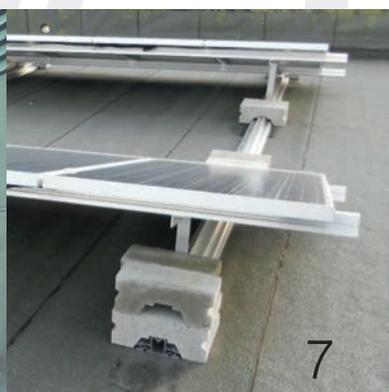




- 4 **Die Standardisierung von Sichtbeton**
- 7 **Photovoltaikplatten auf Flachdächern**
- 10 **Verglasung und thermischer Bruch**
- 14 **Reflektierende Dächer**
- 17 **Isolierung von innen**

- 1 Stellungnahme zum Artikel ‚Es besteht kein Zweifel mehr!‘
- 2 Interaktionen der Gewerke im Rahmen der Energie-  
renovierung
- 3 Die Schichtentrennung von Industrieböden: erste  
Anmerkungen
- 4 Die erwartete Standardisierung von Sichtbeton
- 5 Ausführungsblätter für Pfähle
- 6 Befestigung von Metallabdeckungen mit aufrechten Fugen  
auf Holzträgern
- 7 Solarpaneele auf Flachdächern: Beanspruchungen durch  
Wind
- 8 Einbau von Fenstern in Übereinstimmung mit der PEB
- 10 Verglasung und thermischer Bruch
- 11 Toleranzen der ETICS
- 12 Kontrolle der Abmessungstoleranzen auf der Baustelle
- 13 Die Abmessungstoleranzen angesichts der Anforderungen  
des Bauherrn
- 14 Reflektierende Dachbeläge und Photovoltaikanlagen
- 15 Entwurf und Dimensionierung von Zentralheizungsanlagen:  
Revision des WTB-Berichts Nr. 1
- 16 Ersetzung von an einen Sammelrauchabzug  
angeschlossenen Gasgeräten
- 17 Isolierung bestehender Wände von innen: Diagnose
- 18 Ein neues Akustiklabor für das WTB
- 19 Vertikaler Transport in Wohnungen
- 20 C-DOC® erleichtert die Verwaltung der Dokumente



# Stellungnahme zum Artikel ,Es besteht kein Zweifel mehr!‘

## **Antwort der Europäischen Gewerkschaft der dünnen reflektierenden Mehrschicht-Isolierung (EMM) auf den unter dem Titel ‚Es besteht kein Zweifel mehr!‘ veröffentlichten Artikel:**

*Die EMM hat den Wunsch, auf den in der Nummer 2012/3 der Zeitschrift WTB-Kontakt unter dem Titel ‚Es besteht kein Zweifel mehr!‘ veröffentlichten Artikel zu reagieren, um einige Erläuterungen und eine Zusatzinformation im Hinblick auf die Wärmeleistungen der dünnen reflektierenden Mehrschicht-Isolierung (oder ‚IMR‘) einzubringen.*

*In erster Linie soll darauf verwiesen werden, dass die Norm NBN EN 16012, auf die der Artikel Bezug nimmt, eine ‚Prüfnorm‘ ist, die sich auf Labortests gründet. Eine ‚Prüfnorm‘ ermöglicht es jedoch im Gegensatz zur ‚Produktnorm‘ nicht, die CE-Kennzeichnung zu erlangen. Im Gegensatz zu den Ausführungen des Artikels ist sie nicht obligatorisch und genügt sich keineswegs selbst.*

*Ferner unterlässt es der Artikel, darauf zu verweisen, dass gegenwärtig eine andere Norm – die sich zwar nicht auf Labortests sondern auf In-situ-Tests bezieht – erarbeitet wird und die Norm NBN EN 16012 ergänzen soll. Diese Norm ermöglicht die Bewertung des Wärmeverhaltens aller marktüblichen Dämmstoffe unter effektiven Benutzungsbedingungen. Auf Zeit werden diese beiden Normen in Übereinstimmung mit dem Beschluss des Technischen Büros des CEN vom 5. Juni 2009 die Ermittlung von zwei Werten ermöglichen, die sich gegenseitig ergänzen. Im Übrigen soll darauf verwiesen werden, dass diese Verfahrensweise auch von der Europäischen Kommission empfohlen wird, die mehrfach auf die Notwendigkeit der Entwicklung von zwei ‚Parallelnormen‘ verwiesen hat.*

*Auf dieser Grundlage wird es die Norm NBN EN 16012 nicht mehr allein ermöglichen, irgendwelche Schlussfolgerungen im Hinblick auf die Wärmeleistung der IMR zu ziehen.*

### **Unser Kommentar:**

Der Artikel des WTB verfolgte nicht die Absicht, die Frage der CE-Kennzeichnung von dünnen, reflektierenden Produkten (DRP) zu behandeln. In dieser Hinsicht möchten wir trotzdem auf Folgendes verweisen: Die Richtlinie 89/106/EEG und die Verordnung 305/2011 machen zur Auflage, dass die CE-Kennzeichnung möglich ist, falls sie sich auf harmonisierte Normen, europäische technische Zulassungen oder europäische technische Prüfungen stützt.

Die Norm NBN EN 16012 beschreibt eine Reihe von Vorgehensweisen, die übernommen werden können, um die angegebenen thermischen Leistungen festzulegen, und sie gibt an, welche für jeden Produkttyp geeignet ist. Jede Norm gibt hierbei den aktuellen technischen Standard und die Regeln der bewährten Praxis wieder. Ihre Anwendung ist jedoch nur dann obligatorisch, wenn die Reglementierung oder das Lastenheft darauf verweisen.

Eine Norm, welche die Entwicklung von In-situ-Tests im Hinblick auf die Bewertung der thermischen Leistungen von Bauprodukten, Bauelementen und Tragstrukturen beschreibt, ist faktisch in Planung. Das Ziel unseres Artikels bestand jedoch nicht darin, Informationen bezüglich eines Normentwurfs zu liefern, der in seiner endgültigen Form noch nicht genehmigt wurde und infolgedessen noch keine Anwendung findet.

Die Reaktion des EMM ändert unsere wissenschaftliche und technische Ansicht über die thermischen Leistungen der DRP in keiner Weise. Wir möchten alle Beteiligten des Sektors daher einladen, die verschiedenen zum Thema erschienenen Publikationen und insbesondere diejenigen zu konsultieren, die vom WTB herausgegeben wurden ([Les Dossiers du CSTC 2005/2.9](#) und der [WTB-Bericht Nr. 9](#)). ■

# Die erwartete Standardisierung von Sichtbeton

Dieser Artikel wurde am 27. Oktober 2020 gestrichen. Für weitere Informationen zu Sichtbeton verweisen wir auf die [TI 268](#).





In den letzten Jahren sah sich die Abteilung Technische Gutachten mit einer großen Anzahl von Fällen der Beschädigung von Industrieböden konfrontiert. So waren es im Jahr 2010 insgesamt 30 Fälle, die außerdem eine beträchtlich größere Gesamtbodenfläche gegenüber der Zeit vor 2009 darstellten. Diese Probleme haben das WTB dazu bewegt, gemeinsam mit dem CRIC eine Untersuchung („Floorcrete“, finanziert durch den FÖD Wirtschaft) bezüglich der Schichtentrennung von Industrieböden durchzuführen. Im Folgenden finden Sie die ersten Anmerkungen dazu.

# Die Schichtentrennung von Industrieböden: erste Anmerkungen

↳ V. Pollet, Ir., stellvertretender Leiter der Abteilung Materialien, Technologie und Hülle, WTB  
V. Dieryck, Ir., stellvertretender Laborleiter, und B. Dooms, Ir., Projektleiter, Laboratorium Betontechnologie, WTB

## EIGENSCHAFTEN

Das Phänomen der Schichtentrennung (siehe Abbildung) kann bei Industrieböden auftreten, bei denen die Endbearbeitung auf mechanischem Weg erfolgte. Es handelt sich um die Trennung einer dünnen Schicht von 3 bis 10 mm Dicke (in Ausnahmefällen 30 mm) auf der Oberfläche des Betons und nicht um einen Fall der Ablösung der Abnutzungsschicht, wie wir sie in der Vergangenheit erlebt haben. Die Trennungsfläche befindet sich oft im Beton und nicht zwischen der Abnutzungsschicht und dem Beton. Dieses Phänomen kann unmittelbar nach der Endbearbeitung auftreten oder sich erst Tage, teilweise sogar erst Monate nach der Inbetriebnahme des Bodens niederschlagen. Die abgetrennte Fläche kann sich von einigen Zentimetern bis zu einigen Quadratmetern erstrecken. Die Abtrennung tritt auffällig in Erscheinung, wenn es sich um gehärteten Beton handelt und sich die Oberfläche unter Einfluss des Verkehrs verschlechtert.

## URSACHEN

Die Abtrennung wird durch **Schwitzwasser** oder eingeschlossene **Luftblasen** unter einer Oberfläche aus poliertem Mörtel mit erhöhter Dichtigkeit verursacht. Diese Wasser- oder Luftblasen setzen sich beim Verstreichen mit dem Schaufelblatt und während des Poliervorgangs in Bewegung und sammeln sich unter der Oberfläche an. Es bilden sich hierbei schwächere Zonen, woraufhin der intensive Vorgang des Polierens, die Beanspruchung durch den Verkehr und die Schwindung zur Abtrennung der betroffenen Oberschicht führen.

Falls das Wasser und die Luft entweichen können, bevor die Betonoberfläche vollständig ‚geschlossen‘ wird, ist die Bildung einer Schichttrennung kaum möglich. Wenn jedoch der Beton viskös ist, haben die Luft- und Wasserblasen Schwierigkeiten, daraus zu entweichen.

Der Luftgehalt des Betons spielt hierbei eine vorherrschende Rolle: Betonarten, die mehr als 3 % eingeschlossene Luft enthalten, unterliegen der Gefahr der Schichttrennung.

Wir haben auch festgestellt, dass der Augenblick, in dem die Endbearbeitung stattfindet, von entscheidender Bedeutung ist. Eine langsame Abbindung oder **Krustenbildung** (*crusting*) bereitet jedoch Schwierigkeiten, den optimalen Zeitpunkt der Endbearbeitung festzulegen. Daher ist die Möglichkeit der Bildung einer Schichttrennung größer, wenn Faktoren, die die Zeit des Ausschwitzens des Betons erhöhen (z.B. ein kaltes Substrat), kombiniert mit Faktoren auftreten, die die Härtung des Betons beschleunigen (z.B. eine erhöhte Lufttemperatur).

Die Bildung von Krusten ist eine Folge des Nichtvorhandenseins von Schwitzwasser auf einem gehärteten Beton, dessen Unterschicht noch plastisch ist. Manche Unternehmer haben deshalb den Eindruck, dass sie auf einer ‚Wassermatratze‘ arbeiten. Wenn man in diesem Stadium mit der Endbearbeitung beginnt, deformiert sich der Unterbeton und die Oberfläche wird rissig und gewellt. Wenn man jedoch die Härtung des Unterbetons abwartet, dann wird die Oberfläche zu hart, um bis zur gewünschten Ebenheit polieren zu können (ferner wird das Einstreuen der Abnutzungsschicht und die Feuchtigkeitsversorgung aufgrund von fehlendem Wasser erschwert).

Mit der Krustenbildung verschließt sich der Beton vorzeitig, wobei er die im Unterbeton vorhandenen Luft- und Wasserblasen einschließt und das Risiko der Schichttrennung erhöht.

Außer dem Luftgehalt im Beton, der Menge an Schwitzwasser und der Geschwindigkeit des Ausschwitzens scheint auch die Viskosität bei dem Problem der Schichttrennung eine Rolle zu spielen. Ein visköser Beton ist die Folge eines erhöhten Luftgehalts, eines beträchtlichen Anteils an Feinstoffen (Zusatzstoffe und Zement) und von übermäßigem Feinsand.

## WEITERE FESTSTELLUNGEN

Im Juli 2010 wurde im WTB im Rahmen einer



Abtrennung einer Betonschicht.

umfassenden Untersuchung unter dem Namen ‚Floorcrete‘ eine Versuchsreihe im großen Maßstab durchgeführt, die auf der Zusammenarbeit mit dem CRIC beruhte und vom FÖD Wirtschaft subventioniert wurde.

Es wurden zwei verschiedene Betonzusammensetzungen untersucht: eine alte Zusammensetzung aus Beton M1 ohne Superweichmacher und eine Zusammensetzung aus Beton M2, die weniger Wasser enthält und von daher als potenziell anfällig für eine Schichttrennung gilt.

Die Endbearbeitung wurde in zwei verschiedenen Stadien durchgeführt: entweder zu einem Zeitpunkt, der als optimal im Hinblick auf die Abbindung des Betons gilt, oder zu einem späteren Zeitpunkt. Außer dem Beginn der mit dem Mikroskop beobachteten Schichttrennung bei der Zusammensetzung M2 konnten andere Feststellungen mit diesem Beton erfolgen, und zwar insbesondere:

- eine größere Schwierigkeit bei der Aufbringung (visköser oder zähflüssiger Beton)
- eine mit dem Mikroskop weniger deutlich sichtbare Abnutzungsschicht
- eine schwache Festigkeit gegenüber der Abnutzung.

Da in den letzten Jahren seitens der Ingenieure der Abteilung Technische Gutachten des WTB häufig unzureichende Festigkeitsgrade gegen Abnutzung festgestellt wurden, könnten die beiden Probleme daher miteinander in Verbindung stehen. ■

[www.wtb.be](http://www.wtb.be)

LES DOSSIERS DU CSTC 2012/4.3

Zu diesem Artikel gibt es eine Langfassung, die demnächst auf unserer Internetseite zur Verfügung stehen wird.

Weil Sichtbeton die Möglichkeit bietet, strukturelle und ästhetische Anforderungen miteinander zu verbinden, verwenden ihn die Architekten immer häufiger. Dennoch führen der Mangel an ästhetischen Kriterien, die sich auf objektive Weise messen lassen, die Beschreibung unrealistischer Anforderungen in den Lastenheften und diverse Schwierigkeiten bei der Durchführung immer häufiger zu Diskussionen hinsichtlich der Qualität des Endresultats. Die baldige Erscheinung einer belgischen Norm für Sichtbeton sowie eine neue Technische Information sollten hierauf eine Antwort bieten.

↳ N. Cauberg, Ir., Leiter des Laboratoriums Strukturen, WTB  
J. Piérard, Ir., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Betontechnologie, WTB  
J. Wijnants, Ing., Leiter der Abteilung Technische Gutachten, WTB

Dieser Artikel wurde im Rahmen des technologischen Beratungsdiensts ‚Nouveaux bétons spéciaux‘ herausgegeben, subventioniert vom SPW.

## WAS IST SICHTBETON?

In der zukünftigen Norm wird vorgeschlagen den Sichtbeton als einen vor Ort gegossenen Beton zu definieren, mit einer sichtbar gestalteten Oberfläche, die ästhetischen Ansprüchen genügen muss. Diese neue Definition sollte der aktuellen Verwirrung zwischen dem dekorativen Beton und Sichtbeton ein Ende bereiten, indem der letztere deutlich als ein Fertigbeton definiert wird – im Gegensatz zum dekorativen Beton, der gemäß PTV 21-601 einem vorfabrizierten Beton von architektonischer oder industrieller Qualität entspricht, für den besondere Auflagen gelten. Der regelmäßig verwendete Ausdruck ‚architektonischer Beton‘ erscheint daher nicht als solcher in den Referenzdokumenten, wird aber häufig verwendet, um einen vorfabrizierten Beton zu bezeichnen.

## WOZU ÜBERHAUPT VORSCHRIFTEN?

Die Projekturheber und die Unternehmer teilen im Allgemeinen unterschiedliche Vorstellungen und verschiedene Erwartungen in Bezug auf Sichtbeton. Im Übrigen ergibt sich dieser Betontyp zu häufig aufgrund von Lastenheften, die nur sehr vage die Verwendung einer glatten Verschalung vorschreiben.

Mangels belgischen Referenzdokumenten zum Sichtbeton beruft man sich gelegentlich auf ausländische Dokumente, die frag-

# Die erwartete Standardisierung von Sichtbeton

los der Interpretation und erforderlichen Erfahrung bedürfen (siehe [Les Dossiers du CSTC 2007/4.4](#)).

Um von Anfang an das Anspruchsniveau deutlich zu machen, ist es wichtig, dass die Normen die in den Lastenheften zu beschreibenden Parameter sowie die sachgemäßen Anforderungen angeben, die erfüllt sein müssen. Außerdem muss die Norm präzise Bewertungsverfahren zur Verfügung stellen können, die im Fall von Streitigkeiten ermöglichen, die angeforderten Auflagen objektiv zu prüfen.

