedämmung in der Fläche kann es bei einer durchgehenden Fuge zu Oberflächentemperaturen weit unter der Taupunkttemperatur kommen.

ein unschädliches Maß reduzieren. Die Feuchtebelastung durch die Tauperiode wird als Gegenprozess in der Verdunstungsperiode entschärft. Feuchteschäden durch Konvektion wirkt man durch sorgfältige und gewissenhafte Planung und Ausführung der Luftdichtheitsschicht entgegen. Grundsätzlich ist jede Luftundichtheit ein Mangel, aber nicht jede Leckage ist gleichermaßen schadensträchtig. Je höher die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen, desto größer und stärker ist der Luftstrom. Damit steigen auch das Feuchterisiko und das Schadenspotenzial. Die Feuchtigkeitsmenge, die aufgrund Konvektion durch Leckagen und Risse in einer Luftdichtheitsschicht entsteht, kann man nur abschätzen oder annähernd messtechnisch ermitteln. Nach durchgeführten Sanierungen führen Leckagen in der Luftdichtheitsschicht immer wieder zu Bauteilabkühlungen und daraus resultierenden Feuchteschäden. Die feuchtwarme Luft entweicht aus dem Gebäudeinneren durch die Leckagen und kondensiert an den abgekühlten Bauteilen.

War früher alles besser?

Feuchteschäden resultieren aus zu niedrigen Bauteiloberflächentemperatur und

einer zu hohen Luftfeuchtigkeit. Warum häufen sich aber gerade die Feuchte- und Schimmelpilzschäden bei energetisch sanierten Gebäuden oder bei hochgedämmten Neubauten? Schauen wir uns einmal unsere älteren Häuser aus dem Blickwinkel des Feuchteschutz an. Zugegebenermaßen haben die älteren Gebäude einen schlechten Wärmeschutz, aber meist dafür einen guten Feuchteschutz. Die Gründe hierfür sind eigentlich ganz simpel. Der gute alte Ofen „korrespondierte“ ständig mit der Außenluft. Die Gebäude hatten also auch automatisch eine „aktive Lüftungsanlage“. Falls die Luftfeuchte doch einmal kurzzeitig höhere Dimensionen annahm, hatte man immer noch die Kondensattrockner im Programm. Die schlecht gedämmten Fenster waren mit Abstand die kältesten Bauteile im Raum und zogen wie ein Kondensattrockner die Feuchtigkeit aus der Raumluft an. Gleichzeitig waren diese Fenster auch die „Luftfeuchtigkeitspolizei“. Wenn die Fenster beschlagen, wird es Zeit zu lüften. Der Wärmeschutz war früher mit Sicherheit schlechter als heute. Dafür funktionierte aber der Feuchteschutz besser. Der Wärmeschutz ist aber vom Feuchteschutz nicht zu trennen. Früher gab es in unseren Häusern „Lüf-

tungsanlagen und Kondensattrockner“, zugegebenermaßen zweckentfremdet und nicht allen bekannt. Aber als System funktionierte es ganz gut. Heute haben wir hochwertig gedämmte und sehr luftdichte Gebäudehüllen, aber zumeist kein Konzept für den Mindestluftwechsel zum Feuchteschutz.

Unbehagen durch niedrige Oberflächentemperaturen

Zu niedrige Oberflächentemperaturen an Außenbauteilen führen zu Unbehagen. Es

i PRAXIS-TIPP

Der Mensch hat keine eingebaute Sensorik für das Messen von Luftfeuchtigkeit. Gerade bei Neubauten und energetisch sanierten Gebäuden ist ein Hygrometer zur Überprüfung der Luftfeuchtigkeit und Abschätzung der notwendigen Luft mittlerweile sehr empfehlenswert. Zwischen 15 und 60% relativer Luftfeuchtigkeit können wir in der Regel nicht unterscheiden. Ab einer absoluten Luftfeuchtigkeit von circa 15 g/m³ empfinden wir die Luft als schwül. Dann ist es aber in den meisten Fällen schon zu spät.

