

Der Bauleiter

Recht, Technik und Management in der Bauleitung



Bauthermografie

„Röntgenblick“ für Bauleiter

Gut aufgepasst?

Die Aufgaben des Bauleiters in der Leistungsphase 8 (Teil 2)

Berechnungsbeispiele

Nachtragskalkulation bei Mehr- und Mindermengen

Ich bin dann mal weg ...

Wie Bauleiter ihren Urlaub stressfrei organisieren

– Anzeige –



LEITEN – ABER MIT SICHERHEIT

Schützen Sie ihre Kollegen und die Umwelt mit unseren Seminaren zu den Themengebieten:

SiGe-Koordinator

BGR 128

Umweltbaubegleitung

VOB/B

Gesundheitsmanagement

Mehr Informationen zu unseren Veranstaltungen und unsere Online-Anmeldung finden Sie auf unserer Webseite: www.umweltinstitut.de



**AKADEMIE FÜR ARBEITSSICHERHEIT
UND BETRIEBLICHEN UMWELTSCHUTZ**

www.umweltinstitut.de

Umweltinstitut Offenbach GmbH | Frankfurter Str. 48 | 63065 Offenbach | ☎ 069/810679 | mail@umweltinstitut.de



Bauthermografie – „Röntgenblick“ für Bauleiter Von M. Behneck

Wärmebildkameras orten nicht nur Wärmebrücken oder zugige Fenster, sie können auch Gebäudestrukturen erkennen, Ausführungsmängel aufdecken oder Leckagen finden. Die Auswertung und Interpretation der „bunten Bilder“ erfordert jedoch Expertenwissen und Erfahrung. ■

Wärmebilder sind zu einem Synonym für energiebewusstes Bauen und Sanieren geworden. Zeigt das Thermografie-Kameradisplay bei Außenaufnahmen rot und bei Innenaufnahmen blau, erkennt man energetische Schwachstellen sofort.

Infrarotkameras sind aber nicht nur Energieberatern vorbehalten. Auch Bauleiter können damit Probleme auf Baustellen aufdecken, die man mit dem bloßen Auge nicht mehr sieht, weil sie bereits durch andere Bauteile verdeckt sind: eine nicht fachgerecht ausgeführte Dachisolierung etwa, eine feucht gewordene WDVS-Dämmung, eine undichte Heizleitung oder schlampig verlegte Fußbodenheizungsrohre.

Wie funktionieren Thermografie-Kameras?

Die Thermografie ist ein bildgebendes Messverfahren, das eine bildhafte Darstellung von Wärmeverteilungen auf Oberflächen ermöglicht. Das Messprinzip basiert darauf, dass jeder Körper mit einer Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunktes (-273,15 °C oder 0 K) eine Wärmestrahlung aussendet. Je wärmer ein Gegenstand ist, desto mehr Infrarotstrahlung geht von ihm aus. Diese wird von der Thermografie-Kamera, auch Wärmebild- oder Infrarot-(IR-)Kamera genannt, in Bilder umgesetzt. Dabei wird die vom Messobjekt emittierte Infrarotstrahlung von einer Optik auf einen Infrarot-Detektor fokussiert. Die vom Detektor erfassten Informationen werden von einer Sensorelektronik in ein visuelles Bild übersetzt, das auf dem Kameradisplay abgebildet wird.

Die Abbildung enthält neben grafischen auch radiometrische Informationen, d. h., auf der Messung elektromagnetischer Strahlung beruhende Daten. Somit können für jeden Bildpunkt direkt am Kameradisplay oder mithilfe spezieller Auswertungssoftware am PC exakte Temperaturwerte abgefragt werden.

Die unterschiedlichen Farben in den Wärmebildern stellen die Temperaturverteilung an der Objekt Oberfläche entsprechend einer meist im Thermogramm abgebildeten Temperaturskala dar. Bereiche mit höheren Temperaturen sind meist als gelbe, rote oder weiße Flächen dargestellt. Kalte Bereiche sind grün, blau oder schwarz.



1 | Einsetzbar sind Wärmebildkameras u. a. bei der Bauüberwachung, Baudokumentation, Mängelerfassung, Qualitätssicherung, Schadensanalyse oder bei der Erstellung von Gutachten.

Wofür eignet sich die Wärmebildtechnik?

Grundsätzlich eignet sich die Thermografie für alle Einsatzbereiche, bei denen thermische Vorgänge eine Rolle spielen. Zu den wichtigsten Einsatzbereichen im Bausektor zählen die energetische und bauphysikalische Gebäudeanalyse, die Gebäude-Energieberatung sowie die Inspektion und Instandhaltung haustechnischer Anlagen.