Es ist logisch, dass die strikteren Anforderungen auch einen Kostenanstieg verursachen. Einer ersten Umfrage zufolge könnten sich die Zusatzkosten in Verbindung mit der Realisation von Sichtbeton am Ende verdoppeln (und in bestimmten Fällen den Quadratmeterpreis im Verhältnis zu Betonbauten, die keinen ästhetischen Auflagen unterliegen, sogar verfünffachen).

## DIE GROSSEN LINIEN DIESER STANDARDISIERUNG

Der gegenwärtige Normentwurf beschreibt drei Qualitätsstufen für Sichtbeton, was zu dem Zweck erfolgt, eine korrekte Abwägung zwischen den ästhetischen Anforderungen und dem Preis zu bewirken. So kann beispielsweise der Bauherr eines prestigeträchtigen Museums eine gehobene Qualität – die höhere Kosten verursacht – gegenüber dem Direktor einer Schuleinrichtung verlangen (siehe Abbildung). Die Beschreibung der Qualität muss mindestens vier Aspekte erfassen:

- die Luftblasenbildung

- die Textur (Endbearbeitung der Oberfläche, der Winkel und der Kanten)
- die Nuancen der Färbung
- die Toleranzen (bezüglich der Abmessungen, der Ebenheit usw.).

Neben der Quantifizierung der Auflagen wird die zukünftige Norm auch die Art und Weise beschreiben, wie letztere zu bewerten sind. Wir möchten betonen, dass eine begrenzte Anzahl von Verstößen gegen die Auflagen nicht zwangsläufig zu einer negativen Bewertung führt. Tatsächlich wird ein statistischer Ansatz empfohlen. Außerdem gibt die Norm auf indirekte Weise an, dass bestimmte Anforderungen nicht realisierbar sind. Eine vollkommen glatte Oberfläche des Sichtbetons, die eine vollkommen homogene Färbung ohne die geringste Unregelmäßigkeit aufweist, ist in der Praxis nicht realisierbar. Nur ein anderes Material und eine zusätzliche Endbearbeitung verschaffen die Möglichkeit, ein derartiges Niveau an Ansprüchen zu erreichen.

## UNREGELMÄSSIGKEITEN SIND UNVERMEIDLICH

Bestimmte Unregelmäßigkeiten sind unvermeidlich und treten auf praktisch allen Baustellen in Erscheinung. Es ist oft unmöglich, deren Ursache zu bestimmen, insbesondere da mehrere Faktoren im Spiel sind. Hinsichtlich ihrer Wichtigkeit im Verhältnis zur Gesamtstruktur und den (quantifizierten) Auflagen des Lastenhefts ist eine Prüfung vorzunehmen, ob diese Unregelmäßigkeiten akzeptabel sind oder ob deren Behebung gegebenenfalls angemessen ist. Das alte Sprichwort ist wohl bekannt: ‚Vorbeugen ist besser als heilen‘ – insbesondere wenn man weiß, dass die Reparaturen oftmals mehr oder weniger sichtbar bleiben.

Zum Schluss wird empfohlen, zuvor eine Versuchswand zu realisieren, wobei die hauptsächlichsten Schwierigkeiten der Baustelle einzubeziehen sind. Diese Wand erlaubt eine rasche Festlegung, ob die Verschalung über eine ausreichende Qualität verfügt, ob die Baustoffe ordnungsgemäß kompatibel und ob andere Einschränkungen vorhanden sind. ■



Die qualitativen Anforderungen und Budgets für Sichtbeton variieren von einem Gebäude zum anderen.

Die Abteilung Geotechnik des WTB erarbeitet zum gegenwärtigen Zeitpunkt gemeinsam mit dem Sektor eine Reihe von Ausführungsblättern zu speziellen Fundamentierungstechniken. Diese Initiative wurde zum ersten Mal in [WTB-Kontakt 2010/4](#) angekündigt. Im Juli dieses Jahres wurde die erste Reihe von sechs Blättern ([Infomerklärblätter 56.1 bis 56.6](#)) veröffentlicht, die sich mit Verbautechniken befassen. Das WTB schließt im Augenblick eine neue Serie von fünf Infomerklärblättern ab, die sich mit bodenverdrängenden Schraubpfählen befassen.

# Ausführungsblätter für Pfähle

↳ N. Huybrechts, Ir., Abteilungsleiter, und M. De Vos, Ir., stellvertretender Leiter der Abteilung Geotechnik, WTB  
F. De Cock, Ir., Unternehmensleiter, GEO.BE  
M. Roovers und E. Dupont, ABEF

Diese neue Serie Blätter wurde in enger Zusammenarbeit mit der *Association belge des entrepreneurs de fondation* (ABEF) im Rahmen des Projekts TIS-SFT konzipiert (subventioniert vom IWT) und widmet sich speziellen Fundamentierungstechniken. Die Ausführungsblätter betreffen fünf Typen von bodenverdrängenden Schraubpfählen: die Pfähle Atlas und Omega (Franki Foundations Belgium), den Pfahl Fundex® (Fundex) und die Pfähle GVS (De Waal Palen und Olivier Funderingstechniken). Diese Systeme wurden nicht per Zufall ausgewählt, sondern weil sie den Gegenstand mehrerer Versuchsreihen bilden, die vom WTB durchgeführt wurden (siehe [CSTC-Magazine 2002/3](#)).

Die Blätter erläutern deutlich für jedes System die Ausführungsmethode (siehe Abbildung 2), die auf dem Markt verfügbaren Durchmesser und Abmessungen sowie die Leistungsmindestanforderungen an die Maschinen. Der Text gibt gleichermaßen die Nutzungsmöglichkeiten jedes Systems hinsichtlich möglicher Neigungen und den Mindestabstand an, der im Verhältnis zu bestehenden Bauten einzuhalten ist (siehe Abbildung 1).

Das angestrebte Ziel bestand unter anderem auch darin, wichtige ergänzende Informationen bezüglich der rechtskräftigen europäischen Normen zur Dimensionierung und Ausführung bereitzustellen. Die Einsatzaspekte die für verschiedene Pfahlssysteme gelten, werden innerhalb einer spezifischen Rubrik angesprochen. Es handelt sich insbesondere um Auflagen zu den verwendeten Baustoffen (z.B. Beton und Bewehrung), den Zwischenabstand der Pfähle oder die Ausführungstoleranzen. Diese Rubrik enthält außerdem eine kurze Beschreibung, welche die letzte Version der europäischen Ausführungsnorm zur Grundlage hat (z.B. die Norm NBN EN 12699 für die fünf zuvor aufgeführten Systeme).

Schließlich wurden die Blätter als eine Ergänzung zum [WTB-Bericht Nr. 12](#) entworfen, der die Dimensionierung der Pfähle in Belgien gemäß Eurocode 7 beschreibt. Die Dimensionierung der Pfähle beinhaltet tatsächlich zahlreiche Faktoren und Koeffizienten, die

unmittelbar von der Ausführungsmethode des Systems abhängen.

Diese fünf ersten Blätter wurden durch andere Pfahltypen und neue Blätter mit speziellen

Fundamentierungstechniken ergänzt (Zuganker, Verbautechniken usw.). Diese Informationen werden zu gegebener Zeit in einer interaktiven Technischen Information zusammengefasst, die die [TI 129](#) ersetzen wird. ■

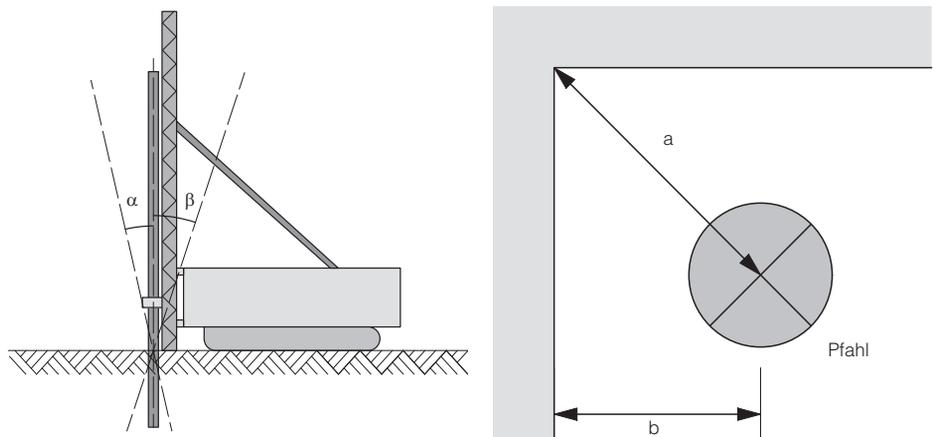


Abb. 1 Mögliche Neigungen (links) und zu beachtender Abstand im Verhältnis zu vorhandenen Bauten (rechts).

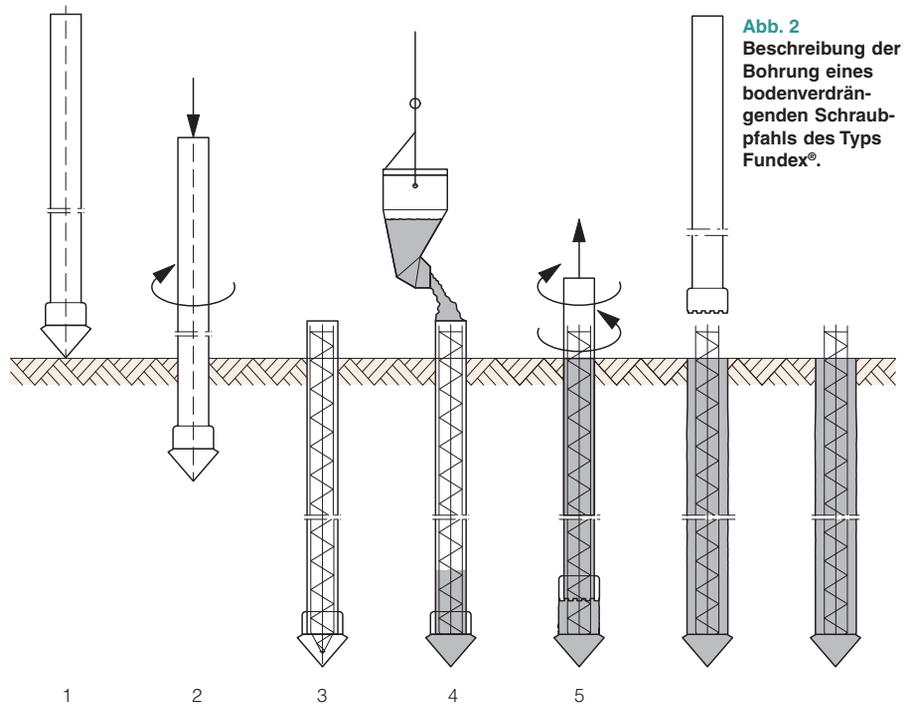


Abb. 2 Beschreibung der Bohrung eines bodenverdrängenden Schraubpfahls des Typs Fundex®.

1. Ein Bohrer aus Stahl, ausgestattet mit einer verlorenen Bohrspitze, wird auf der Oberfläche des Bodens positioniert.
2. Das Rohr wird unter der Zusammenwirkung einer Bohrkupplung und einer axialen Last in den Boden geschraubt.
3. Sobald die vorgegebene Tiefe der Spitze erreicht ist, wird das Gerüst im Rohr eingebracht.
4. Das Rohr wird mit Beton gefüllt.
5. Das Rohr wird durch Oszillation herausgezogen, aber die Bohrspitze bleibt an Ort und Stelle.



Die konstruktiven Methoden der Metallabdeckungen (Kupfer, Zink, Edelstahl) und die Arten ihrer Trägersysteme sind vielfältiger geworden (siehe hierzu [CSTC-Digest Nr. 11](#)), und die alte Norm der Windberechnung wurde seit Dezember 2010 durch Eurocode 1 (NBN EN 1991-1-4) und dessen nationalen Anhänge ersetzt. Die Frage nach der Dimensionierung des Befestigungssystems bleibt zweifelsohne aktuell.

# Befestigung von Metallabdeckungen mit aufrechten Fugen auf Holzträgern

## GRUNDSATZ DER ABDECKUNG MIT AUFRECHTEN FUGEN

Der Grundsatz der Abdeckung mit aufrechten Fugen besteht darin, die **Profilbahnen oder Bleche** mittels einer Klammer zu verbinden. Die Bahnen selbst werden auf dem Träger mithilfe von festen und/oder verschiebbaren Klemmen befestigt.

Die Bahnen müssen so miteinander verbunden werden, dass sie sich frei bewegen können, da das Metall unter dem Einfluss der Temperatur aufeinanderfolgenden Phasen der Dehnung und Schrumpfung ausgesetzt ist:

- Die Seitendehnung wird durch einen Zwischenraum von 3 bis 5 mm Breite ermöglicht, der am Fuß der Fuge erzeugt wird
- Die Längsdehnungen werden mittels der Positionierung der festen und verschiebbaren Klemmen absorbiert.

Pro Bahn müssen mindestens **fünf feste Klemmen** vorhanden sein (am First oder, je nach Neigung, in der oberen Hälfte des Daches) (siehe Abbildung). Der Rest ist mithilfe von verschiebbaren Klemmen zu befestigen. Die festen Klemmen sorgen dafür, dass die Bleche nicht verrutschen, während die verschiebbaren Klemmen dem Metall die Möglichkeit der Dehnung verschaffen.

## ANZAHL DER FIXIERKLEMMEN

Im Gegensatz zu Dächern, deren Abdeckung auf schweren Elementen mit kleinen Ausmaßen wie Dachziegeln und Dachschiefen

beruht,

- ist das Eigengewicht der Metallbahnen begrenzt und trägt nicht zur Stabilisierung des Daches hinsichtlich der Windeinwirkung bei
- ist die Luftdurchlässigkeit der Abdeckung nur sehr gering.

Der **Einfluss des Windes** auf eine Metallabdeckung ist daher wichtiger. Er variiert hinsichtlich der Dachbereiche, dem Ausmaß seiner Neigung und der Anzahl der Giebel. In der Regel erzeugt der Wind Turbulenzen, die auf dem Dach jeweils Bereiche mit Über- und Unterdruck verursachen. Diese Druckwerte sind größer in Höhe der Winkel, Randkanten und Hindernisse als im zentralen Teil des Giebels. Der erzeugte Unterdruck wirkt sich außerdem ungünstiger auf Dächer mit schwacher Neigung und einfachem Giebel aus.

Angesichts dieser Einflussparameter schlägt die nachfolgende Abbildung eine Aufteilung der festen Klemmen vor, die für einfache und Doppelgiebel gültig ist. Je nach Dachbereich ist für einen Zwischenabstand von 16,5 cm, 20 cm oder 33 cm zu sorgen. Die vorgeschlagene Aufteilung ist das Ergebnis aus Versuchen im Laboratorium und Berechnungen gemäß Eurocode 1. Sie ist für Metallbahnen von 53 cm Breite sowie Gebäude, deren First eine Höhe von bis zu 30 m erreicht, in den Rauheitsklassen des Geländes I bis IV gültig. Die Lösung ist für alle Konfigurationen identisch, ungeachtet der Dachneigung, seiner Zusammensetzung oder der globalen Abmessungen des Gebäudes.

In Zusammenhang mit der gegenwärtig zu be-

obachtenden Praxis sind die folgenden Besonderheiten anzumerken:

- Die Breite des Dachrands in Höhe des Firsts und der Trauflinie, die zum gegenwärtigen Zeitpunkt oft auf 60 cm begrenzt ist, muß vergrößert werden
- Bei Dächern mit nur einem Giebel ist der Zwischenabstand der Klemmen auf 16,5 cm zu verringern.

Diese Anwendungsregeln gelten für die Befestigung mittels gewöhnlicher Klemmen aus Edelstahl auf Dachlatte oder auf Paneele sowie gemäß den in nachfolgender Tabelle beschriebenen Bedingungen. Bei anderen Arten von Klemmen oder Trägerelementen muss sich an die Anleitungen der Hersteller gehalten werden.