i FEUCHTEEINTRAG DURCH KONVEKTION

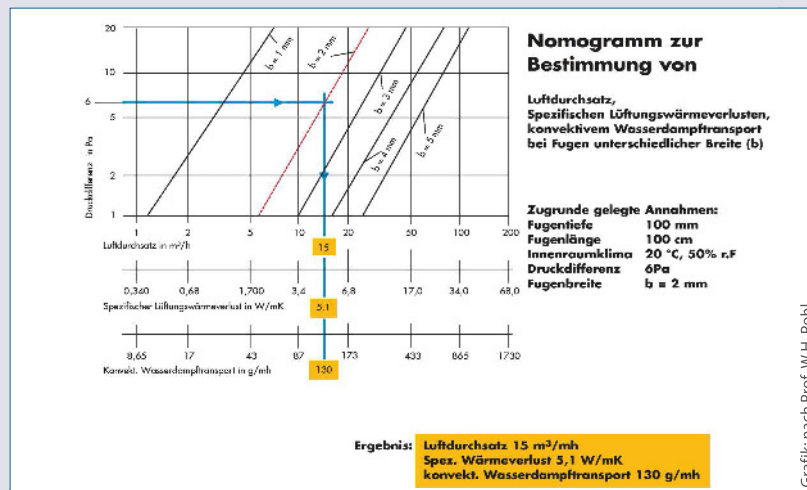
Der Begriff Konvektion stammt vom lateinischen „convehere“ ab. Übersetzt heißt dies: mittragen oder mitnehmen. Die nachfolgende Berechnung soll das mögliche Feuchteigtaufkommen verdeutlichen.

Bei einer 100 mm tiefen Fuge, 100 cm lang und 2 mm breit, entsteht ein Luftdurchsatz von circa 15 m³/mh.

Beispielrechnung:

- 15 °C Heizgrenztemperatur; 270 Heiztage; circa 15 m³ Luftdurchsatz je Meter und Stunde; circa 130 g konvektiver Wasserdampftransport je Meter und Stunde 130 g/mh × 24 h × 270 Tage = 842.400 g/m und Winterhalbjahr.

Die geschätzte Kondensatmenge, die an der kalten Seite der Konstruktion ausfallen kann, beträgt je nach Situation 1 % bis etwa 10 % des konvektiven Wasserdampftransports, also etwa 8.424 bis 84.240 g bzw. 8 bis 80 l Wasser je Meter Bauteilfuge und Winterhalbjahr!



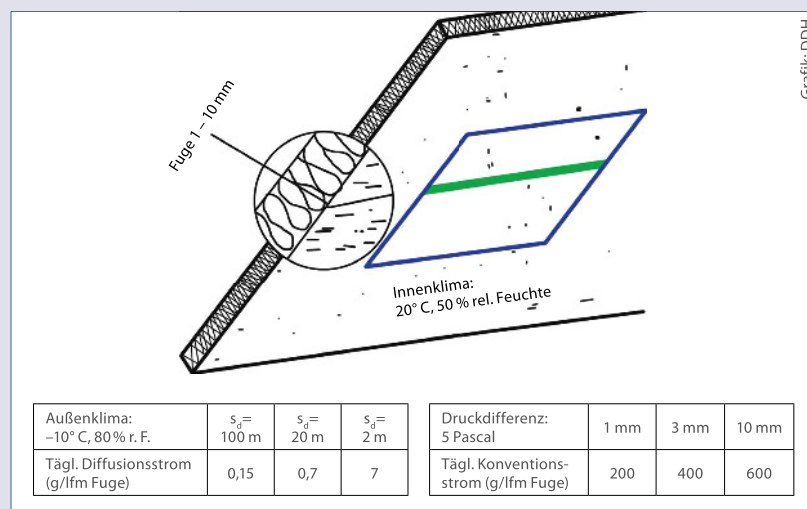
fühlt sich an wie kalte Zugluft, tatsächlich entsteht aber weniger „Strahlungswärme“ und diese „Kälteabstrahlung“ wird als sehr störend empfunden. Sehr oft wird dann die Heizung hoch gestellt. Damit steigen jedoch nur die Energiekosten und das eigentliche Problem wird damit nicht behoben. Für ein behagliches Raumklima sollten Oberflächen-temperaturen der Gebäudehüllenteile um nicht mehr als 3 °C gegenüber der Raumluft absinken. Unzureichende Behaglichkeit durch Zugerscheinungen wird immer wieder als Baumangel deklariert (siehe hierzu Grafik Raumluftfeuchte).