Mit bloßem Auge nicht erkennbare Wärmebrücken an Fensterbänken, Fensterstürzen oder Rollladenkästen, in den Heizkörpernischen, im Sockel- oder Dachbereich etc. werden auf dem IR-Kameradisplay sichtbar und messbar. Diese Wärmebrücken sind meist auch Kondensationsnester für Feuchtigkeit, was Schimmelpilzbefall verursachen kann.

Thermografie-Kameras lassen sich ferner zur Lokalisierung von in Wänden, Decken, Flach- oder Steildächern eingedrungener Feuchtigkeit oder zur Strukturanalyse im Gebäudebestand einsetzen. So lassen sich etwa Fachwerk- oder Mauerwerksstrukturen hinter verputzten Fassaden erkennen.

Ob Zimmerer, Dachdecker, Installateure, Maler, Fenster- und Fassadenbauer korrekt gearbeitet haben, lässt sich bei bestimmten Arbeiten ebenfalls thermografisch nachprüfen: So kann man etwa durch bereits verkleidete Dachschrägen hindurch zerstörungsfrei prüfen, ob eine Zwischensparrendämmung oder nachträglich eingeblasene Zellulosedämmung hohlraumfrei eingebracht wurde. Bei Fußbodenheizungen erkennt man auch nach dem Estricheinbau, ob die Kunststoffrohre der Fußbodenheizung in der Fläche korrekt verlegt wurden.



2 | Die passive oder aktive Bauthermografie kann Wasser-schäden an Flach- oder Steildächern erkennen ...

© FLIR Systems

Im Zusammenhang mit der Blower-Door-Messung können Fugen und Luftundichtigkeiten an Bauteil-übergängen oder -durchdringungen, an Fenstern oder Haustüren sichtbar gemacht werden.

Bauthermografie auch im Sommer

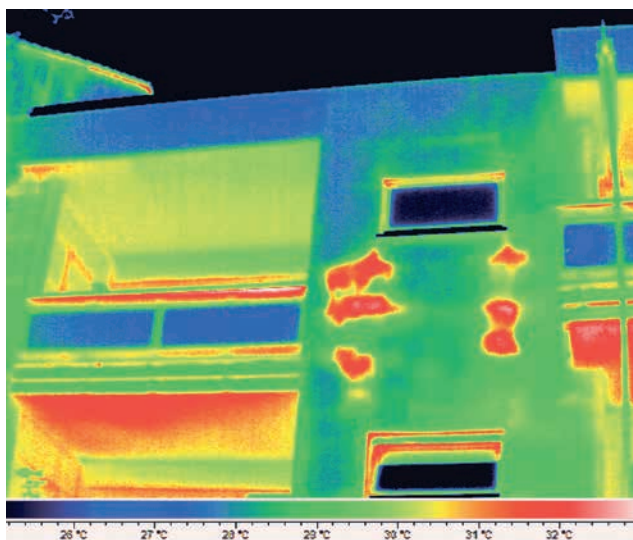
Auch außerhalb der Bauthermografie-Saison, die i. d. R. von November bis März dauert, sind IR-Kameras vielseitig einsetzbar. So bietet der Haustechnik-Bereich ein ganzes Spektrum an Einsatzmöglichkeiten – etwa bei der Leckagesuche: Muss etwa ein Leitungsleck lokalisiert werden, um notwendige Reparaturarbeiten präzise eingrenzen zu können, kann die IR-Kamera wichtige Anhaltspunkte liefern. Auch unzureichend durchströmte Heizkörper, schlecht gedämmte Heizleitungen, Warmwasserspeicher oder defekte Heizungs- oder Klimaanlage sind mit einem Blick erkennbar. Thermisch belastete Bauteile in haustechnischen oder elektrischen Anlagen werden ebenso entdeckt, wie defekte Solarzellen von Photovoltaik-Anlagen. Diese können zu Leistungseinbußen führen, im Extremfall sogar Brände auslösen.



3 | ... schadhafte Leitungen lokalisieren und damit Reparaturarbeiten eingrenzen ...