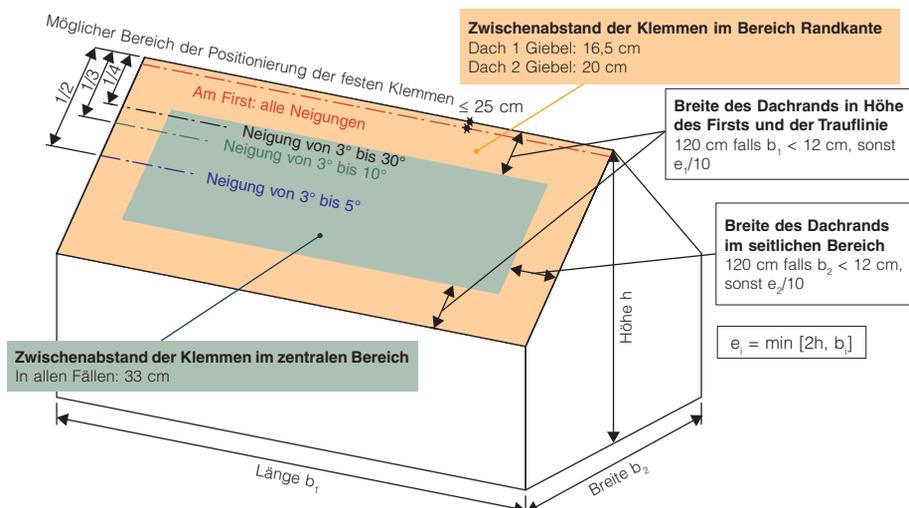
Ankernägel 3,0 / 25 mm	Dachlatten 24 mm
	OSB 18 mm
Schrauben 4,0 / 25 mm	Sperrholz 15 mm
	Dachlatten 18 oder 24 mm
	OSB 15 mm
	Sperrholz 15 mm

## EINE SORGFÄLTIGE BAUAUSFÜHRUNG

Außer der Wahl hinsichtlich der Anzahl und Positionierung der Fixierklemmen liegt der Schlüssel für eine ästhetisch ansprechende und die Zeit überdauernde Metallabdeckung in der Sorgfalt, die der Ausführung zuteil wird:

- Die Befestigungsplatinen und -köpfe dürfen nicht über die Trägerebene herausragen. Die Klemmen müssen vorzugsweise eine Vorrichtung gegen Reibung darstellen
- Im Fall von zu verschraubenden Klemmen ist für Ausfräsungen zu sorgen, um die Köpfe der Schrauben aufzunehmen. Da deren Durchmesser den Abmessungen der Fräsungen entsprechen muss, dürfen keine zu nagelnden Klemmen verwendet werden, um sie zu verschrauben, und umgekehrt
- Die Nägel und Schrauben sind gemäß den vorgesehenen Aussparungen einzusetzen und auch nicht seitlich, damit vermieden wird, dass die Klemme beschädigt wird und so ihre Festigkeit nachgibt. ■

✍ *D. Langendries, Ir., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Energiemerkmale, WTB*



Seit einigen Jahren bemerken wir einen sehr deutlichen Anstieg der Installation von Solarpaneelen auf den Dächern unserer Bauten, und dieser Anstieg sollte sich auch in der Zukunft fortsetzen. Dessen ungeachtet scheinen zahlreiche Schäden, die im Verlauf von Tagen mit einem heftigen Windaufkommen im letzten Winter registriert wurden, den Beweis zu liefern, dass bestimmte Tragwerke für diese Paneelen unterdimensioniert sind.

# Solarpaneelen auf Flachdächern: Beanspruchungen durch Wind

↳ E. Dupont, Ing., stellvertretender Leiter des Diensts Spezifikationen, WTB  
M. Wagner, Ing., ehemaliger Direktor der Direktion Information und Unternehmensunterstützung, WTB

Der in den [Dossiers du CSTC 2010/4.7](#) veröffentlichte Artikel unterscheidet drei Techniken der Anbringung auf Flachdächern:

- werkseitig in die Abdichtungsmembran integrierte oder auf die Abdichtungsmembran aufgeklebte Photovoltaikzellen
- auf die Abdichtungsmembran aufgestellte Paneelen mit Tragstruktur und Ballast, um der Beanspruchung durch Wind zu widerstehen
- Paneelen mit Tragstruktur die auf der Dachdecke oder dem Tragwerk mit mechanischen Verankerungen befestigt werden, welche die Abdichtung durchqueren.

Der vorliegende Artikel behandelt insbesondere Tragwerke mit Ballast, da die Mehrzahl der Probleme bei diesem Typ in Erscheinung treten. Die zu berücksichtigenden Parameter sind die folgenden:

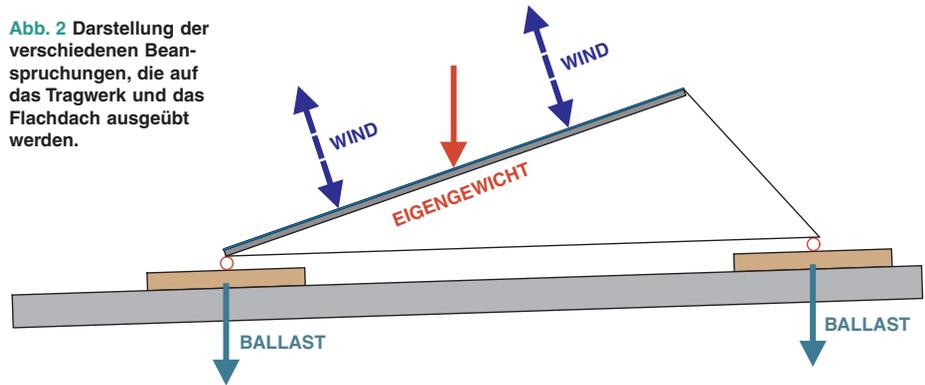
- der Standort des Gebäudes
- die Höhe des Daches
- die Dachneigung und die Neigung der Photovoltaikpaneele
- der Dachbereich, in dem sich die Paneele befinden (Winkel, Randkanten, im zentralen Bereich)
- das Eigengewicht der Installation und das Gewicht sowie die Position des Ballasts
- der Abstand zwischen den Paneeleihen
- das Vorhanden- oder Nichtvorhandensein eines Abschlusses hinter den Photovoltaikpaneelen.

Die Windbeanspruchungen lassen sich nicht direkt auf der Grundlage der Norm NBN EN 1991-1-4 und des WTB-Berichts Nr. 11 bewerten, da sie diesen Installationstyp nicht



Abb. 1 Abrutschen der Photovoltaikpaneelen.

Abb. 2 Darstellung der verschiedenen Beanspruchungen, die auf das Tragwerk und das Flachdach ausgeübt werden.



vorsehen. Wir haben daher mittels Versuchsergebnissen im Windkanal die Analogien zu den vorerwähnten Dokumenten abgeleitet.

Die Installation von Solarpaneelen ist empfindlich gegenüber Beanspruchungen durch Wind, da diese außer der Deformation des Tragwerks ihr Umschlagen, Abheben oder schließlich das Abrutschen verursachen können. Diese verschiedenen Gleichgewichtszustände (Abbildung 2) müssen daher unbedingt untersucht werden, angesichts dessen, dass die Instabilität des Tragwerks zu Schäden an der Installation und einer Beschädigung der Abdichtung führen kann. In diesem Zusammenhang ist es angebracht, stets eine Schutzschicht zwischen dem Tragwerk und der Abdichtung vorzusehen.

Die Abbildung 2 zeigt die verschiedenen Beanspruchungen auf, die zu berücksichtigen sind, und bestätigt, dass die Berechnungen nicht nur die Geometrie des Tragwerks, sondern auch die Position und die Aufteilung des Ballasts im Verhältnis zur Abstützung des Tragwerks in Betracht ziehen müssen. Ferner ist es für den Fall einer Reihe von Paneelen angebracht, dass ihre Tragstruktur mit den erforderlichen Aussteifungsplatten und Dehnungsfugen ausgestattet ist.

Betrachten wir beispielsweise den Fall einer Paneele von 1,5 m<sup>2</sup>, die in einem Winkel von 15° im Verhältnis zur Horizontale installiert und auf einer mit Ballast beschwerten Struktur befestigt ist, die auf einem Flachdach auf 6 m Höhe aufsteigt und auf einem freien Standort errichtet wurde (Rauheitsklasse II). Die auf die Paneele ohne rückseitigen Abschluss ausgeübte Windbeanspruchung variiert zwischen -1498 und -749 Pa (Unterdruck) je nach Position innerhalb der Paneeleihen, allerdings

vorausgesetzt, dass sie sich nicht in einem Randkantenbereich des Daches befindet.

Der Ballast der ohne rückseitigen Abschluss montierten Paneele muss je nach Fall die folgenden Werte einhalten:

- 210 und 95 kg/m<sup>2</sup> für die Festigkeit gegen das Umschlagen
- 133 und 57 kg/m<sup>2</sup>, um das Abheben zu vermeiden
- 201 und 92 kg/m<sup>2</sup>, um das Rutschen auf dem Dach zu verhindern, wobei ein Rutschkoeffizient von 0,5 vorauszusetzen ist.

Das erforderliche Ballastgewicht ist daher nicht zu vernachlässigen. Insofern ist es utopisch, letzteres mithilfe von Gehwegplatten realisieren zu wollen, wie man dies bei bestimmten Dächern beobachten kann.

Angesichts der empfindlichen Abweichungen der Beanspruchung gemäß der Lokalisierung der Paneele auf dem Dach ist es wünschenswert, eine fallspezifische Berechnung durchzuführen, indem eine validierte Rechenmethode angewandt oder tabulierte Werte eingesetzt werden. Im Fall von parallel auf einer Tragstruktur befestigten Paneeleihen variiert die Beanspruchung je nach ihrer jeweiligen Lage innerhalb dieser Struktur. Ist eine fallspezifische Berechnung nicht vorhanden, ist es aber riskant sich auf die Zusammenwirkung zwischen den Paneelen zu verlassen um die Stabilität der am stärksten beanspruchten Bereichen sicherzustellen.

Bei der Installation von Solarpaneelen auf einem Flachdach empfiehlt sich daher, im Voraus eine Berechnung der eventuellen Windbeanspruchungen durchzuführen. Diese zu kennen, ermöglicht danach die Wahl des Installationstyps und die Art seiner Befestigung. ■

Gegenwärtig ist der Einfluss von Bauknoten bei der Festlegung des E- und K-Niveaus eines Gebäudes zu berücksichtigen. In diesem Artikel stellen wir anhand einiger praktischer Beispiele die Auswirkung der Methode der sogenannten PEB-konformen Bauknoten auf den Anschluss zwischen den Fenstern und dem Rohbau dar.

# Einbau von Fenstern in Übereinstimmung mit der PEB

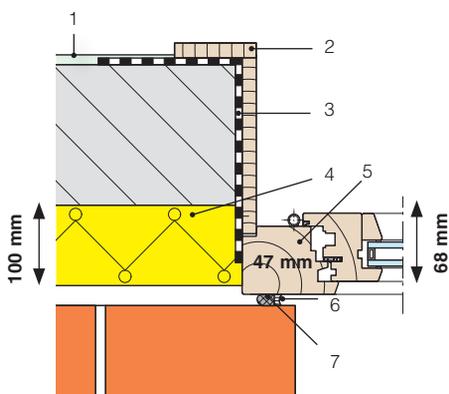
↳ E. Kinnaert, Ir., Projektleiter, Laboratorium Dach- und Fassadenelemente, WTB

Die verschiedenen Methoden die die Festlegung der Auswirkung von ‚Bauknoten‘ ermöglichen, sowie die Grundregeln für die PEB-konformen Bauknoten wurden dargestellt in einem Artikel, der in den [Dossiers du CSTC 2010/3.16](#) erschienen ist. Die Methode der PEB-konformen Bauknoten belegt, dass die Details so konzipiert wurden, dass eine kontinuierlich zufriedenstellende Wärmeisolierung gewährleistet ist. Ihr Einfluss auf das globale Wärmeisolierungsniveau des Gebäudes wird auf pauschale Weise mittels einer leichten Erhöhung von drei K-Punkten berücksichtigt.

## DIE FASSADENISOLIERSCHEIT IST DIREKT AN DEN FENSTERRAHMEN ANZUSCHLIESSEN

Die **Grundregel Nr. 1** für Fenster ist gültig im Fall einer Fassadenisolierschicht, die sich direkt an den Fensterrahmen anschließt. Diese Regel macht eine minimale Kontaktlänge zwischen der Fassadenisolierschicht und dem Fensterrahmen zur Auflage, die der folgenden Formel entspricht:

$$d_{\text{Kontakt}} \geq \frac{1}{2} * \min(d_1, d_2)$$



- |                            |                   |
|----------------------------|-------------------|
| 1. Putzmörtel              | 5. Holzfenster    |
| 2. Fensteröffnung aus Holz | 6. Fassadenkleber |
| 3. Luftdichte Membran      | 7. Rückenfuge     |
| 4. Wärmeisolierung (MW)    |                   |

**Abb. 1** Fensteranschluss, bei dem die Fassadenisolierschicht direkt an den Fensterrahmen anzuschließen ist.

wobei gilt :

- $d_{\text{Kontakt}}$ : minimale Kontaktlänge zwischen der Fassadenisolierschicht und dem Fensterrahmen
- $d_1$ : Dicke des Fensterrahmenprofils, gemessen senkrecht zur Glasoberfläche
- $d_2$ : Dicke der Isolierschicht der angrenzenden Wand.

Die allgemeine Formel der Grundregel Nr. 1 ist auf Fensterprofile mit thermischer Unterbrechung nicht anwendbar. Die Isolierschicht muss mit der thermischen Unterbrechung jedoch direkt in Berührung kommen, was für deren Gesamtlänge gilt.

Wir stellen dieses Prinzip anhand eines Beispiels des Anschlusses zwischen einem Holzfenster und dem Rohbau dar (siehe Abbildung 1): Die Dicke der Fassadenisolierschicht aus Mineralwolle (MW) beträgt 100 mm. Diese Isolierschicht schließt direkt an den Holzrahmen mit einer Dicke von 68 mm an.

Um die Grundregel Nr. 1 zu erfüllen, muss die minimale Kontaktlänge  $d_{\text{Kontakt}}$  zwischen der Fassadenisolierschicht und dem Fensterrahmen mindestens der ‚geringsten‘ Hälfte der Dicke des Fensterrahmens  $d_1$  oder der Fassadenisolierschicht  $d_2$  entsprechen. Die Werte  $d_1/2$  und  $d_2/2$  betragen jeweils 34 mm und 50 mm. Die minimale Kontaktlänge  $d_{\text{Kontakt}}$  zwischen der Fassadenisolierschicht und dem Fensterrahmen muss demnach mindestens 34 mm betragen. In diesem Beispiel, in dem  $d_{\text{Kontakt}}$  47 mm beträgt, ist der Anschluss zwischen dem Fensterrahmen und der Fassadenisolierschicht somit konform mit der PEB.

## DIE FASSADENISOLIERSCHEIT IST NICHT DIREKT AN DEN FENSTERRAHMEN ANZUSCHLIESSEN

Die **Grundregel Nr. 2** ist auf alle Anschlüsse anzuwenden, bei denen der Fensterrahmen nicht direkt an die Fassadenisolierschicht oder die Isolierschicht der angrenzenden Wand anzuschließen ist, so dass stattdessen zusätzliche Isolierelemente anzubringen sind.

Diese Isolierelemente übernehmen lokal die Funktion der thermischen Isolierung der unterbrochenen Isolierschicht, was die thermische Unterbrechung aufrechtzuerhalten ermöglicht (z.B. die Anbringung eines Fensters mit einem Multiplexkasten).

