wtb.be
Forscht • Entwickelt • Informiert

# Kontakt

2015/3

Eine Ausgabe des Wissenschaftlichen und Technischen Bauzentrums

**3D-Maschinen-steuerung**
S. 6-7

**Verschleiß-widerstand von Beton**
S. 8-9

**Innenwände aus Glas**
S. 18-19

**Heizung mit Holz**
S. 28-29

Hinterlegungspostamt: Brüssel X • Zulassungsnummer: P 501329
12. Jahrgang • Vierteljährliche Veröffentlichung

# Inhalt 2015/3


Johan Willemen, neuer Präsident des WTB ..... 3

Zu berücksichtigende bauplatzspezifische Belastungen ..... 4

3D-Maschinensteuerung für die Baustelle der Zukunft ..... 6

Verschleißwiderstand von Betonböden nach dem Versuch von Böhme ..... 8

Durchführung von Rauchkanälen in Schrägdächern: Sicherheitsabstand in Bezug auf brennbare Materialien ..... 10

Anschluss einer Dachabdichtung an eine eingegrabene Konstruktion ..... 12

Neue Lösungen für die den Brandschutzanforderungen entsprechenden Holzskelettfassaden ..... 14

Windexposition von Wänden: Einfluss auf die Luftdichtheit ..... 16

Dimensionierung von Innenwänden aus Glas ..... 18

Umweltauswirkung von Riemchen auf einem Außendämmstoff ..... 20

Welche Dokumente benötigt man für eine erfolgreiche Naturstein-Baustelle? ..... 22

Zulässige Niveauunterschiede zwischen geklebten keramischen Bodenfliesen ..... 24

Hin zu einer objektiveren Bewertung von Farben und den zulässigen Abweichungen ..... 26

Verbrennungsluftzufuhr für eine örtliche Heizung mit Holz ..... 28

Ökodesign und Energieetikettierung für SWW-Erzeugungsgeräte ..... 30

Richtlinien zur Begrenzung der Geräusche in Wasserversorgungsinstallationen ..... 32

Nachkalkulation von Projektkosten ..... 34

# **Johan Willemen**, neuer Präsident des WTB

Nach drei Jahren Präsidentschaft der ‚Confédération Construction' wurde Johan Willemen am 28. April dieses Jahres zum **neuen Präsidenten des WTB** gewählt. Er folgt auf Jacques Gheysens, der sechs Jahre lang die Geschicke des Bauzentrums in die guten Bahnen gelenkt hat. Er tritt auch in die Fußstapfen seines Vaters, Paul Willemen, der von 1981 bis 1992 Präsident des WTB war.

Johan Willemen ist Diplombauingenieur und CEO von **Willemen Groep**. 1972 tritt er in den Familienbetrieb ein, der schon von seinem Vater geführt wurde. Im Juni 1999 entsteht Willemen General Contractor, ein Unternehmen, das sich zunächst auf den Bau von Nutzbauten und Appartementhäusern spezialisiert. Die Gruppe wurde 2013 mit dem Titel ‚**Entreprise de l'année**' ausgezeichnet. Eine sehr schöne Anerkennung, umso mehr wenn man bedenkt, dass bis jetzt kein anderes Bauunternehmen diese Auszeichnung in Empfang nehmen durfte.

Johan Willemen begnügt sich nicht nur damit, für die Interessen der belgischen Unternehmen einzutreten, sondern ist auch Präsident des **FIEC** (*European Construction Industry Federation*), einem Verband, der zahlreiche Firmen, sowohl KMUs als auch große weltweit agierende Akteure, innerhalb des europäischen Bausektors vertritt.

Daran wird deutlich, dass Johan Willemen sich nicht nur ständig für die Entwicklung seines Unternehmens eingesetzt hat, sondern auch für die Verteidigung der Interessen des gesamten Bausektors. Ein Auftrag, der das WTB mit ihm teilt. Denn das Hauptziel des Bauzentrums ist es, **die Wettbewerbsfähigkeit der belgischen Unternehmen zu verbessern**, und zwar mithilfe von Forschung und Innovation, industrieller Entwicklung und Wissensverbreitung. Johan Willemen kann daher mit der Unterstützung aller WTB-Mitarbeiter rechnen, um diesen gemeinsamen Auftrag mit voller Begeisterung weiter auszuführen.