© Testo

Weitere, auch von Thermografie-Experten teilweise noch unerschlossene Möglichkeiten, bietet die **aktive Bauthermografie**. Sie ermöglicht im Gegensatz zur passiven Bauthermografie Untersuchungen auch im Sommer und erweitert damit das Einsatzspektrum von IR-Kameras. Die Methode ist einfach, die dahinter stehenden physikalischen Vorgänge sind komplexer: Zu untersuchende Gebäudeteile werden zuvor durch Elektro-Heizlüfter oder die Sonne thermisch angeregt und der Erwärmungs- oder anschließende Abkühlprozess thermografisch untersucht. Während der Aufheiz- oder Abkühlungsphase wird in der Bausubstanz ein Wärmestrom erzeugt. Äußerlich nicht sichtbare Materialwechsel im Bauteil setzen diesem Wärmestrom entweder einen Widerstand entgegen, beschleunigen oder reflektieren ihn. Diese Veränderungen lassen sich mit der Thermografie-Kamera sichtbar machen. Dadurch werden beispielsweise äußerlich nicht sichtbare Strukturen, Durchfeuchtungen oder eine mangelnde Wärmedämmung sichtbar.



4 | ... oder Fehler bei der Ausführung von Wärmedämmverbundsystemen aufdecken.

© Dittlé

Damit können Gebäude und Bauteile zerstörungsfrei untersucht werden, was insbesondere im historischen Gebäudebestand und in der Denkmalpflege Vorteile bietet.

Die aktive Thermografie kann neben einer mangelnden Wärmedämmung auch Metall- oder Holzstrukturen hinter einer Gipskartonwand oder feucht gewordene WDVS-Fassadenbereiche sichtbar machen, ohne die Fassade punktuell öffnen zu müssen.

Messfehler lauern an jeder Gebäudeecke

Die Bauthermografie setzt neben einer guten IR-Kamera vor allem Fachwissen und viel Erfahrung voraus. Thermogramme müssen korrekt beurteilt, interpretiert und allgemeinverständlich erläutert werden, damit man daraus überhaupt einen Nutzen ziehen kann. Andernfalls sind es nur bunte Bilder. Dabei müssen Parameter wie Temperaturunterschiede, Sonneneinstrahlung, materialspezifische Emissionsfaktoren, die Windgeschwindigkeit oder thermische Spiegelungen an glatten Fassadenoberflächen, der Bauteilaufbau sowie weitere Faktoren berücksichtigt und richtig eingeschätzt werden.

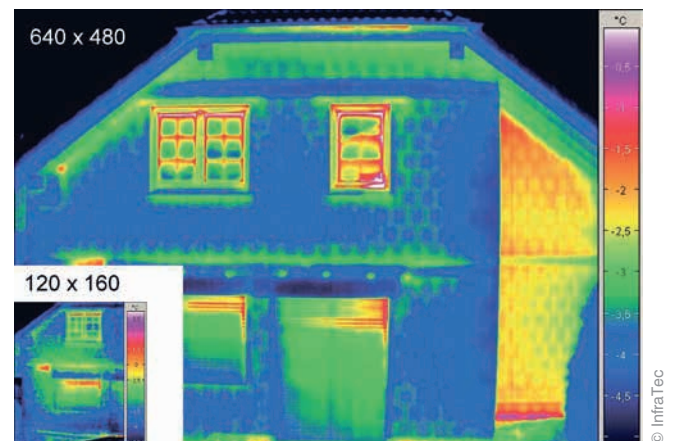
Zugleich sind Kenntnisse aus den Bereichen Optik, Wärmestrahlung, Wärmeleitung, Materialkunde etc. und nicht zuletzt der Bauphysik und Bautechnik erforderlich – sowie viel Erfahrung. Denn was beispielsweise auf den ersten Blick wie eine Wärmebrücke aussieht, muss nicht zwingend eine sein. Potenzielle Fehlerquellen lauern buchstäblich an jeder Gebäudeecke, und nicht selten ist bei der Interpretation von Thermogrammen ein geradezu kriminalistischer Spürsinn erforderlich.

Auch die Umgebungsbedingungen müssen stimmen: So hat die passive Bauthermografie nur in der Heizperiode „Saison“, da die Temperaturdifferenzen zwischen innen und außen mindestens 15 °C betragen sollten. Fällt der Winter einmal aus, kann es passieren, dass optimale Rahmenbedingungen für die passive Bauthermografie nur für wenige Wochen bestehen.