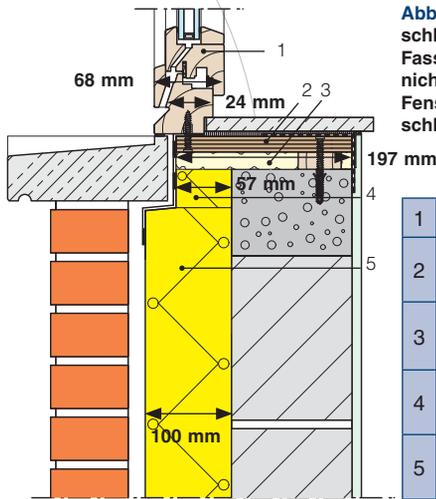
Die Grundregel Nr. 2 gibt an, dass alle zwischengeschalteten Isolierelemente gleichzeitig die drei folgenden Auflagen erfüllen müssen:

- Die **Wärmeleitfähigkeit**  $\lambda$  jedes zwischengeschalteten Isolierelements muss weniger als oder gleich 0,2 W/mK betragen
- Der **thermische Widerstand**  $R$  jedes zwischengeschalteten Isolierelements muss mehr als die Hälfte des thermischen Widerstands  $R_1$  der unterbrochenen Fassadenisolierschicht (oder der Isolierschicht der angrenzenden Wand) betragen. Der obere Grenzwert von  $R$  wird auf 1,5 m<sup>2</sup>K/W festgelegt. Es ist daher nicht der  $U_f$ -Wert des Fensterprofils, sondern nur der thermische Widerstand der Isolierschicht der undurchsichtigen Wand zu berücksichtigen. Der Wärmewiderstand  $R$  (m<sup>2</sup>K/W) eines zwischengeschalteten Isolierelements ist wie folgt definiert:

$$R = \frac{d_{\text{isol}}}{\lambda_{\text{isol}}}$$

wobei  $d_{\text{isol}}$  die Dicke (m) und  $\lambda_{\text{isol}}$  die Wärmeleitfähigkeit (W/mK) des zwischengeschalteten Isolierelements bezeichnet. Wenn diese Isolierelemente rechtwinklig sind (der häufigste Fall), ist es angemessen, die Dicke  $d_{\text{isol}}$  senkrecht zur Linie der thermischen Unterbrechung zu messen

- $d_{\text{Kontakt},i} \geq \frac{1}{2} * \min(d_{\text{isol}}, d_x)$ . Diese **Auflage in Sachen Kontaktlänge** ist auf folgende Weise zu interpretieren: Wenn das zwischengeschaltete isolierende Element mit Dicke  $d_{\text{isol}}$  an die unterbrochene Isolierschicht mit Dicke  $d_x$  der angrenzenden Wand anzuschließen ist, dann bildet die Hälfte der geringeren dieser beiden Dicken den unteren Grenzwert für ihre Kontaktlänge. Wenn das zwischengeschaltete isolierende Element mit Dicke  $d_{\text{isol}}$  an ein weiteres isolierendes Zwischenelement mit Dicke  $d_x$



**Abb. 2 Fensteranschluss, bei dem die Fassadenisolierschicht nicht direkt an den Fensterrahmen anzuschließen ist.**

1	Holzfenster
2	Multiplexkasten $\lambda = 0,15 \text{ W/mK}$
3	Gespritztes PUR $\lambda = 0,055 \text{ W/mK}$
4	Mineralwolle $\lambda = 0,05 \text{ W/mK}$
5	Mineralwolle $\lambda = 0,05 \text{ W/mK}$

anzuschließen ist, dann bildet die Hälfte der geringeren dieser beiden Dicken ebenso den unteren Grenzwert für die Kontaktlänge zwischen beiden.

Wir stellen dieses Prinzip anhand eines Beispiels des Anschlusses zwischen einem Fensterrahmen und einer Fensterschwelle mit einem Multiplexkasten dar (siehe Abbildung 2). Drei verschiedene Isolierelemente wurden zwischen der unterbrochenen Isolierschicht aus Mineralwolle und dem hölzernen Fensterrahmen eingesetzt:

- eine Isolierung aus Mineralwolle mit 57 mm Dicke
- eine Isolierung aus gespritztem PUR mit einer Breite von 197 mm
- eine Multiplexplatte von 197 mm Breite.

Die **erste Auflage der Grundregel Nr. 2** verlangt für jedes der zwischengeschalteten Isolierelemente eine Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  unterhalb oder gleich  $0,2 \text{ W/mK}$ . Man kann aus der Tabelle der Abbildung 2 ableiten, dass die Wärmeleitfähigkeit jedes dieser Zwischenelemente unterhalb von  $0,2 \text{ W/mK}$  liegt.

Die **zweite Auflage der Grundregel Nr. 2** verlangt für jedes der zwischengeschalteten Isolierelemente einen thermischen Widerstand  $R$  über der Hälfte des thermischen Widerstands  $R_1$  der unterbrochenen Fassadenisolierschicht (oder der Isolierschicht der angrenzenden Wand). Der obere Grenzwert von  $R$  ist festgelegt auf  $1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Die Hälfte des thermischen Widerstands  $R_1$  der unterbrochenen Isolierschicht beträgt:

$$\frac{R_1}{2} = \frac{\left(\frac{d_{\text{isol}}}{\lambda_{\text{isol}}}\right)}{2} = \frac{\left(\frac{0,1 \text{ m}}{0,05 \text{ W/mK}}\right)}{2} = 1 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Der thermische Widerstand  $R$  jedes zwischengeschalteten Isolierelements beträgt:

$$R_{\text{Mineralwolle}} = \frac{d_{\text{isol}}}{\lambda_{\text{isol}}} = \frac{0,057 \text{ m}}{0,05 \text{ W/mK}} = 1,14 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{gespritztes PUR}} = \frac{d_{\text{isol}}}{\lambda_{\text{isol}}} = \frac{0,197 \text{ m}}{0,055 \text{ W/mK}} = 3,58 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{Multiplex}} = \frac{d_{\text{isol}}}{\lambda_{\text{isol}}} = \frac{0,197 \text{ m}}{0,15 \text{ W/mK}} = 1,31 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Die thermischen Widerstände der zwischengeschalteten Isolierelemente liegen durchgehend über der Hälfte des thermischen Widerstands  $R_1$  der unterbrochenen Isolierschicht, womit die Auflage 2 der Grundregel Nr. 2 erfüllt ist.

Die **dritte Auflage der Grundregel Nr. 2** betrifft die Kontaktlänge. Wenn das zwischengeschaltete Isolierelement (Dicke  $d_{\text{isol}}$ ) an eine unterbrochene Isolierschicht mit Dicke  $d_x$  anzuschließen ist, dann bildet die Hälfte der geringeren dieser beiden Dicken den unteren Grenzwert für ihre Kontaktlänge. Wenn das zwischengeschaltete Isolierelement mit Dicke  $d_{\text{isol}}$  an ein anderes isolierendes Zwischenelement mit Dicke  $d_x$  anzuschließen ist, dann bildet die Hälfte der geringeren dieser beiden Dicken ebenso den unteren Grenzwert für die Kontaktlänge zwischen beiden.

Wenn man diese letzte Auflage an den Anschluss zwischen dem Fensterrahmen und der Fensterschwelle mit Multiplexkasten aus Abbildung 2 anwendet:

- beträgt die Kontaktlänge zwischen der unterbrochenen Isolierschicht aus Mineralwolle und dem zwischengeschalteten Isolierelement aus Mineralwolle:

$$d_{\text{isol}} = 100 \text{ mm, daher } \frac{d_{\text{isol}}}{2} = 50 \text{ mm}$$

$$d_x = 57 \text{ mm, daher } \frac{d_x}{2} = 28,5 \text{ mm}$$

$$d_{\text{Kontakt,i}} = 57 \text{ mm} \geq \min\left(\frac{1}{2}(d_{\text{isol}}, d_x)\right) = 28,5 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

- beträgt die Kontaktlänge zwischen dem zwischengeschalteten Isolierelement aus Mineralwolle und dem zwischengeschalteten Isolierelement aus gespritztem PUR:

$$d_{x, \text{Mineralwolle}} = 57 \text{ mm, daher } \frac{d_x}{2} = 28,5 \text{ mm}$$

$$d_{x, \text{gespritztes PUR}} = 197 \text{ mm, daher } \frac{d_x}{2} = 98,5 \text{ mm}$$

$$d_{\text{Kontakt,i}} = 57 \text{ mm} \geq \min\left(\frac{1}{2}(d_{x, \text{Mineralwolle}}, d_{x, \text{gespritztes PUR}})\right) = 28,5 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

- beträgt die Kontaktlänge zwischen dem zwischengeschalteten Isolierelement aus gespritztem PUR und dem zwischengeschalteten Isolierelement aus Multiplex:

$$d_{x, \text{gespritztes PUR}} = 197 \text{ mm, daher } \frac{d_x}{2} = 98,5 \text{ mm}$$

$$d_{x, \text{Multiplex}} = 197 \text{ mm, daher } \frac{d_x}{2} = 98,5 \text{ mm}$$

$$d_{\text{Kontakt,i}} = 197 \text{ mm} \geq \min\left(\frac{1}{2}(d_{x, \text{gespritztes PUR}}, d_{x, \text{Multiplex}})\right) = 98,5 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

- beträgt die Kontaktlänge zwischen dem zwischengeschalteten Isolierelement aus Multiplex und dem hölzernen Fensterrahmen:

$$d_{\text{isol, Fensterrahmen}} = 68 \text{ mm, daher } \frac{d_{\text{isol}}}{2} = 34 \text{ mm}$$

$$d_x = 197 \text{ mm, daher } \frac{d_x}{2} = 98,5 \text{ mm}$$

$$d_{\text{Kontakt,i}} = 24 \text{ mm} \leq \min\left(\frac{1}{2}(d_{\text{isol}}, d_x)\right) = 34 \text{ mm} \rightarrow \text{Nicht OK}$$

Anders ausgedrückt erfüllt der Anschluss zwischen dem Fensterrahmen und der Fensterschwelle der Abbildung 2 nicht die dritte Auflage (Kontaktlänge) der Grundregel Nr. 2, und zwar hinsichtlich der Kontaktlänge zwischen dem Fensterrahmen und dem Multiplexkasten. Dieser Anschluss stellt somit keinen mit der PEB konformen Bauknoten dar. Um dies zu erreichen, ist die Kontaktlänge zwischen dem Multiplexkasten und dem Fensterrahmen zu vergrößern, damit sie 34 mm erreicht und die Anforderung der Grundregel Nr. 2 erfüllt:

$$d_{\text{isol, Fensterrahmen}} = 68 \text{ mm, daher } \frac{d_{\text{isol}}}{2} = 34 \text{ mm}$$

$$d_x = 207 \text{ mm, daher } \frac{d_x}{2} = 103,5 \text{ mm}$$

$$d_{\text{Kontakt,i}} = 34 \text{ mm} \geq \min\left(\frac{1}{2}(d_{\text{isol}}, d_x)\right) = 34 \text{ mm} \rightarrow \text{OK} \quad \blacksquare$$

Zahlreiche Fälle von Glasbruch, die von der Abteilung Technische Gutachten aufgenommen wurden, sind auf thermische Ursachen zurückzuführen. In der Mehrzahl der Fälle hätten diese vermieden werden können, wenn das thermische Bruchrisiko beim Entwurf des Projekts bewertet, eine geeignete Verglasung angebracht und/oder einfache Nutzungsregeln beachtet worden wären. Es ist auch ratsam, auf Verschlechterungen der Glasränder zu achten, die wesentliche Beeinträchtigungen darstellen.

# Verglasung und thermischer Bruch

✎ V. Detremmerie, Ir., Leiter des Laboratoriums Dach- und Fassadenelemente, WTB

Glasbruch durch thermischen Schock entsteht bei Spannungen, die infolge von einem Temperaturgradient zwischen zwei benachbarten Bereichen in ein und derselben Glasscheibe erzeugt werden. Dieser Gradient kann sich beispielsweise zwischen sichtbaren Teilen und Teilen innerhalb des Falzes niederschlagen oder zwischen Teilen, die der Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, und Teilen, die in einer Schattenzone liegen. Unter dem Einfluss der Sonneneinstrahlung erhitzt sich eine Glasscheibe umso mehr, je höher ihre Energieabsorption ist. Falls ein Teil der Verglasung kühl bleibt, hindert dieser den warmen Teil daran, sich frei auszudehnen, wodurch jeweils in den heißen und kühlen Teilen der Glasscheibe Druck- und Zugspannungen entstehen. Angesichts dessen, dass das Glas über eine geringere Zug- als Druckfestigkeit verfügt, können die erzeugten Zugspannungen die Bruchspannung der Scheibe überschreiten und ihren Bruch hervorrufen. Dies nennt man einen thermischen Bruch. Er tritt an den Rändern der Verglasung auf und zeigt sich durch eine senkrechte Ebene der Bruchlinien und auf beiden Seiten des Glases. Der Bruch kann verzweigt sein oder nicht (siehe Abbildung 1).

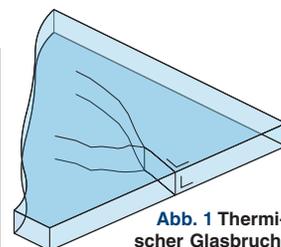
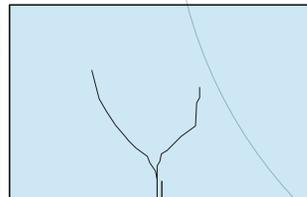
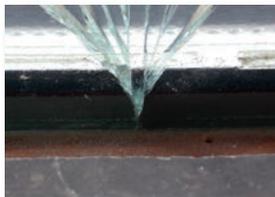


Abb. 1 Thermischer Glasbruch.

unterworfen. Wegen der schwachen Übertragung der Wärme im Luftzwischenraum ist das Risiko eines thermischen Bruchs auch grösser für eine Isolierverglasung (doppelt oder dreifach) als für eine Einfachverglasung. Beschädigte oder abgeblätterte Glasränder (bei Herstellung, Transport oder Anbringung der Volumen) stellen Schwachpunkte dar, von denen ausgehend ein thermischer Bruch bei einem Spannungsniveau eintreten kann, das ein gutes Stück unterhalb dem einer mängelfreien Scheibe liegt. Ebenso besteht bei graviertem Glas, Sandstrahlglas oder einfach zerkratzt Glas eine erhöhte Anfälligkeit für den Glasbruch

- mit dem **Typ** (Falz, Verleimung usw.) und der **Qualität des Einbaus der Fenster**
- mit der **thermischen Trägheit** des Fensterrahmens: Je erhöhter die Trägheit, umso träger passt sich die Temperatur des Rahmens an die Außenbedingungen an. Der Temperaturgradient zwischen dem sichtbaren Teil der Verglasung und dem Teil mit Kontakt zum Rahmen (und nachfolgend das Risiko des thermischen Bruchs) ist wichtiger. Die Farbe des Rahmens kann ebenso einen geringen Einfluss ausüben
- mit der **Außenumgebung** des Gebäudes (Nachbargebäude usw.) oder mit dem Gebäude selber (hinausragende Terrasse usw.), sofern sie die Verglasung einem teilweisen und längere Zeit anhaltenden Schatten aussetzen
- mit der **Innenumgebung**, die in bedeutender Weise die Temperaturunterschiede zwischen den warmen und kühlen Teilen einer Verglasung erhöhen kann, z.B. aufgrund von vorhandenen Sonnenschutzvorrichtungen und Gardinen, eines dunklen Objekts hinter der Verglasung (Möbelstück, Pfosten eines Schiebefensters usw.), Aufkleber oder auf der Verglasung angebrachte Poster, einer vor dem Fenster gelegenen Decke oder einer anderen internen Lichtschutzeinrichtung (siehe Abbildung 2), jedoch gleichermaßen die Nähe einer Wärmequelle (Radiator, Konvektor usw.) oder eines Belüftungssystems, das kühle oder warme Luft verbreitet.

## ZUR VORBEUGUNG

Generell ermöglicht das **Schleifen der Ränder** eines gekühlten Glases, das Risiko des thermischen Bruchs zu verringern. Wenn jedoch der Temperaturgradient der Verglasung Werte oberhalb von 30 °C erreichen kann, verwendet man besser **ausgehärtetes oder Verbundglas**, das Temperaturgradienten in der Ordnung von jeweils 100 und 200 °C widersteht. Dieser Wert kann jedoch sehr variieren und hängt unter anderem von der Qualität der Verarbeitung der Glasränder ab.

Was die Faktoren in Verbindung mit der Innenumgebung betrifft, kann generell – und abgesehen von jeder anderen Ursache – die Verwendung dieser beiden Glastypeen durch die Berücksichtigung einfacher Maßnahmen vermieden werden, indem man für einen Minimalabstand (von ± 40 mm) zwischen dem Fenster und einer Gardine oder Sonnenschutzvorrichtung sorgt, Strahlungsanlagen (Heizkörper, Konvektoren) oder direkt auf die Glasscheibe gerichtete Systeme vermeidet, und indem man sich vergewissert, dass diese einen Mindestabstand zur Verglasung von 20 cm einhalten.

Bei der **Lagerung** (in Kästen oder unverpackt) sollte außerdem darauf geachtet werden, dass die Glasscheiben keiner Sonneneinstrahlung oder einer anderen Wärmequelle ausgesetzt sind. ■



Abb. 2 Beispiel eines thermischen Bruchs durch den Einfluss der inneren Umgebung.