**Die Ausführung einer Dimensionierungsberechnung dient hauptsächlich dazu, zu überprüfen, ob die letztendliche Konstruktion in der Lage ist, alle Belastungen aufzunehmen, denen sie während ihrer Nutzung unterworfen sein wird. Während der Errichtung der Konstruktion oder des Transports von vorgefertigten Elementen können manchmal jedoch auch vorübergehend kritischere Situationen auftreten.**

# Zu berücksichtigende **bauplatzspezifische Belastungen**

Man muss sich der Tatsache bewusst sein, dass es während der Arbeiten auf der Baustelle zu spezifischen Überlastungen kommen kann. Es obliegt sowohl der Verantwortung des Planungsbüros als auch des Bauunternehmers, diese während aller Baustellenphasen zu berücksichtigen.

Einige klassische Beispiele von potenziell gefährlichen Situationen sind: die Handhabung von großen vorgefertigten Trägern, das Schieben von Brückenelementen oder das Gießen von frischem Beton auf profilierte Stahlplatten. Die Begrenzung der Durchbiegung von solchen Platten während der Arbeiten bestimmt häufig die maximale Spannweite der Decke und die Anzahl der zu installierenden Stützen.

Ziel dieses Artikels ist es, den Planungsbüros und den Bauunternehmern Mittel an die Hand zu geben, mit denen sie ihre Projekte auf eine sichere und ökonomische Weise durchführen können. Dazu werden wir insbesondere einige Regeln aus der Norm NBN EN 1991-1-6 (+ ANB) (*) im Zusammenhang mit den bauplatzspezifischen (Personal, Werkzeuge, Lagerung von Materialien, Verschalungen, Kräne, ...) und den klimatischen Belastungen (Wind, Schnee, Temperatur, ...) vorstellen.

## Klimatische Belastungen und Wiederkehrperiode

Der maximale Wert für die klimatischen Belastungen wird im Allgemeinen für eine Wiederkehrperiode von 50 Jahren festgelegt. Das bedeutet, dass die Konstruktion in der Lage sein muss, einem Sturm mit einer solchen Intensität standzuhalten, wie er im Mittel nur einmal alle 50 Jahre vorkommt. Es ist trotzdem möglich, diese Periode für bestimmte zeitliche Baustellenphasen zu reduzieren. Die Tabelle auf der nächsten Seite gibt die zu berücksichtigende Wiederkehrperiode in Abhängigkeit der Dauer der Baustellenphase sowie die daraus resultierende Reduzierung der maximalen Windbelastung an.

Für Baustellenphasen mit einer maximalen Dauer von drei Monaten kann bei der Bestimmung der Belastungen außerdem – und entsprechend dem vorliegenden Fall – eine Anzahl saisonsgebundener klimatischer und meteorologischer Schwankungen von kurzer Dauer berücksichtigt werden. So sind das Hochwasser von Flüssen und die Größe der Windkräfte stark von dem betrachteten Zeitraum des Jahres abhängig.

Wir weisen dies anhand eines konkreten Beispiels nach: Eine im Juni errichtete Konstruktion, bei der die Windverbände

Einsturz eines Spitzgiebels aus Mauerwerk als Folge schwerer Windbelastungen

(*) Eurocode 1. Einwirkungen auf Tragwerke. Teil 1-6: allgemeine Einwirkungen, Einwirkungen während der Bauausführung (+ Nationaler Anhang).

> Eine Konstruktion ist in der Regel in der Lage einem Sturm mit einer solchen Intensität standzuhalten, wie er im Mittel einmal alle 50 Jahre vorkommt.

erst nach einer Woche installiert werden, müsste in der Lage sein, einer Windbelastung standzuhalten mit einer Wiederkehrperiode von fünf Jahren (Reduzierung von 28 %), reduziert um einen Saisonsfaktor von 0,69 (NBN EN 1991-1-4 + ANB). Diese Konstruktion müsste mit anderen Worten ungefähr 50 % der letztendlichen Windbelastung aufnehmen können und dies sogar, ohne dass die Windverbände angebracht sind.