Ausblick auf die kommenden Themen

In der Folge 3 „Messtechnik Blower-Door“ wird die Überprüfung der Luftdichtheitsmessung als EnEV-Messung oder zur Leckageortung für die Qualitätssicherung behandelt. In der Folge 4 behandeln wir das Thema „Messtechnik Luftfeuchtigkeit“. Dabei geht es um die Möglichkeiten der stationären und instationären Luftfeuchtemessung. //

Suchbegriffe online: www.ddh.de

SKIZZE



Bei einer Dampfbremse mit einem s_d-Wert von 2,0 beträgt der tägliche Diffusionsstrom circa 7 g/m². Im Vergleich dazu beträgt der tägliche Konvektionsstrom bei einer 1 mm großen Fuge circa 200 g/lfm.

Bauphysik

Luftdichtheit

Wärmedämmung

EnEV

Autor

Michael Zimmermann ist Dachdeckermeister, ö. b. u. v. Sachverständiger für das Dachdeckerhandwerk und EU-zertifizierter Sachverständiger nach ISO 17024 für Schimmelpilzschäden.





Foto: Kluge Sanierung GmbH



B+B DIALOG

**24. November 2016 von 11:00 – 17:00 Uhr
im Collegium Leoninum, Bonn**

Asbest bei der Innenraumsanierung – aktuelle Gefahren für Fachunternehmer, Eigentümer und Betreiber von Immobilien

Asbest, KMF, PCB, PAK und andere Schadstoffe lauern bei Sanierungen und Instandsetzungen. Diese tödliche Gefahr und das hohe Haftungsrisiko sind vielen im Bestand tätigen Handwerksbetrieben nicht bekannt. Aber auch Nutzer und Betreiber von Immobilien sind hier oft ahnungslos.

Nutzen Sie den 7. B+B DIALOG zum intensiven Austausch mit Fachleuten und Kollegen und schützen Sie sich und ihre Mitarbeiter vor gesundheitlichen, existentiellen und wirtschaftlichen Gefährdungen.

**Abonnenten von
B+B BAUEN IM BESTAND
und BauenimBestand24.de
nehmen zum Vorzugspreis
von € 149,- zzgl. MwSt. teil,
die reguläre Teilnahme-
gebühr beträgt € 169,-
zzgl. MwSt. pro Person.**

Die Themen:

- Einführung zum aktuellen Stand der Diskussion
- Asbest: Erkundung und Bewertung im Bestand
- Persönlicher Schutz und Schutz der Umgebung vor Asbestfasern bei Sanierungsarbeiten
- Vermeidung von Asbest-Faserfreisetzung bei Fliesen-, Putz- und Trockenbauarbeiten im Bestand
- Podiumsdiskussion und Dialog – pro und contra

Sponsoren:



Weitere Informationen und Anmeldung unter:
www.bauenimbestand-dialog.de

Veranstalter:



**Verlagsgesellschaft
Rudolf Müller GmbH & Co. KG**
Postfach 410949 • 50869 Köln
Telefon: 0221 5497-420
Telefax: 0221 5497-993
veranstaltungen@rudolf-mueller.de
www.rudolf-mueller.de
www.BauenimBestand24.de