## RISIKOFAKTOREN

Das thermische Bruchrisiko kann mit den folgenden Faktoren verknüpft sein:

- mit den **klimatischen Bedingungen**: Die Temperaturdifferenz inmitten einer Verglasung hängt direkt von der Intensität der Sonneneinstrahlung, die sie erreicht (je nach Orientierung der Verglasung, der Beschaffenheit des Himmels usw.) sowie der Maximaldifferenz der Temperatur zwischen Tag und Nacht ab. Zwischen -60° und +45° im Verhältnis zur Nordrichtung installierte Fenster stellen nur ein geringes Bruchrisiko dar, da sie nicht der Sonneneinwirkung ausgesetzt sind
- mit den **Eigenschaften der Glasscheibe**: Je erhöhter der energetische Absorptionsfaktor der Glasscheibe, desto höher erhitzt sich das Glas unter Einwirkung der Sonneneinstrahlung. Absorbierende Gläser, Gläser mit Beschichtung und Gläser, auf denen eine reflektierende Folie aufgebracht ist, erhitzen sich mehr als klassische Gläser und sind von daher vermehrt einem thermischen Bruch

Spezifische für Außendämmungssysteme (ETICS) gültige geometrische Ausführungstoleranzen wurden in Abstimmung mit dem Sektor eingerichtet. Sie beruhen insbesondere auf einer Analyse von beanstandeten und nicht-beanstandeten Bauausführungen.

Y. Grégoire, Ir.-Arch., Leiter der Abteilung Materialien, WTB

# Toleranzen der ETICS

Im Fall einer Beanstandung prüft man den Endputz im Umkreis der Fassade, an der der Schaden aufzufinden ist. Falls eine Unregelmäßigkeit festzustellen ist, müssen die eventuellen Maßnahmen im Verhältnis zur Unstimmigkeit stehen, und diese Maßnahmen weichen voneinander ab, je nachdem ob es sich um eine ästhetische oder funktionelle Unregelmäßigkeit handelt. Die zulässigen Maximalabweichungen des Putzes werden in der nachfolgenden Tabelle jeweils gemäß Putztyp, der aufgetragenen Isolierung und des Trägermaterials aufgeführt.

Damit die Installation einer kontinuierlichen Isolierung möglich ist und die maximal zulässigen Abweichungen für Putzarbeiten berücksichtigt werden können, ist es unerlässlich, strenge Toleranzen auf dem Trägermaterial einzuhalten (sie werden in den Referenzdokumenten für Mauerwerk und ‚neue‘ Betonstrukturen definiert). Es ist wichtig zu betonen, dass es dem Auftraggeber obliegt, das Trägermaterial abzunehmen.

Abweichungen des Putzes hauptsächlich von den Abmessungstoleranzen der Isolierplatten, ihrer Anbringung und der Möglichkeit ihrer Abschmirgelung ab. Die Anbringung der Isolierplatten stellt daher eine wesentliche Etappe in der Bauausführung dar. Im Fall gravierender Abweichungen im Rohbau (z.B. bei bestimmten Renovierungen) sind die eventuellen Korrekturmaßnahmen, die das Tragwerk hinsichtlich seiner Abmessungen abnehmbar gestalten sollen, nicht im normalen Rahmen der Arbeiten enthalten und bilden daher den Gegenstand eines gesonderten Angebots. ■

Wenn die Abweichungen im Rohbau die Normkriterien erfüllen, dann hängen die zulässigen

**Ausführungstoleranzen der ETICS: zulässige Maximalabweichungen (siehe WTB-Kontakt 2010/1 bezüglich des geeigneten Materials und der Verfahren, die gleichermaßen auf Putz, Isolierplatten und auf das Tragwerk anzuwenden sind).**

Zulässige Abweichungen bezüglich...	Objekt	„Neuer“ Träger		ETICS			
		Mauerwerk (1)	Tragwerk aus Beton (2)	Gewünschte Ausführungstoleranz des Putzes (3)	Aufgetragene Isolierung	Endputz	
						Typen 1 und 2 (4)	Typ 3 (4)
der globalen Ebenheit unter der Regel von 2 m		± 8 mm (6)	± 8 mm (6)	Normal	± 5 mm	± 5 mm	± 8 mm
				Spezial	± 3 mm	± 3 mm	± 5 mm
der lokalen Ebenheit / Unregelmäßigkeit unter der Regel von 2 m		-	± 5 mm (6)	Normal	± 3 mm	± 3 mm	
				Spezial	± 2 mm	± 2 mm	
der Vertikalität / der lotrechten Position	~ 1 Etage (2,5 - 3 m)	± 8 mm	± 8 mm (6)	Normal und spezial	± 8 mm (7)		
	Gebäudehöhe	± 50 mm	± 16 à 50 mm (6)		± 50 mm		
der Horizontalität (wobei ‚d‘ der Abstand zwischen zwei Punkten einer Linie vorstellt)		-	-	Normal/spezial	d < 3 m : ± 8 mm/± 6 mm 3 m < d < 6 m : ± 12 mm/± 8 mm 6 m < d < 15 m : ± 16 mm/± 12 mm		
der Geradlinigkeit der Linien/Kanten (auf eine Länge von 2 m)		- (11)	± 8 mm	Normal	± 5 mm	± 5 mm	± 8 mm
				Spezial	± 3 mm	± 3 mm	± 5 mm
der Winkelhaltigkeit (Fensteranschluss usw.)		-	-	Normal	± 5 mm/0,25 m		
				Spezial	± 3 mm/0,25 m		
der Niveauunterschiede der Außenfläche		- (11)	± 5 mm (6)	Normal und spezial	± 1/5 e (10)	-	-
einer linearen Abmessung ‚d‘ in cm		± 1/4 (d)1/3 (≤ 4 cm)	-	Normal und spezial	± 1/4 (d)1/3 (≤ 4 cm)		

(1) Siehe NBN EN 1996-2 ANB und den Entwurf der STS 22 ‚Exécution des maçonneries‘ (in Erscheinung).  
 (2) Siehe NBN EN 13670 und den Entwurf seines nationalen Anhangs prNBN B 15-400. Abweichungen, hervorgehend aus Toleranzklasse 2 (schwerwiegend) (im Sonderlastenheft anzugeben).  
 (3) Die zu beachtende Toleranzklasse ist Gegenstand einer Vereinbarung unter den Parteien. Falls in den Vertragsdokumenten keine diesbezüglichen Daten enthalten sind, gilt die normale Endbearbeitung. Die spezielle Endbearbeitung ist prinzipiell nur dann vorbehalten, wenn die Vertragsdokumente eine entsprechende explizite Erwähnung enthalten. Gegebenenfalls tritt sie im Rahmen einer Kontrolle der Endbearbeitung in Kraft, jedoch nur, falls dem mit den ETICS-Arbeiten beauftragten Unternehmer ein Bericht zur Verfügung gestellt wurde, der die zulässigen Toleranzen bzgl. Träger sowie die Angleichung der Bauvorschriften an die Technik der ETICS behandelt.  
 (4) Typen 1 und 2: jeweils Putz schwacher Dicke mit Feinstruktur und glattem Putz mit gespachteltem Abschluss, ggf. für den Anstrich bestimmt. Typ 3: dicker Mineralputz (Mineralputz mit gekratzter Struktur, grober Dekorativputz).  
 (5) Durch Anwendung der angemessenen Formel aus (2) mit freier Etagenhöhe h von 3000 mm.

(6) Durch Anwendung der angemessenen Formel aus (2), Funktion der Höhen und Anzahl der Etagen.  
 (7) Wenn ‚h‘ die Höhe der Wand, ausgedrückt in cm (d.h. 300 cm), dann gilt als zulässige Maximalabweichung ± 1/8 x h1/3 (d.h. 8 mm).  
 (8) Eine festgestellte Abweichung bis zu 10 mm/2 m ermöglicht die Aufbringung mit Klebemörtel oder PU-Schaum. Eine festgestellte Abweichung bis zu 15-20 mm/2 m (siehe Technische Merkblätter) ermöglicht die Anbringung mit Klebemörtelstreifen oder -punkten (+ Randstreifen).  
 (9) Eine festgestellte Abweichung bis zu 5 mm (Ebenheit auf 0,2 m oder Niveauunterschiede) ermöglicht die Aufbringung mit Klebemörtel oder PU-Schaum. Eine festgestellte Abweichung bis zu 10 mm (siehe Technische Merkblätter) ermöglicht die Anbringung mit Klebemörtelstreifen oder -punkten (+ Randstreifen).  
 (10) Niveauunterschiede zwischen den Platten müssen vermieden werden, um das Risiko von Rissen zu begrenzen. Das Isoliermittel ist gegebenenfalls – und falls zulässig – abzuschmirgeln (siehe Technische Merkblätter). Auf keinen Fall dürfen die Niveauunterschiede die erwähnte Abweichung überschreiten (‚e‘ entspricht der Dicke des Basisputzes).  
 (11) Sofern ein maßgebliches Kriterium fehlt, wird die zulässige Abweichung für Betonstrukturen empfohlen.

Außer dem ästhetischen Aspekt stellt sich immer häufiger die Frage nach der Akzeptabilität von Abmessungsabweichungen bei Fliesen. Dieser Artikel bietet einen Überblick der zulässigen Abmessungstoleranzen bei harten Belägen und behandelt die Art und Weise, wie eine Kontrolle auf der Baustelle vorzunehmen ist.

# Kontrolle der Abmessungstoleranzen auf der Baustelle

↳ J. Van den Bossche, Ing., Hauptberater, Abteilung Technische Gutachten, WTB

Für den Fall, dass eine Streitigkeit die Verlegung von Fliesen (Keramik oder Naturstein) betrifft, hat generell der Bauherr vor Ort die ‚problematischen Zonen‘ anzugeben, an denen eine Kontrolle durchzuführen ist, um festzulegen, ob die Toleranzen überschritten wurden oder nicht. Die Kontrolle muss zum einen die Toleranzen der Verlegung und zum zweiten die reellen Abmessungsabweichungen der Fliese berücksichtigen (welche die in den Normen aufgeführten Maximalabweichungen unterschreiten müssen).

Die erste Phase besteht darin, vor Ort zu prüfen, ob die gemessenen Abweichungen größer als die Verlegungstoleranz sind. Falls dies nicht der Fall ist, dann gilt, dass die Verlegung konform ist. Wenn jedoch die Verlegungstoleranz an bestimmten Stellen überschritten wird, dann sind die reellen Abmessungsabweichungen der Fliesen zu überprüfen; weiterhin ist zu prüfen, ob die gemessenen Abweichungen die Summe aus Verlegungstoleranz und der reellen Abmessungsabweichung an der betroffenen Fliese überschreiten.

## NIVEAUUNTERSCHIEDE

Dieses Prinzip lässt sich auf einfache Weise anhand eines Beispiels der Kontrolle der Niveauunterschiede zwischen angrenzenden Fliesen aus Naturstein (50 x 50 cm) veranschaulichen, die mit Mörtel auf Estrich verlegt wurden.

Bei diesem Verlegungsverfahren sind wir grundsätzlich der Ansicht, dass sich eventuelle Abweichungen in der Fliesendicke durch die Mörtelschicht beheben lassen, so dass sie keinen Einfluss auf das Niveau der Fliesen haben. Gemäß der [Technischen Information Nr. 213](#) dürfen die Niveauunterschiede zwischen zwei



Abb. 1 Messung der reellen Niveauunterschiede zwischen zwei angrenzenden Fliesen.

angrenzenden Natursteinfliesen der Dimension 50 x 50 cm nicht mehr als 1 mm (Verlegungstoleranz) betragen. Es ist jedoch außerdem auch die reelle Abweichung der Ebenheit der Fliese selber zu berücksichtigen, die mit der Verlegungstoleranz von 1 mm zu addieren ist. Bei einer Verlegung mit Klebemörtel empfiehlt sich gleichermaßen die reellen Dickeabweichungen zwischen den Fliesen einzubeziehen, da diese sich mit einer Schicht Feinklebemörtel nicht beheben lassen.

Die Niveauunterschiede zwischen zwei angrenzenden Fliesen werden mithilfe eines Metallmessstabs und einer Schieblehre gemessen. Man legt hierbei den Messstab auf die höhere Fliese und misst danach mit der Schieblehre die Entfernung zwischen der Oberseite des Messstabs und der Oberfläche der unteren Fliese (unmittelbar neben der Fuge, siehe Abbildung 1). Dieser Wert, abzüglich der Höhe des Messstabs, entspricht dem reellen Niveauunterschied der angrenzenden Fliesen.

Falls der Wert der reellen Niveauunterschiede unter der Verlegungstoleranz von 1 mm liegt, ist diese Abweichung akzeptabel. Falls im Gegenzug der gemessene Wert über 1 mm liegt, bestimmt man an derselben Stelle die reelle Ebenheitsabweichung der beiden fraglichen Fliesen.

## REELLE EBENHEITSABWEICHUNG

Um die reelle Ebenheitsabweichung der betroffenen Fliesen zu messen, legt man einen Messstab mit identischen Endstücken unmittelbar an die Kante der Fliese, und zwar längs der Seite wo der Niveauunterschied vermutet wird (siehe Abbildung 2). Danach misst man mit der Schieblehre die Distanz zwischen dem Messstab und den Fliesenkanten (L1 und L2), sowie zwischen dem Messstab und der Mitte der Fliese (L3).

Der Unterschied zwischen dem in der Mitte (L3) gemessenen Wert und dem Durchschnitt der an den Kanten gemessenen Werte  $((L1 + L2)/2)$  gibt einen Hinweis auf die reelle Ebenheitsabweichung der betroffenen Fliese (siehe Abbildung 2).

Dieser Wert kann außerdem den Ebenheitstoleranzen gegenüber gestellt werden, die in den Normen NBN EN 12057 bzw. NBN

## WEITERE INFORMATIONEN

Das Gesamtergebnis der Fliesenverlegung (und nicht nur die Zonen, die vom Bauherrn als problematisch ausgewiesen werden) kann mittels einer statischen Vorgehensweise geprüft werden (siehe [Les Dossiers du CSTC 2010/1.4](#)).

EN 12058 aufgeführt werden (diese Normen für Naturstein befinden sich gegenwärtig in Revision – wenn wichtige Änderungen vorgenommen werden sollten, werden wir den Sektor so rasch wie möglich informieren).

Falls die Summe aus der Verlegungstoleranz (1 mm) und der an der Fliese gemessenen Ebenheitsabweichung (es handelt sich um die Differenz zwischen den an zwei angrenzenden Fliesen gemessenen Ebenheitsabweichungen falls beide Fliesen konkav oder konvex sind, und um die Summe der Ebenheitsabweichungen falls eine der Fliesen konkav und die andere konvex ist) unter dem an dieser Stelle gemessenen Niveauunterschied liegt, dann überschreitet letztere die Toleranz. ■

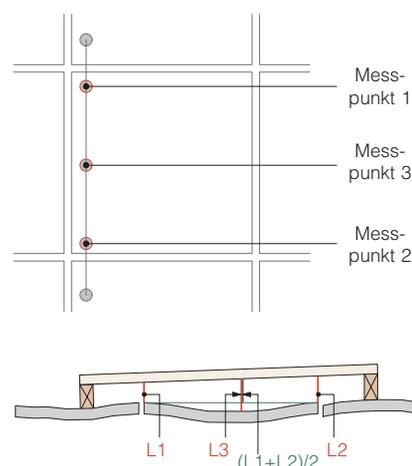
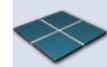


Abb. 2 Messung der reellen Ebenheitsabweichung einer Fliese.

[www.wtb.be](http://www.wtb.be)

INFOMERKBLATT 65

Die Langfassung des Artikels bildet den Gegenstand eines Infomerckblatts, das demnächst auf unserer Webseite zur Verfügung steht.



Es wird für Fliesenleger immer schwieriger, die – oftmals sehr großzügigen – Abmessungstoleranzen der Produkte auf die strikten Auflagen der Bauherren abzustimmen. Dieser Artikel behandelt die Problematik der Abmessungstoleranzen im Fall von Keramikfliesen.

# Die Abmessungstoleranzen angesichts der Anforderungen des Bauherrn

*T. Vangheel, Ir., Projektleiter, Laboratorium Materialien für Rohbau und Ausbau, WTB*

Wenngleich Belgien nur einen kleinen Teil des Marktes für Keramikfliesen darstellt, hat eine bei den Herstellern durchgeführte Untersuchung zu dem Ergebnis geführt, dass die Mehrzahl der Reklamationen aus unserem Land stammen. Außer dem ästhetischen Aspekt besteht ein immer häufiger vorgebrachter Diskussionsgegenstand in der Akzeptabilität von Abmessungsabweichungen (z.B. Ebenheitsmängel, Niveaunterschiede zwischen angrenzenden Fliesen). Die Tragstruktur, die Verlegung und die geometrischen Eigenschaften der Fliesen sind wichtige Faktoren, die diese Abweichungen erklären können. Der Einfluss, der von den Toleranzen des Trägers ausgeht, ist bereits im [Infomerklblatt 19](#) angesprochen worden. Die Fliesenabmessungen, die infolge der gegenwärtigen Tendenz immer größer werden, und die Abmessungstoleranzen des Endbelags haben ebenfalls einen großen Einfluß auf die endgültigen Abmessungsabweichungen. Der auf Seite 12 dieser Ausgabe veröffentlichte Artikel erläutert, wie eine Kontrolle auf der Baustelle durchzuführen ist.