Eine besondere Situation, die häufig Probleme bereitet, ist die Realisierung von Spitzgiebeln aus Mauerwerk. Denn der Windwiderstand von diesem Konstruktionstyp ist äußerst begrenzt, wodurch man nicht selten mit dessen Einsturz während der Arbeiten auf der Baustelle konfrontiert wird (siehe Abbildung). Spitzgiebel aus Mauerwerk müssen somit immer mit einem wirksamen Windverband versehen werden, sogar wenn es Situationen von sehr kurzer Dauer betrifft.

Zu berücksichtigende Wiederkehrperiode in Abhängigkeit der Dauer der Baustellenphase und hieraus resultierende Reduzierung der Windbelastung

| Dauer der Baustellenphase | Wiederkehrperiode | Reduzierung der Windbelastung |
|---|---|---|
| ≤ 3 Tage | 2 Jahre | 40 % |
| > 3 Tage und ≤ 3 Monate | 5 Jahre | 28 % |
| > 3 Monate und ≤ 1 Jahr | 10 Jahre | 19 % |
| > 1 Jahr | 50 Jahre | 0 % |

## Bauplatzspezifische Belastungen

Während der Arbeiten auf der Baustelle kann es zu einer Anzahl von Belastungen kommen, die während der weiteren Lebensdauer des Gebäudes nicht mehr auftreten. Die Norm NBN EN 1991-1-6 (+ ANB) unterscheidet in diesem Zusammenhang verschiedene bauplatzspezifische Belastungen, die unter anderem durch das Personal, die Lagerung von Materialien und die Ausrüstungen hervorgerufen werden.

Diese Belastungen müssen für jedes Projekt individuell festgelegt werden. Die Norm sieht jedoch schon eine verteilte Last von 1 kN/m² (100 kg/m²) für das Personal und das Handwerkszeug sowie eine Mindestlast von 0,5 kN/m² (50 kg/m²) für die Ausrüstungen vor. Für Brücken auferlegt die Norm wiederum eine verteilte Last von 0,2 kN/m² (20 kg/m²) und eine Punktlast von 100 kN (10 t/m²).

## Belastungen durch das Gießen von Beton

Gemäß der Norm muss die Primärstruktur (Verschalung, Schal-Betonplatten, profilierte Stahlplatten, ...) örtlich 10 % des Gesamtgewichts des frischen Betons tragen können. Da diese Belastung nicht immer beim Entwurf ordnungsgemäß berücksichtigt wird, wird empfohlen, den Beton möglichst schnell und gleichmäßig zu verteilen.

Man muss auch darauf achten, dass keine Baustellenmaterialien auf die ‚bloßen' Stahlplatten gestapelt werden. Andernfalls kann es zu unumkehrbaren Verformungen oder gar örtlichen Einstürzen kommen.

*G. Zarmati, Ir., Projektleiter, Laboratorium Strukturen, WTB*
*B. Parmentier, Ir., Leiter der Abteilung Strukturen, WTB*

## Zusammenfassendes Merkblatt

Auf der Website der Normen-Außenstelle ‚Eurocodes' kann kostenlos ein zusammenfassendes Merkblatt mit dem Titel ‚Actions en cours d'exécution' heruntergeladen werden:
http://www.bbri.be/antenne_norm/eurocodes/fr/table_belg_EN.html

**Die Automatisierung auf der Baustelle bleibt ein schwieriges Unterfangen. Denn die fortgeschrittenen Produktionstechniken und die Robotik aus anderen Industriezweigen können nicht einfach so auf jeder Baustelle eingesetzt werden. Dennoch werden in diesem Bereich Fortschritte erzielt. So bietet die 3D-Steuerung unter anderem auf dem Gebiet der Erdarbeiten, der Geländevorbereitung und der Infrastrukturarbeiten zahlreiche Möglichkeiten, die Arbeiten teilweise zu automatisieren und vor allem zu optimieren (siehe Abbildung 1).**

# **3D-Maschinensteuerung** für die Baustelle der Zukunft

## Was ist eine 3D-Steuerung?

Der Ausdruck ‚3D-Steuerung' verweist auf eine Reihe von effizienten, auf Kontrollsignalen basierenden Maschinensteuerungstechniken, die hauptsächlich in der Geotechnik, im Straßenbau und bei Erdarbeiten im Tiefbau angewendet werden. Diese Techniken bieten den Vorteil, dass die Vermessungs- und Nivellierungsarbeiten auf Großbaustellen nicht manuell erfolgen müssen. Die Ansteuerung der Maschinen geschieht hierbei nämlich in Abhängigkeit von der gewünschten Genauigkeit durch Laser, Totalstationen oder ggf. korrigierte GPS-Signale.