Gute IR-Kameras haben ihren Preis

Viele der Kamerakomponenten und -materialien sind teuer, wie etwa die aus dem Halbleiter Germanium bestehende, hochwertige Optik. Auch Herstellungs-, Bearbeitungs- und Kalibrierungsverfahren sind geräte-, personal- und kostenintensiv. Neben den Kamerakomponenten (Detektortyp, Optik, Optomechanik, Elektronik etc.) und den technischen Kameraparametern hat auch das „Drumherum“ – die Kalibrierung, Wartung, Schulung und der Service – Einfluss auf die Untersuchungsqualität.

Zu den wichtigsten Kameraparametern zählt die **Detektorauflösung**. Die Detektoren ungekühlter Thermografiekameras – dem aktuellen Standard bei handgeführten Wärmebildkameras – bestehen aus sogenannten Mikrobolometer-Focal Plane Arrays. Das ist eine Matrix aus winzigen Strahlungsdetektorzellen.



5 | Die Bildqualität bestimmt u. a. die Detektorauflösung: Größen- und Qualitätsvergleich von mit unterschiedlichen Detektorformaten aufgenommenen Wärmebildern

Je dichter das Matrixraster ist und je mehr Detektorzellen vorhanden sind, desto besser ist die Wärmebild-Qualität.

IR-Einsteigerkameras mit 160 x 120 IR-Bildpunkten sind schon unter 1.000 € zu haben, Detailprobleme lassen sich damit aber kaum erkennen. Als Stand der Technik gelten heute Kameras mit 320 x 240 IR-Bildpunkten – auch deshalb, weil sie im Sachverständigen-Bereich und bei thermografischen Gutachten auch vor Gericht Bestand haben. Erhältlich sind sie bereits unter 5.000 €.

Etwas tiefer in die Tasche greifen muss man für Profikameras mit 640 x 480 IR-Bildpunkten und mehr, die ab 15.000 € zu haben sind. Mit der von einigen Herstellern offerierten Resolution Enhancement-Technologie lässt sich die native IR-Kameraauflösung zusätzlich um das Vierfache steigern.

Neben der Detektorauflösung ist die Infraroptik ein weiterer Kameraparameter. Zu den Qualitätskriterien von IR-Objektiven gehören die Lichtstärke, die darüber entscheidet, wie viel Wärmestrahlung vom Objekt auf dem Detektor ankommt, das Auflösungsvermögen, die Abbildungstreue sowie die Qualität der Beschichtung.

IR-Profikameras für den Baubereich sollten möglichst mit einem für die Fassaden- und Raumthermografie geeigneten Weitwinkelobjektiv (z. B. 8–15 mm) mit großem Sehfeld ausgeliefert werden, das optional durch Standard- (z. B. 30–50 mm) und Teleobjektive (z. B. 60–130 mm) erweiterbar sein sollte.

Des Weiteren bestimmen die thermische Empfindlichkeit und die geometrische Auflösung die Qualität des Thermogramms. Letztere, auch IFOV-Wert genannt,

ist abhängig vom aktuell eingesetzten Objektiv und definiert die kleinstmögliche Messfleckgröße. Das ist jene Fläche auf dem Messobjekt, die aus einem Meter Entfernung einer einzelnen Detektorzelle in einem Wärmebild zugeordnet werden kann. Sie entscheidet insbesondere bei feinen Objektstrukturen, respektive bei großen Entfernungen darüber, wie genau gemessen werden kann.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die thermische Empfindlichkeit, auch NETD-Wert genannt. Sie gibt die kleinste Temperaturdifferenz an, die vom Detektor erfasst werden kann und liegt bei Profigeräten zwischen 0,03 und 0,05 Kelvin bei 30 °C. Je kleiner dieser Wert ist, desto geringer ist die Gefahr des sogenannten „Bildrauschens“.