## WAS SAGT DIE NORM?

Bei der Herstellung der Keramikfliesen sind leichte Abmessungsabweichungen unvermeidlich, was im Wesentlichen auf den Backvorgang zurückzuführen ist. Diese werden daher in der Produktnorm NBN EN 14441 als Toleranzen bzw. akzeptable Abweichungen aufgeführt. Diese Norm enthält auch Informationen zu den anderen Eigenschaften der Fliesen wie z.B. zu Porosität, Bruchfestigkeit, Abnutzung oder Fleckenbildung.

### FLIESENFORMATE

Gemäß der TI 237 werden die Fliesenformate wie folgt klassifiziert (L: Länge, l: Breite):

- kleines und mittleres Format: L < 30 cm und l < 30 cm
- großes Format: 30 cm < L < 60 cm oder 30 cm < l < 60 cm
- sehr großes Format: 60 cm < L < 100 cm oder 60 cm < l < 100 cm.

Diese Norm stammt von 2006 und bestimmt mittels eines Prozentsatzes die Abmessungstoleranzen hinsichtlich der Länge, Breite, Dicke, Ebenheit usw. Die Ebenheitstoleranzen gelten für die Seiten, die Diagonale und die Verspannung der Fliese. Wie in der [Technischen Information Nr. 237](#) dargelegt, sind diese Toleranzen mit den Auflagen für den Endbelag nicht kompatibel. Aus diesem Grund empfiehlt die TI strengere Toleranzwerte.

## NEUE PRODUKTNORM, NEUE ABMESSUNGSTOLERANZEN

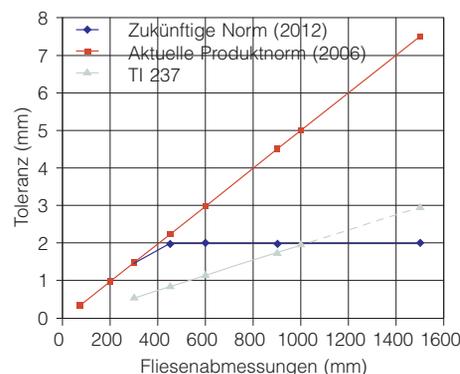
Nach den Reaktionen der Hersteller wurde die Norm von 2006 revidiert, um die Abmessungstoleranzen anzupassen. Die Modifikationen wurden im vergangenen Juni genehmigt, und die Veröffentlichung der revidierten Version wird für das Jahresende erwartet.

Bei Fliesen kleinen oder mittleren Formats sind die Änderungen nur minimal. Im Gegenzug dazu stellt die Verringerung der Toleranz auf 2 mm bei den großen und sehr großen Fliesen (siehe „Anmerkung“) eine wichtige positive Entwicklung dar. Beispielsweise beträgt die Ebenheitstoleranz bei einer Keramikfliese B1a mit den Abmessungen 600 x 600 mm 0,5 % mit einem Maximalwert von 2 mm. Die durch Berechnung ermittelten 3,0 mm werden daher auf 2,0 mm zurückgeführt. Die Toleranzen bezüglich der Länge und der Dicke werden in der neuen Version der Norm gleichfalls verringert: 0,6 % für die Länge mit einem Maximalwert von 2 mm, und 5 % für die Dicke mit einem Maximalwert von 0,5 mm.

Die nachfolgende Grafik gibt die Toleranzen der aktuellen und zukünftigen Produktnorm und der TI 237 an. Diese Kurven zeigen die Notwendigkeit, für die Abmessungstoleranzen im Rahmen der zukünftigen Norm einen Grenzwert zur Auflage zu machen (insbesondere bei Fliesen großen und sehr großen Formats).

## SCHLUSSFOLGERUNG

Die Abmessungstoleranzen der Fliesen, die in den europäischen Normen aufgeführt werden, sind oft relativ großzügig. Aus diesem Grund entsprechen die Fliesen im Allgemeinen leicht diesen Auflagen. Innerhalb dieser Toleranzbrei-



Toleranzen bezüglich der Ebenheit von Keramikfliesen.

ten können die Abmessungseigenschaften der Fliesen dennoch stark voneinander abweichen. Die zukünftige Produktnorm für Keramikfliesen wird diese Toleranzen verringern, indem sie der zu hohen Variationsbreite ein Ende bereitet. Für die belgischen Auftraggeber wird sich die Verschärfung dieser Toleranzen jedoch noch immer als unzureichend erweisen, um einen Fliesenbelag vorzunehmen, der ihren Anforderungen vollkommen entspricht.

Um mit den Erwartungen des durchschnittlichen belgischen Auftraggebers übereinzustimmen, wird empfohlen, Fliesen zu verwenden, die strengere Abmessungsauflagen als diejenige aus den Produktnormen erfüllen (z.B. mit einer Ebenheitstoleranz von 0,2 %, siehe TI 237), vor allem dann, wenn es sich um große bzw. sehr große Fliesen handelt. Es kann ebenso der Fall eintreten, dass bestimmte Hersteller von sich aus strengere Toleranzen im Technischen Informationsblatt für das Produkt angeben. ■

### ANMERKUNG

Es ist sehr unwahrscheinlich, dass zwei angrenzende Fliesen extreme Toleranzwerte zeigen und daher einen realen Niveaunterschied von 4,0 mm aufweisen (außerdem gilt für die Mehrzahl der Fliesenprodukte, dass sie geringere Abmessungsabweichungen berücksichtigen als in der Norm vorgeschrieben). Im Vergleich mit der Toleranz bezüglich der Verlegung (1 mm) ist diese Abweichung um das Vierfache größer. Im Fall einer Einrichtung mit alternierenden Fugen kann es sein, dass sie noch größer ausfällt.

Es wird immer häufiger danach gefragt, Flachdächer in weiß zu streichen. Die reflektierenden Dächer ermöglichen insbesondere einen Leistungszuwachs der Photovoltaikanlagen. Worum handelt es sich bei diesen Anstrichen und welche Vorteile lassen sich hiermit im Hinblick auf die PV-Anlagen gewinnen?

# Reflektierende Dachbeläge und Photovoltaikanlagen

↳ E. Cailleux, Dr., Projektleiter, Laboratorium Holz und Beschichtungen, Technologischer Berater (\*), WTB  
B. Michaux, Ir., stellvertretender Leiter der Abteilung Gebäudehülle und Schreinerarbeiten, WTB  
X. Loncour, Ir., Leiter der Abteilung Energie und Gebäude, WTB

(\* ) Technologischer Beratungsdienst  
,REVORGAN - Revêtements organiques',  
subventioniert von der Region Wallonien.

Die Nachfrage nach reflektierenden Dächern hat im Verlauf der letzten Jahre beträchtlich zugenommen. Die Anzahl der erhältlichen Produkte ist gleichermaßen stark angewachsen, und die hauptsächlichlichen Kategorien der Dachbeläge verfügen heutzutage über sogenannte reflektierende Alternativen. Parallel zu den hellen Farbmembranen wurden auch reflektierende Anstriche entwickelt.

Die reflektierenden Dächer verfolgen das Ziel, die Reflexion der Sonneneinstrahlung zu vergrößern. Hierdurch verringert sich die Temperatur der Dachoberfläche und gibt es eine geringere Übertragung von Wärme in das Gebäudeinnere. Diese Wirkung ist vorteilhaft, wenn es darum geht, das Risiko einer Überhitzung im Sommer zu begrenzen und/oder Energie zu sparen, wenn im Gebäude ein aktives Kühlsystem installiert ist. Die reflektierenden Beläge ermöglichen zugleich, die Leistung der eventuell vorhandenen Photovoltaikanlagen zu steigern.

Gegenwärtig existieren reflektierende Anstriche für die meisten Dächer: Mineral- oder Metalloberflächen, bitumenhaltige oder synthetische Membranen usw. Außer ihrem angenommenen Einfluss auf die Erwärmung der Gebäude sind sie nützlich, um bestimmte Dachbeläge (z.B. SBS) vor UV-Einstrahlung zu schützen. Die Anstriche werden auch eingesetzt, um die thermischen Beanspruchungen der Membrane zu verringern und ihre Lebensdauer zu verlängern. Man unterscheidet im Allgemeinen:

- **Elastomeranstriche:** generell auf Acryl-, Silikon- oder Polyurethanbasis, wobei sie in der Hauptsache über ein erhöhtes Deformationsvermögen verfügen, um sich den Abmessungsschwankungen des Trägers anzupassen. Sie dürfen daher nicht mit den Außenanstrichen für die Fassade verwechselt werden, die nicht für den Gebrauch auf Dächern geeignet sind
- **Anstriche mit einem bitumenhaltigen Bindemittel.**

Die hauptsächlichlichen Funktionsminderungen von reflektierenden Anstrichen erfolgen durch Rissbildung, Ablösung, Farbvariationen und schließlich durch Mikrorissbildung. Die Schäden treten im Wesentlichen bei Anwendung vor Ort auf synthetischen oder bitumenhaltigen Membranen in Erscheinung. Auf diesen Trägern sind die Ablösungen generell in Zonen der Wasserstagnation zu lokalisieren, wobei sie zum Teil unvermeidlich sind (Überlappung von Bahnen, Toleranzen bezüglich der Ebenheit des Trägers usw.). Sie können auch mit Haftungs-mängeln bzw. einer nicht angemessenen Grundierungsschicht verbunden sein.

## EINFLUSS AUF DAS THERMISCHE VERHALTEN DES DACHES

Die Wirkung dieser Beläge auf die Begrenzung der Überhitzung ist reell. Sie wirkt sich aber umso weniger aus, wenn eine beträchtliche thermische Isolierung des Daches vorhanden ist.

Ihr Einfluss auf das Energieniveau ist eng mit dem Klima, dem Grad der thermischen Isolierung des Daches sowie der Nutzung oder Nichtnutzung einer Klimaanlage verbunden. In Gebäuden, in denen ein aktives Kühlsystem installiert ist, üben sie im Sommer eine vorteilhafte Wirkung auf den Energieverbrauch für das Kühlsystem aus. In der Heizsaison übt die Verringerung der Solarübertragung hingegen eine nachteilige, generell aber sehr begrenzte Wirkung auf den Heizverbrauch aus. Aufgrund dessen variiert die reelle Auswirkung dieser Membranen von Gebäude zu Gebäude. Wir möchten hierbei jedoch daran erinnern, dass die erste aller Maßnahmen, um Energie zu sparen, darin besteht, das Dach mit einer guten thermischen Isolierung zu versehen.

## EINFLUSS AUF DIE LEISTUNG DER PHOTOVOLTAIKMODULE

Die reflektierenden Dächer ermöglichen unter bestimmten Bedingungen einen Zuwachs der Leistungen der PV-Module. Dieses Phänomen resultiert hauptsächlich aus Mechanismen, deren Einfluss von der Konfiguration der Installation abhängt, nämlich:

- einer begrenzten Aufheizung der Module, was einen besseren Wirkungsgrad der Funktionsweise sicherstellt. Dieser verrin-

gert sich um circa 0,35 bis 0,5 % für jeden Grad oberhalb von 25 °C

- einer Erhöhung der empfangenen Strahlungsquantität.

Im Fall einer Aufdachanlage, haben im Laboratorium des WTB durchgeführte Messungen (siehe Abbildung) den Nachweis erbracht, dass eine weiße Membran keine Temperaturabsenkung der Paneele herbeiführt. Die reflektierenden Dächer ermöglichen jedoch, je nach Neigung der PV-Module eine ergänzende Strahlungsquantität auf die Zellen zurückzuleiten, wodurch ihre Produktion erhöht wird. Im Sommer beträgt diese ergänzende Strahlungsquantität ungefähr 1,5 % bei einer Modulneigung von 20°, und ungefähr 10 % bei einer Neigung von 45°. Die zylindrischen Photovoltaikmodule können das Licht aus allen Richtungen empfangen. Bei diesen Systemen ermöglichen die reflektierenden Dächer einen Zuwachs der Produktion unabhängig von der Neigung.

Bei auf die Membran geklebten Platten aus amorphem Silizium hat die Anwendung dieser Art von Dachbelag keinen Einfluss auf die vom PV-System empfangene Strahlungsquantität.

## ALTERUNG

Im Lauf der Zeit können die reflektierenden Beläge verunreinigen. Die Anhäufung von Staubpartikeln, Schmutz und biologischen Entwicklungen führen generell zu einer Verringerung der Reflexionsleistung um 20 % in den ersten Jahren. In bestimmten Fällen kann die Verringerung der Reflexion noch ausgeprägter sein und bereits nach einigen Monaten eintreten. Um die Leistungen aufrechtzuerhalten, sind regelmäßige Reinigungen vorzusehen. Sie müssen mindestens zu Beginn eines jeden Sommers erfolgen. ■



Einfluss einer weißen Membran auf die Temperatur der PV-Paneele.

Erstmals im Jahr 1992 veröffentlicht und mit einer Auflage von 10.000 Exemplaren erschienen, stellt der WTB-Bericht Nr. 1, der die Dimensionierung der mit Warmwasser betriebenen Zentralheizungsanlagen zum Thema hat, für zahlreiche Fachleute und technische Lehrzentren das Referenzdokument schlechthin dar. Seine Aktualisierung, die unter der Leitung des Technischen Komitees ‚Heizung und Klimatisierung‘ durchgeführt wurde, wird im nächsten Frühjahr erscheinen und die technologischen Entwicklungen und Verordnungen der letzten 20 Jahre aufgreifen.

# Entwurf und Dimensionierung von Zentralheizungsanlagen: Revision des WTB-Berichts Nr. 1

✎ C. Delmotte, Ir., Leiter des Laboratoriums Luftqualität und Ventilation, WTB

Das Anwendungsfeld des Berichts umfasst zentrale Heizungsanlagen, die mit Warmwasser arbeiten und an einen Wärmeerzeuger angeschlossen sind, der mit festen, flüssigen oder gashaltigen Brennstoffen versorgt wird. Die beschriebenen Anlagen sind gleichermaßen auf Heizungen für Einfamilienhäuser wie auch auf große Gebäude (Appartements, Büros, Schulen usw.) anzuwenden. Der Bericht behandelt ebenso die Regulierung des Wassers mit Hoch- und Niedertemperatur, womit er sich sowohl auf herkömmliche als auch neue Anlagen sowie verschiedene Kesselarten anwenden lässt (Standardkessel, Niedrigtemperaturkessel und Brennwertkessel).

Wenngleich der Bericht teilweise auch darauf Anwendung findet, beschäftigt er sich nicht direkt mit der Dimensionierung der Wärmepumpen. Die (auf Wasserbasis betriebenen) Wärmeabgabesysteme, die damit verbunden sind, können jedoch auf der Grundlage der beschriebenen Verfahren entworfen und dimensioniert werden.

Unter den Neuheiten wird sich ein ausführliches Kapitel des Berichts dem Entwurf der Anlagen und der PEB-Verordnung widmen. Letztere behandelt in der Tat einige wichtige Aspekte für die Installateure:

- die besonderen Auflagen (hauptsächlich in der Region Brüssel-Hauptstadt, die sich jedoch auch in den anderen Regionen in Vorbereitung befinden) hinsichtlich der zentralen Heizungsanlagen (Wärmedämmung der Leitungen, Steuerung, Modulation der Brennerleistung usw.)
- die Vorschriften hinsichtlich der Vorbeugung gegen die Umweltverschmutzung, hervorgerufen durch zentrale Heizungsanlagen (Zulassung der Techniker, regelmäßige Kontrolle, Wartung usw.)
- die Verringerung der Wärmeverluste anhand von Auflagen hinsichtlich der Wärmeisolierung und Belüftung der Gebäude
- die Berücksichtigung der Eigenschaften der Installationen innerhalb der Berechnung des Energieleistungsniveau.

Außer den Wärmeverlusten durch Transmis-

sion und Belüftung enthält das Kapitel, das sich mit der Festlegung der Kesselleistung auseinandersetzt, Überlegungen zur Überschussleistung (Wiederaufheizung des Gebäudes nach einer unterbrochenen Heizperiode) und zur Warmwassererzeugung.

Während der ursprüngliche Bericht hauptsächlich das Heizen mittels Radiatoren behandelt, beschäftigt sich die überarbeitete Version auch mit Konvektoren, Boden-, Wand- und Deckenheizungssystemen sowie thermoaktiven Konstruktionselementen.

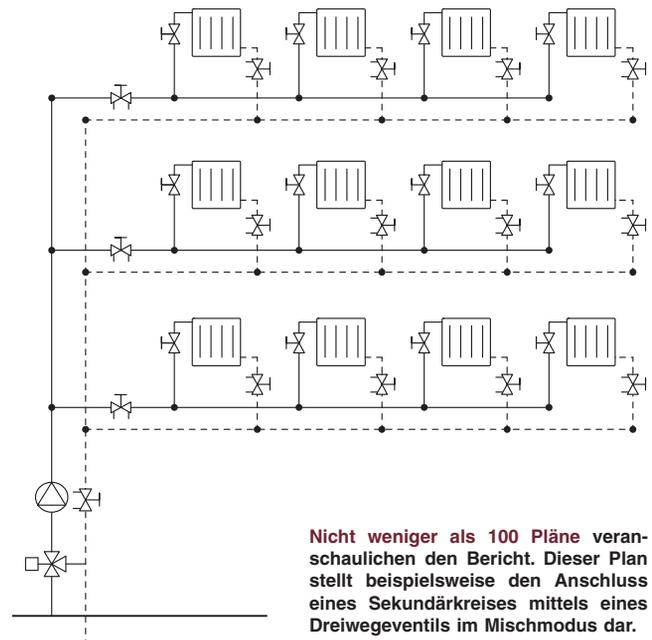
Der Entwurf und die Dimensionierung von zwei- und einrohrigen Wärmeverteilungssystemen, Kollektoren und Tichelmannregelkreisen werden durchgehend detailliert beschrieben. Dies gilt auch für die Festlegung von linearen und örtlichen Druckverlusten, für die in diesem Bericht die Entwicklung von Formeln zu finden ist, zusammen mit zahlreichen vorgefertigten Tabellen für die verschiedenen Arten von Rohrsystemen. Das Kapitel zur Dimensionierung der Pumpen wurde ebenfalls vervollständigt, um sich mit der Leistung und dem Energieverbrauch von Pumpen sowie der Arbeitsweise in Serien- oder Parallelschaltung zu beschäftigen. Außerdem wurden die elektronischen Zirkulationspumpen in den Bericht mit einbezogen, der ein ganzes Kapitel der Steuerung des Wasserdurchsatzes widmet.

Das Verfahren zur Dimensionierung der Expansionsbehälter mit veränderlichem Druck wurde gemäß der Norm NBN EN 12828 aktualisiert. Es werden auch verschiedene Überlegungen für den Einbau von Expansionsbehältern in den Installationskreislauf vorgelegt, ebenso wie das Verfahren der Dimensionie-

rung Expansionsbehältern mit konstantem Druck.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Steuerungssysteme gelegt, bei denen die Aspekte der Wasser- und Umgebungstemperatur und des Wasserdurchsatzes in aller Gründlichkeit untersucht werden. Zahlreiche hydraulische Pläne veranschaulichen die Steuerungssysteme und die empfohlenen hydraulischen Anschlüsse, beispielsweise im Fall von Brennwertkesseln. Die vorgelegten Grundpläne betreffen ebenso Einfamilienhäuser wie Wohnblöcke und Büros.

Schließlich sei darauf hingewiesen, dass der Bericht auch ein neues Kapitel enthält, das die Dimensionierung von hydraulischen Weichen behandelt. ■



Nicht weniger als 100 Pläne veranschaulichen den Bericht. Dieser Plan stellt beispielsweise den Anschluss eines Sekundärkreises mittels eines Dreiwegeventils im Mischmodus dar.

[www.wtb.be](http://www.wtb.be)

WTB-BERICHT NR. 14

Der WTB-Bericht Nr. 14, der den Bericht Nr. 1 ersetzen wird, erscheint im Frühjahr 2013.

Die Ersetzung eines mangelhaften oder veralteten (atmosphärischen) Heizgeräts durch einen Kessel der neuen Generation bietet die Möglichkeit, eine beträchtlich höhere Leistung zu erzielen. In bestimmten Fällen können jedoch ergänzende Maßnahmen erforderlich sein, um die Zufuhr von Verbrennungsluft sicherzustellen und die Rauchgase auszuleiten.

# Ersetzung von an einen Sammelrauchabzug angeschlossenen Gasgeräten

✎ I. De Pot, Ing., Hauptberater, Abteilung Technische Gutachten, WTB  
K. De Cuyper, Ir., Koordinator der Technischen Komitees, WTB

Die Ersetzung von Heizgeräten in Einfamilienhäusern stellt normalerweise keine Probleme dar, etwa indem die Bildung von Kondenswasser im Kamin durch die Installation einer Rohrleitung kompensiert wird. In Appartementhäusern kann sich diese Ersetzung als wesentlich problematischer herausstellen. Diese Gebäude besitzen ein gemeinsames Leitungssystem für die Abgase, an das die verschiedenen Heizkessel mit offener Brennkammer angeschlossen sind.

Die Probleme sind auf Differenzen in der Betriebsweise bei den neuen und alten Heizgeräten zurückzuführen. Der hauptsächlichste Unterschied besteht in der sehr niedrigen Temperatur des Rauchgases bei Heizkesseln der neuen Generation.

Die Ersetzung eines alten an einen Sammelrauchabzug angeschlossenen Heizkessels durch einen modernen Heizkessel mit offener Brennkammer, kann zu bedeutsamen Konsequenzen führen:

- die **Bildung von Kondenswasser** in der Abgasleitung, was zu Schäden an der Leitung und den benachbarten Wänden führen kann
- eine Verringerung der Temperatur des Rauchgases, wodurch der **thermische Abzug** der Sammelrauchleitung stark beeinträchtigt wird, was wiederum nicht nur ein Austrittsrisiko in der von der Modernisierung betroffenen Wohnung, sondern auch in den anderen Wohnungen einschließt, die an denselben Sammelrauchabzug angeschlossen sind. Derartige Zustände können eine schlechte Verbrennung sowie die Bildung von Kohlenmonoxid hervorrufen, das möglicherweise durch Einatmen zu Vergiftungen führt, in extremen Fällen mit Todesfolge (\*).

Daher ist es verboten, ein altes Heizgerät des Typs B einfach durch ein Gerät der neuen Ge-

neration zu ersetzen. Es ist auch ausgeschlossen, im Rahmen eines bestehenden Sammelrauchabzugs die Abgasleitung für ein neues Heizgerät (z.B. des Typs C<sub>5</sub>) zu installieren. Denn diese letztere kann die Gasabführung der anderen Geräten in Mitleidenschaft ziehen.

Dieses Problem lässt sich lösen, indem ein **Gerät mit einer vorzugsweise dichten Wandabführung** (z.B. des Typs C<sub>1</sub>) installiert wird. Falls dies nicht genehmigt wird oder sich aus dem einen oder anderen Grund als unmöglich herausstellt, kann man sich entscheiden, den **gemeinsamen Kamin mit einem Extraktor auszustatten**, sofern es sich bei den angeschlossenen Geräten um solche des Typs B<sub>11BS</sub> handelt (denn diese besitzen eine Kontrollvorrichtung für den thermischen Abzug). Diese Lösung verlangt jedoch, dass die Funktionsweise aller an den Kamin angeschlossenen Geräte dem Extraktor untergeordnet wird. Hierzu wird in ihre jeweiligen Ventile ein Diaphragma eingesetzt, das mit einem Differentialschalter ausgestattet ist und das Gerät im Fall eines unzureichenden Abzugs ausschaltet. Der Extraktor und die verschiedenen Diaphragmen sind so zu berechnen, dass sich ein Druckunterschied von 20 bis 30 Pa zwischen Vorlauf und Rücklauf der Diaphragmen ergibt. Diese Berechnung ist anhand der Durchsätze der Abgase und der Eigenschaften des Kamins (Abmessungen, Strecke, Rauigkeit der Wand) zu machen.

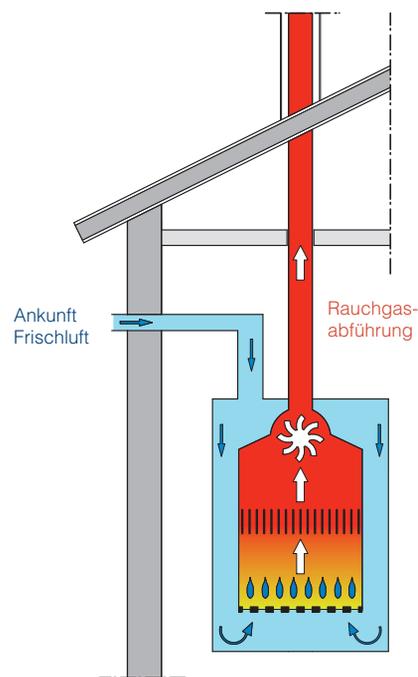
Falls die beiden vorgenannten Lösungen nicht ausreichen, bleibt noch die **Lösung ‚SLDH‘** (Sammelleitung für dichte Heizkessel). Die konzentrischen Leitungen werden außerhalb des Gebäudes installiert, und alle ersetzten Geräte werden systematisch daran angeschlossen. Diese Option erfordert allerdings, dass alle betroffenen Personen bereit sind, in das System zu investieren.

Für den Fall der gleichzeitigen Ersetzung aller Geräte sind eine ganze Reihe weiterer Lösungen vorstellbar, und diese eröffnen die Möglichkeit, eine Auswahl zwischen den neuen auf dem Markt erhältlichen Geräten zu treffen:

- dichte Geräte (des Typs C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>8</sub> oder C<sub>9</sub>)
- Geräte mit offener Brennkammer (des Typs B<sub>2</sub> oder B<sub>3</sub>).

In diesem Fall kann der Schacht des Sammelkamins für die Installation der Abzugleitungen und/oder der Luftzufuhrleitungen eingesetzt werden, die jedoch – je nach Situation – nachweislich korrekt dimensioniert werden müssen. ■

Schematische Darstellung eines dichten Geräts des Typs C<sub>5</sub>.



(\* ) Im Jahr 2010 kam es in Belgien zu 694 Vergiftungsfällen, die zu 58 % auf Gasgeräte zurückzuführen waren.



Obleich sie mehr Umsicht als andere Wärmedämmtechniken für die Fassade verlangt, stellt die Isolierung von innen in bestimmten Fällen die einzige Option dar, um den Isolierungsgrad der vorhandenen Mauern zu verbessern. Aus diesem Grund wurde vor kurzem auf Antrag der Flämischen Region eine Broschüre herausgegeben, in der die gegenwärtigen Kenntnisse in diesem Bereich auf den Punkt gebracht werden. Dieser Artikel fasst die Grundlagen eines Diagnoseverfahrens zusammen.

# Isolierung bestehender Wände von innen: Diagnose

A. Tilmans, Ir., und P. Steskens, Dr. Ir., Projektleiter, Laboratorium Energiemerkmale, WTB  
S. Roels, Prof. Dr. Ir., Abteilungsleiter, und E. Vereecken, Forscher BAP, Abteilung Bouwfysica, KULeuven

Dieser Artikel wurde mit Unterstützung des Technologischen Beratungsdienstes 'Eco-construction et développement durable en Région de Bruxelles-Capitale' herausgegeben, subventioniert vom InnovIRIS.

Diese Diagnostik zielt darauf ab, im Ausgang von Beobachtungen der zu isolierenden Wand und ihrer Umgebung festzulegen, ob eine Isolierung von innen anwendbar ist, weiterführende Untersuchungen erforderlich sind oder im gegenwärtigen Zustand davon abzuraten ist. Die unten aufgeführte Tabelle fasst die verschiedenen Kontrollen zusammen, die zur Bewertung des Risikos durchzuführen sind,

dass Probleme auftreten, die mit Feuchtigkeit und Frost bei der thermischen Isolierung einer bestehenden Wand verbunden sind.

Außer einer Verringerung des Energieverbrauchs hat die Aufbringung einer Isolations-schicht von innen auch Folgen für das hygrometrische Verhalten der isolierten Mauer. Eine nicht von innen beheizte Mauer wird daher träger austrocknen und nach und nach feucht werden, insbesondere dann, wenn sie starken Niederschlägen ausgesetzt ist (Ausrichtung zwischen Süden und Westen). Außerdem wird die Mauer, angesichts dessen, daß sie höheren Temperaturschwankungen unterworfen ist, mehr durch Frostbildung beeinträchtigt. Daher können nach den Isolierarbeiten Schäden auftreten. Von der Anwendung der Technik wird in allen Fällen abgeraten, in

denen das Innenklima des Gebäudes unter die Klasse IV fällt (z.B. bei einer Badeanstalt).

Auch wenn noch nicht alle praktischen Fragen gelöst sind, ermöglicht die Anwendung dieses Diagnoseverfahrens, diejenigen Stellen ausfindig zu machen, die im Rahmen der Auswahl der Dämmtechnik und der Baustoffe sowie bei der Realisierung der Arbeiten eventuell eine besondere Aufmerksamkeit erfordern. ■

[www.wtb.be](http://www.wtb.be)  
LES DOSSIERS DU CSTC 2012/4.16  
Zu diesem Artikel gibt es eine Langfassung, die demnächst auf unserer Internetseite zur Verfügung stehen wird.

Zustand	Anwendbare Technik	Anwendbarkeit unbekannt (ergänzende Kontrollen oder Untersuchungen können die Anwendbarkeit der Technik bestätigen)	Im gegenwärtigen Zustand wird von der Technik abgeraten (gezielte Eingriffe zwecks Behebung der Mängel können die Anwendbarkeit der Technik herbeiführen)
Sichtbare Schäden	Keine sichtbaren Schäden (Feuchtigkeits-spuren in den internen Endbearbeitungen, oberflächliches Abspringen der Ziegel außen usw.) und keine Feuchtigkeitsquellen (z.B. Erfordernis der Messung der Feuchtigkeitsraten mittels eines elektrischen Feuchtigkeitsmessgeräts)	Keine sichtbaren Schäden, jedoch Vorhandensein von Feuchtigkeitsquellen (aufsteigende Feuchtigkeit usw.), die imstande sind, nach Aufbringung der Isolierung Schäden zu erzeugen (z.B. Messung der Feuchtigkeitsraten mittels eines elektrischen Feuchtigkeitsmessgeräts vornehmen)	Vorhandensein von Feuchtigkeitsflecken, Salzausblühungen, Algen, Risse, oberflächliches Abspringen der Ziegel außen (Empfindlichkeit gegenüber Frost)
Beeinträchtigung durch Feuchtigkeit und Frost (1)	Typologie der Fassade und Beeinträchtigung durch Regen		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volles Mauerwerk, dessen Dicke aus mindestens zwei oder eineinhalb Ziegeln besteht, oder weniger bei einer begrenzten Beeinträchtigung durch Niederschläge (2)</li> <li>• Massivwand aus Stahlbeton</li> <li>• Hohlwand (isoliert oder nicht)</li> <li>• Innenwand</li> </ul>	Volles Mauerwerk, dessen Dicke aus eineinhalb Ziegeln bei Beeinträchtigung durch einen durchschnittlichen oder erhöhten Niederschlag besteht (2)	Volles Mauerwerk, dessen Dicke aus einem Ziegel bei Beeinträchtigung durch einen durchschnittlichen oder erhöhten Niederschlag besteht (2)
	Technische Installationen		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Wasser- oder sonstigen Leitungen in der Fassade, die empfindlich gegenüber Feuchtigkeit oder Frost sind</li> <li>• Das Nichtvorhandensein technischer Anlagen, die einen Durchstich der Isolierschicht erfordern, erleichtert die Bauausführung</li> </ul>		Vorhandensein von Wasser- oder sonstigen Leitungen in der Fassade, die empfindlich gegenüber Feuchtigkeit oder Frost sind
Beeinträchtigung durch Feuchtigkeit und Frost (1)	Zwischendecken		
	Betondecke oder Holzstruktur, die nicht von der zu isolierenden Fassade eingefasst werden	Tragwerkstruktur aus Holz ohne Beschädigung, die von der zu isolierenden Fassade eingefasst wird	Tragwerkstruktur aus Holz mit Beschädigungen, die von der zu isolierenden Fassade eingefasst wird

(1) Die Isolierung von innen verstärkt die thermischen Beanspruchungen und die durch Frost verursachten Wirkungen. Die Schäden können nach Isolierung der Fassaden auftreten. Diese betreffen im Wesentlichen die ausgeprägten Feuchtigkeitszonen und diejenigen Fassaden, die starken Niederschlägen ausgesetzt sind. Nur die Aufbringung eines dichten Außenschutzes gegen Wasser verschafft die Möglichkeit, das Risiko zu vermeiden.  
(2) Es ist hierbei zu beachten, dass die Beeinträchtigung durch Niederschlag bei Fassaden in Richtung Nordwesten nach Südosten begrenzt ist.