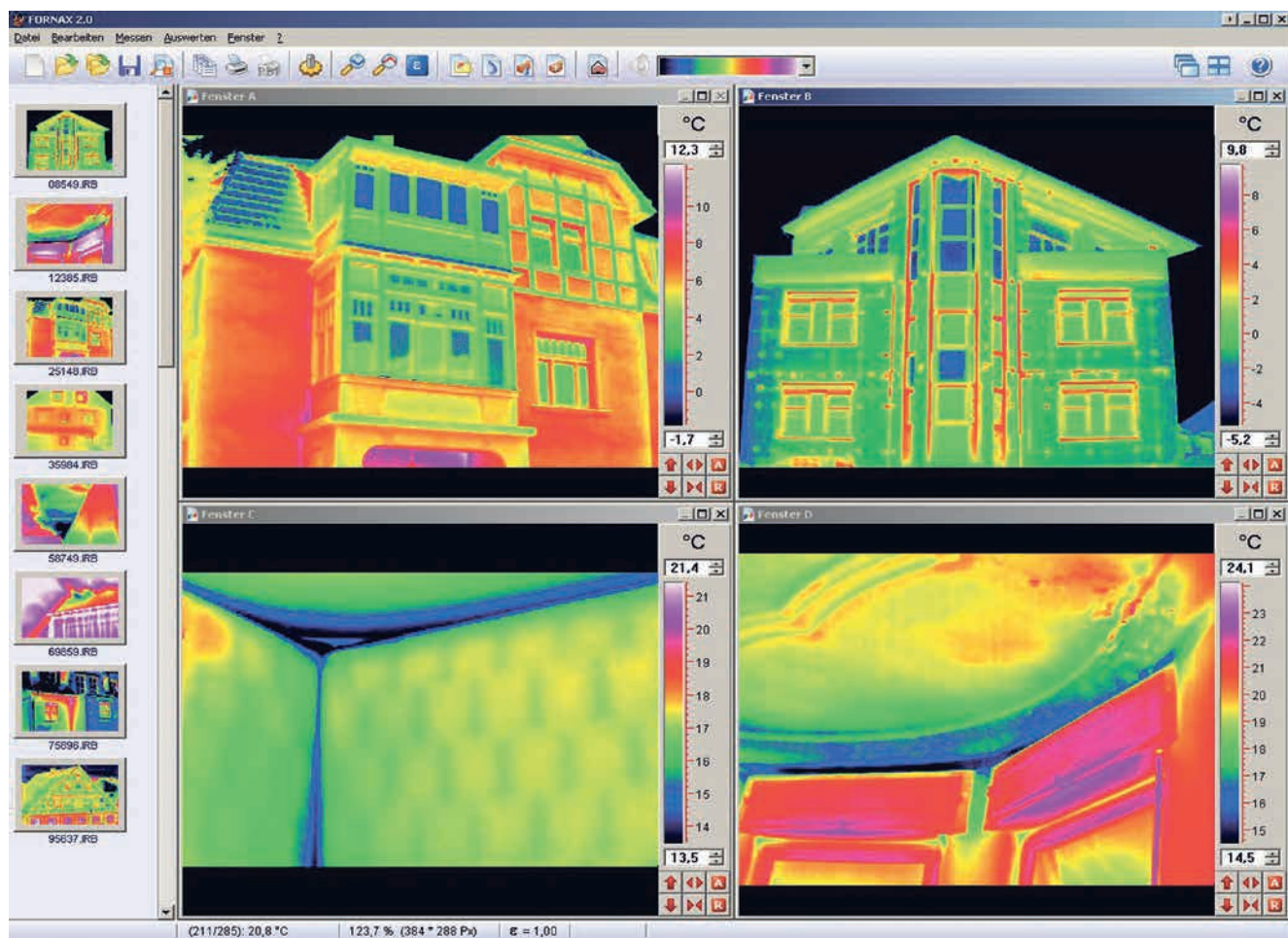
Beim Gehäusedesign überwiegt in der Einsteiger- und Standardklasse die Pistolen-Bauform, in der Profiklasse die Camcorder-Bauform. Mittlerweile gibt es auch in Smartphones integrierte IR-Kameras oder IR-Kameraaufsätze für Android- oder iOS-Smartphones, bei denen das Smartphone als Kameradisplay dient.

Stichwort Display: Das möglichst große und helle Farb-TFT-Display der IR-Kamera sollte über eine möglichst hohe Bildauflösung verfügen, sich ausklappen und um zwei Achsen nahezu in beliebige Richtungen drehen lassen. Dadurch sind Aufnahmen auch in beengten Situationen und aus praktisch jeder Position heraus möglich.

Ein Schwachpunkt ist oftmals die integrierte Digitalkamera. Mit 1,3 bis 3 Megapixel Bildauflösung sowie einer mehr oder weniger hellen LED-Videoleuchte macht sie eher verschwommene als kontrastreiche visuelle Bilder, auf denen Details nicht immer gut erkennbar sind. Deshalb nehmen Thermografie-Profis lieber eine gute Digitalkamera mit Blitz und Zoomfunktion mit.

Kaufen, leasen, leihen oder beauftragen?