In den letzten Jahren hat sich der Fachbereich Gebäudeakustik in einem Kontext, in dem sich der nachhaltige Bau in voller Entwicklung befindet, erheblich erweitert. Angesichts dessen, dass sich die Normen zum akustischen Komfort und die Anforderungen der Bewohner stark weiterentwickelt haben, wächst auch die Nachfrage nach Tests an akustischen Materialien und Konzepten, mit denen es möglich ist den Anforderungen zu entsprechen. Um auf diese Entwicklung reagieren zu können, hat sich das WTB mit einem neuen akustischen Versuchslaboratorium ausgestattet.

# Ein neues Akustiklabor für das WTB

▣ *M. Van Damne, Ing., und D. Wuyts, Ir., jeweils Leiter und stellvertretender Leiter des Laboratoriums Akustik, WTB*  
*B. Ingelaere, Ir.-Arch., stellvertretender Leiter der Abteilung Energie, Akustik und Klima, WTB*



**Abb. 1** Allgemeine Ansicht der neuen Versuchshalle.

## EINE WACHSENDE NACHFRAGE

In der Hauptsache ist es erforderlich, die akustischen Leistungen der verschiedenen eingebauten Elemente zu kennen, wenn man die Isolationswirkung und demnach den realen akustischen Komfort vorhersagen können muss, der mit dem fertiggestellten Gebäude zu erzielen ist. Diese Leistungen sind ausschließlich im Laboratorium in standardisierten und voneinander unabhängigen Testzellen zu messen, um jede Verbreitung von Geräuschen auf lateralem Wege zu vermeiden und auf diese Weise nur das zu messen, was durch das getestete Element auch tatsächlich übermittelt wird.

In den 70er Jahren wurden die ersten akustischen Testzellen am WTB-Standort Limelette errichtet. Diese bieten die Möglichkeit, die Leistungen von Bauelementen bezüglich der akustischen Isolation und Absorption zu charakterisieren. Das WTB verfügte damit über einen Nachhallraum sowie sechs Messschnittstellen (Öffnungen zwischen den Emissions- und Empfangszellen), in denen die getesteten Konstruktionen montiert wurden. Diese Messschnittstellen, die den europäischen Normen entsprechen und schrittweise gemäß BELAC zugelassen wurden, wurden im gegebenen Zustand über einen Zeitraum von nahezu 40 Jahren verwendet.

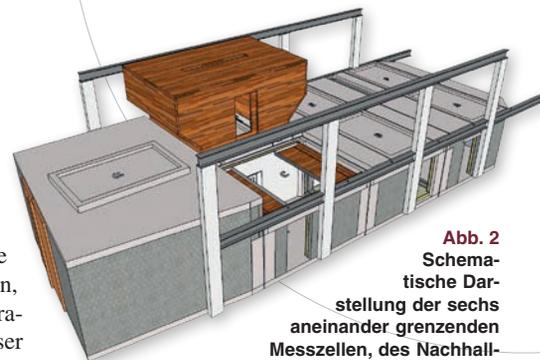
In den letzten Jahren hat die Anzahl der Anträge auf akustische Untersuchung von Baumaterialien stark zugenommen, bis der Belegplan

für die verschiedenen Testschnittstellen langfristig ausgebucht war. Ferner konnten aufgrund der eingeschränkten Zugänglichkeit der Beförderungsmaschinen manche schweren Elemente (Lärmschirme, Fassaden, Decken usw.) nicht im Rahmen des Laboratoriums gemessen werden. Jenseits dieser logistischen Probleme hat schließlich auch die Ankündigung neuer Messnormen auf europäischer Ebene, die Zellen eines weitaus größeren Volumens erfordern, den Anstoß zur Errichtung einer neuen akustischen Versuchshalle gegeben.

## GRÖßER, FLEXIBLER UND EIN ERHÖHTER WIRKUNGSGRAD

Die existierenden, wenig praktischen und den zukünftigen Normen nicht mehr entsprechenden Zellen wurden demontiert. Die Halle, in denen sie sich befanden, wurde in das neue Projekt integriert, um als Lager- und Vorbereitungsraum für die Musterentnahme zu dienen.

Die neue Versuchshalle wurde in Verlängerung der existierenden Halle konstruiert, wodurch es möglich war, über sie hinweg eine Laufbrücke für die Handhabung schwerer Elemente im Übergang von der Vorbereitungs- zur Versuchshalle zu installieren. Das Laboratorium wurde auf der Grundlage eines Komplexes strukturell unabhängiger, aneinander grenzender Zellen entworfen, die insbesondere daraufhin untersucht wurden, den Kriterien der Norm ISO 10140 zu entsprechen. Das neue Laboratorium besteht somit aus einem Komplex von sechs festen Zellen, einer mobilen Zelle und einem Nachhallraum. Sie besitzt nunmehr insgesamt 13 Messschnittstellen: drei vertikale Messschnittstellen für große Elemente (Wände, Trennwände, Fassaden), eine Messschnittstelle für ‚vorfabrizierte‘ Elemente, die von oben den Zellen zugeführt werden können, drei feste Messschnittstellen für kleine Elemente (Fenster, Verglasungen, Türen) und sechs horizontale Messschnittstellen (Fußböden, Estrichböden, Bodenbeläge). Dank dieses Systems können mehrere Proben zugleich in den Schnittstellen montiert werden, wodurch es möglich wird,



**Abb. 2** Schematische Darstellung der sechs aneinander grenzenden Messzellen, des Nachhallraums und der mobilen Zelle.

die Wartezeit zu verringern. Außerdem wurde speziell für dieses Laboratorium ein völlig neues digitales Messsystem (Lautsprecher, Mikrophone, Analysegeräte) entwickelt.

Aufgrund seiner Konzeption (Struktur mit Balken und Säulen mit Füllung durch Schwerbetonwürfel, systematische Verwendung von Vorsatzwänden, Stützbalken isoliert von der Gebäudestruktur usw.) ermöglicht der Neubauentwurf, auf präzise Weise auch extrem hohe Dämmwerte zu messen (z.B. Wände für Kinos).

Die neue Infrastruktur des Laboratoriums wird durch einen neuen Nachhallraum vervollständigt. Bestimmt für die Messung des akustischen Absorptionskoeffizienten von Baumaterialien, wurde er wie alle anderen Zellen des Laboratoriums mit sehr großen Zugangstüren ausgestattet, womit es möglich wurde, die Proben mithilfe von Beförderungsmaschinen in die Mitte der Zellen zu manövrieren.

Das neue Laboratorium war Gegenstand umfassender Validierungstests und eines Audits von Seiten der Zertifikationsstelle BELAC. Es ist seit Februar 2012 in Betrieb. ■



**Abb. 3** Neues Multikanalmesssystem und Testwand.



Das WTB ist der Ansicht, dass die Verwaltung der Dokumente eines Projekts für die ordnungsgemäße Organisation der Baustelle unerlässlich ist. Um den kleinen und mittleren Unternehmen eine bessere Unterstützung zu bieten, hat die Abteilung Verwaltung, Qualität und Informationstechniken mehrere Musterdokumente entwickelt.

# C-DOC<sup>®</sup> erleichtert die Verwaltung der Dokumente



Erstellt wurden diese **Musterdokumente** von den Ingenieuren der Abteilung auf der Grundlage ihrer langjährigen Erfahrungen in den Bereichen Preis-anfrage, Ausarbeitung der Projektdateien, Verzeichnisse der Pläne und Technischen Blätter, Antrag auf vorläufige Abnahme, Bestellbestätigung, Vergleichs der Angebote usw.

Das Programm C-DOC<sup>®</sup> wurde speziell dafür entworfen, die Nutzung dieser Dokumente und deren Einstufung zu verbessern. Es ermöglicht nicht nur eine **automatische Ein-**

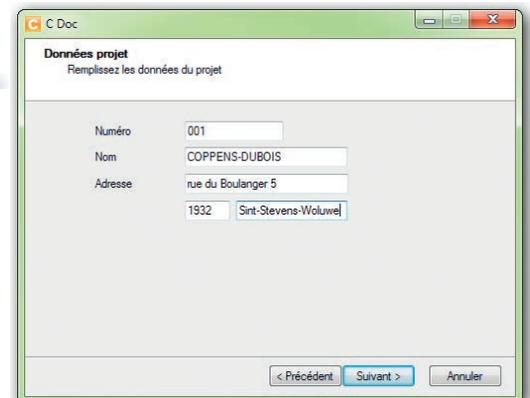
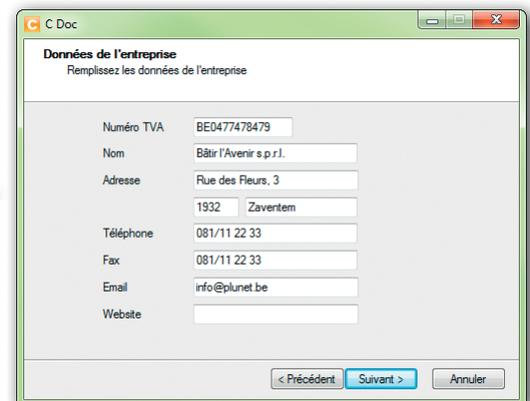
**gabe** der Daten für Unternehmen und Baustellen, sondern auch die **Systematisierung** eines zuvor eingerichteten Einstufungsplans.

Die Musterdokumente und die verschiedenen Dokumente zu den Baustellen können via *Cloud* abgerufen werden. Das **cloud computing** ermöglicht es, die Daten und/oder die Software zu verschieben, die üblicherweise auf einem Rechner, einem Tablet oder einem Smartphone gespeichert sind. Auf diese Weise kann der Unternehmer – dank Internet – auf seine Daten über Anwendungen wie Dropbox<sup>®</sup>, Skydrive<sup>®</sup>, Google Drive<sup>®</sup> oder hubiC<sup>®</sup> zugreifen. ■

➤ Abteilung Verwaltung, Qualität und Informationstechniken, WTB



Beispiel eines Musterdokuments.



Bildschirmaufnahmen von C-DOC<sup>®</sup>.

# Technologischer Beratungsdienst ‚Eco-construction‘ und Technologieüberwachung



Sie sind Unternehmer, Materialhersteller, ein Ingenieurbüro, Architekt und Sie arbeiten auf dem Gebiet nachhaltiges Bauen? Sie sehen sich daher zweifellos verstärkten Anforderungen ausgesetzt, die zurückzuführen sind auf die rasche Entwicklung der Technologien sowie von Verfahren auf der Basis von Hochtechnologieprodukten. Um Ihnen dabei zu helfen, die täglichen Herausforderungen zu bestehen, stellt Ihnen das WTB den technologischen Beratungsdienst ‚Eco-construction et développement durable‘ zur Verfügung.

Jeder Akteur im Bauwesen in der Region Brüssel-Hauptstadt kann kostenlos auf diesen Beratungsdienst zurückgreifen, der vom WTB mit Unterstützung der Region und mit finanzieller Hilfe durch das Brüsseler Institut für Forschung und Entwicklung (InnovIRIS) entwickelt wurde. Über **individuelle Gutachten von Experten** sowie gemeinsame Informations- und Veröffentlichungsmaßnahmen helfen Ihnen die Berater des WTB, Programme und Anträge für Forschungssubventionen einzuführen.

Obwohl alle Aspekte des ökologischen Bauens angesprochen werden, liegt der künftige Akzent während der Biennale 2012-2014 auf den folgenden Themen: Energie und Gebäude, Renovierung, akustischer Komfort, Zugänglichkeit, Nutzung von nachhaltigen Materialien und Suche nach Innovationen. Einige der neuen Themen sind unter anderem die nachhaltige Konstruktion aus Holz, nachhaltige Gründächer, die Renovierung und Vergrößerung bestehender Gebäude, die Verbesserung der Schreinerleistungen bei Holzarbeiten und die Verwendung von Gründächern für eine **nachhaltige Wasserverwertung**.

Das WTB stellt Ihnen außerdem eine **Technologieüberwachung** zur Verfügung, um die Unternehmen über die Entwicklung neuer Materialien, Techniken und Anwendungen zu informieren, einschließlich der Konzepte, die sich in Entwicklung befinden. Diese Technologieüberwachung hat sich außerdem das Ziel gesetzt, in den anderen Sektoren nach Innovationen zu suchen, die Vorteile für den Wirkungsgrad und die Nachhaltigkeit der Bauten erbringen. Weit davon entfernt, einen Katalog geprüfter Produkte darzustellen, sieht die Technologieüberwachung ihre Aufgabe vielmehr darin, die Unternehmen im Rahmen der Innovation bei den Vorgehensweisen anzuleiten, als auch darin, sie beim Einsatz ihrer Aktivitäten zu unterstützen, ohne ein Werturteil über die vorhandenen Produkte abzugeben.

Schauen Sie sich auf der Seite [www.technologywatch.be](http://www.technologywatch.be) oder auf [www.cstc.be/golgt-batimentdurable](http://www.cstc.be/golgt-batimentdurable) um und lassen Sie sich vom frischen Wind der Neuheiten begeistern: selbstreinigender Sonnenschutz, luftreinigende Gipsplatten, Stromgeneratoren mit Pufferbatterie usw. Abonnieren Sie unseren Newsletter, um sich über die neuesten Entwicklungen zu informieren. Für weitere Informationen können Sie sich außerdem an Michael de Bouw, den Koordinator des Projekts, wenden ([info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)).

INNOVIRIS



## PUBLIKATIONEN

Die WTB-Veröffentlichungen sind verfügbar:

- auf unserer Website:
  - kostenlos für Auftragnehmer, die Mitglied des WTB sind
  - über den Bezug im Abonnement für die sonstigen Baufachleute (Registrierung unter [www.wtb.be](http://www.wtb.be))
- in gedruckter Form und auf CD-ROM.

Weitere Auskünfte erhalten Sie telefonisch unter 02/529.81.00 (von 8.30 bis 12.00 Uhr) oder schreiben Sie uns entweder per Fax (02/529.81.10) oder per E-Mail ([publ@bbri.be](mailto:publ@bbri.be)).

## SCHULUNGEN

- Für weitere Informationen zu den Schulungen wenden Sie sich bitte telefonisch (02/655.77.11) oder per Fax (02/653.07.29) an J.-P. Ginsberg ([info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)).
- Nützlicher Link: [www.cstc.be](http://www.cstc.be) (Rubrik ‚Agenda‘).

Veröffentlichung des Wissenschaftlichen und Technischen Bauzentrums, Institut anerkannt in Anwendung der Rechtsverordnung vom 30. Januar 1947

Verantwortlicher Herausgeber:  
Jan Venstermans  
WTB - Rue du Lombard 42, 1000 Brüssel

Dies ist eine Zeitschrift mit allgemein informativer Ausrichtung. Sie soll dazu beitragen, die Ergebnisse der Bauforschung aus dem In- und Ausland zu verbreiten.

Das Übernehmen oder Übersetzen von Texten dieser Zeitschrift, auch wenn es nur teilweise erfolgt, ist nur bei Vorliegen eines schriftlichen Einverständnisses des verantwortlichen Herausgebers zulässig.

[www.wtb.be](http://www.wtb.be)

# WTB

## BRÜSSEL

### Firmensitz

Rue du Lombard 42  
B-1000 Brüssel

Generaldirektion  
Tel.: 02/502 66 90  
Fax: 02/502 81 80  
E-Mail: [info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)  
Website: [www.wtb.be](http://www.wtb.be)

## ZAVENTEM

### Büros

Lozenberg 7  
B-1932 Sint-Stevens-Woluwe (Zaventem)  
Tel.: 02/716 42 11  
Fax: 02/725 32 12

Technische Gutachten - Schnittstelle und Beratung  
Kommunikation  
Verwaltung - Qualität - Informationstechniken  
Entwicklung - Valorisierung  
Technische Zulassungen  
Normierung

### Veröffentlichungen

Tel.: 02/529 81 00  
Fax: 02/529 81 10

## LIMELETTE

### Versuchsgelände

Avenue Pierre Holoffe 21  
B-1342 Limelette  
Tel.: 02/655 77 11  
Fax: 02/653 07 29

Forschung und Innovation  
Laboratorien  
Bildung  
Dokumentation  
Bibliothek

## HEUSDEN-ZOLDER

### Demonstrations- und Informationszentrum

Marktplein 7 bus 1  
B-3550 Heusden-Zolder  
Tel.: 011/22 50 65  
Fax: 02/725 32 12

ICT-Wissenszentrum für Bauprofis (ViBo)