Angesichts teilweise stolzer Kamerapreise stellt sich für Gelegenheitsnutzer die Frage nach Alternativen zum Neukauf. Neben der Miete, einem Mietkauf oder einer Leihstellung besteht die Mög-



6 | Mit Wärmebildkameras lassen sich Wärmebrücken, Wasserschäden oder schimmelpilzgefährdete Stellen aufspüren.

lichkeit, Dienstleister zu beauftragen oder ein gebrauchtes Gerät zu kaufen.

Die Preise für eine Leihstellung sind abhängig vom Kameramodell. In der Regel bewegen sie sich zwischen 150 und 500 € pro Tag.

Die Preise für wenige Jahre alte Gebrauchtgeräte liegen zwischen 20 und 50 % unter dem Neupreis. Meist wird nach einer Neukalibrierung sogar die gleiche Garantie wie für ein Neugerät gewährt.

Nicht vergessen sollte man die Notwendigkeit einer Schulung, die auch Zeit und Geld kostet: Basisschulung 2–5 Tage: 500–1.500 €; Zertifizierungskurse 5 Tage: 2.000 €.

Dieser Schulungsaufwand entfällt, wenn man sich für eine Thermografie-Dienstleistung entscheidet. Hier sind allerdings keine Kostenangaben möglich, da der Leistungsumfang und damit auch das Honorar unmittelbar vom jeweiligen Objekt und der Aufgabenstellung abhängen.

Deshalb sollte man sich in jedem Fall von einem **nach DIN EN ISO 9712 zertifizierten Dienstleister** ein Angebot unterbreiten lassen. Darin enthalten sein sollten die Anfahrt, Spesen, die Arbeitszeit und Gerätetechnik, alle Materialkosten sowie die Auswertung und eine aussagekräftige Dokumentation der Thermogramme. ■

Normen, Literaturtipps*

DIN EN 13187:1999-05: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Nachweis von Wärmebrücken in Gebäudehüllen – Infrarot-Verfahren, Beuth, Berlin 1999

DIN EN ISO 9712:2012-12: Zerstörungsfreie Prüfung – Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung, Beuth, Berlin 2012

Fouad, N.A./Richter T.: Leitfaden Thermografie im Bauwesen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2009

Wagner, H.: Thermografie – Sicher einsetzen bei der Energieberatung, Bauüberwachung und Schadensanalyse, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln 2011

Linktipps*

Bundesverband für angewandte Thermografie: www.vath.de

Thermografie Verband Schweiz: www.thech.ch

Österr. Gesellschaft für Thermografie: www.thermografie.co.at

Kamera-Anbieter*

www.flir.de, www.fluke.de, www.infratec.de, www.irpod.net, www.milwaukeeetool.de, www.testo.de, www.trotec.de

* Auswahl, ohne Anspruch auf Vollständigkeit!

Vorschau

Baukosten

Aufgepasst bei der Rechnungsprüfung

Baurecht

Aufgaben des Bauleiters in der Leistungsphase 8 (Teil 3)

Bautechnik

Brandabschottung

Impressum

FORUM VERLAG HERKERT GMBH
Mandichostraße 18, 86504 Merching
Tel.: 08233/381-123, Fax: 08233/381-222
www.forum-verlag.com
service@forum-verlag.com

Geschäftsführung: Ronald Herkert, Kerstin Kuffer

Objektleitung: Anna-Kristin Josten

Chefredaktion: Stefanie Ritter (V.i.S.d.P.)
redaktion@derbauleiter.info

Anzeigen: Michaela Lachenschmid
Michaela.Lachenschmid@forum-verlag.com

Technische Katharina Mesch

Bearbeitung: Katharina.Mesch@forum-verlag.com

Satz: Röser MEDIA GmbH & Co. KG

Druck: Druckerei & Verlag Steinmeier

Erscheinungsweise: 10 x jährlich

Bezugspreise:

Jahresabonnement Print-Ausgabe 127,33 € inkl. MwSt.
(zzgl. 12,63 € Versandkosten)

Jahresabonnement Digitale Ausgabe 127,33 € inkl. MwSt.

Jahresabonnement Premium-Ausgabe 198,73 € inkl. MwSt.
(zzgl. 12,63 € Versandkosten)

Titelbilder: © goodlu – Fotolia.com

Hinweis:

Wiedergabe – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Einwilligung des Verlags. Alle Angaben wurden mit äußerster Sorgfalt ermittelt und überprüft. Sie basieren jedoch auf der Richtigkeit uns erteilter Auskünfte und unterliegen Veränderungen. Eine Gewähr kann deshalb nicht übernommen werden, auch nicht für telefonisch erteilte Auskünfte.

ISSN: 2365-0990