Für Ausschachtungsarbeiten kann man ein GNSS-Signal (*Global Navigation Satellite System*) ([1]) nutzen. Da dieses Signal an sich jedoch nicht genau genug ist, muss in der Regel daran eine örtliche Korrektur vorgenommen werden. In Belgien kann dies beispielsweise durch die Systeme FLEPOS ([2]) oder WALCORS ([3]) erfolgen, die als Dienstleistung jeweils von Flandern und Wallonien angeboten werden und die das GNSS-Signal mit einer Anzahl bekannter lokaler Baken vergleichen, wodurch die Koordinaten bis auf einige Zentimeter genau bestimmt werden können (siehe Abbildung 2 auf der nächsten Seite). Wenn dagegen eine Genauigkeit bis auf einige Millimeter erforderlich ist, wie z.B. bei Fertigstellungsarbeiten, nutzt man im Allgemeinen eine Totalstation in der Nähe der Maschine. Diese Station, die aus einem digitalen Entfernungsmesser und einem Theodoliten besteht, gibt mittels der auf den Maschinen angebrachten Empfänger ständig die exakten Koordinaten an.

## Vor- und Nachteile der 3D-Steuerung

Theoretisch müsste es in der Zukunft für den Projektleiter möglich sein, seine 3D-Pläne direkt an die Baumaschinen und ihre Bediener zu senden, die die Arbeiten anschließend ohne weitere Messungen komplett abwickeln kön-

**1** | Die 3D-Steuerung bietet zahlreiche Möglichkeiten für die Vorbereitung von Kanalisationsarbeiten

([1]) Dies ist die Sammelbezeichnung für Ortsbestimmungssysteme via Satellit, wie z.B. GPS-Systeme.
([2]) FLEPOS steht für *Flemish Positioning System*. Für weitere diesbezügliche Informationen verweisen wir auf die Website https://www.agiv.be/producten/flepos.
([3]) WALCORS steht für *Wallonia Continuously Operating Reference System*. Für weitere diesbezügliche Informationen verweisen wir auf die Website http://gnss.wallonie.be/walcors.html.

**2** | Anzeige der Schaufelposition des Schaufelladers

> Der Ausdruck ‚3D-Steuerung' verweist auf eine Reihe automatisierter Maschinensteuerungstechniken.

nen. Gegenwärtig müssen die Pläne jedoch nach In-situ-Messungen noch angepasst und validiert werden, um danach schrittweise an die jeweiligen Maschinen gesendet werden zu können. Hierbei sind manchmal in Abhängigkeit der Maschine spezifische Anpassungen und Angaben erforderlich: So werden für Bagger andere Bezugslinien benötigt als für die Planierraupe, die das Fundament nivelliert.

Die 3D-Steuerung ist vor allem für Arbeiten nützlich, bei denen eine kontinuierliche Ortsbestimmung von entscheidender Bedeutung ist, wie beispielsweise für Erd- und Infrastrukturarbeiten. Denn diese Technik sorgt dafür, dass die Maschinenbediener effizienter und genauer arbeiten können, ohne dass der Geometer Baken installieren muss. Auf diese Weise kann auch die Anzahl manuell bedingter Fehler, wie z.B. das Verlorengehen oder die Ortsänderung von Baken, verringert werden. Die Steuerung kann ebenfalls verwendet werden, um Leitungen einzuzeichnen, so dass der Bediener davon eine deutliche Übersicht erhält.

Außerdem generieren die Maschinen selbst, durch Sensoren und angepasste Software, Daten, mit denen der Baustellenleiter in Echtzeit den Baustellenfortschritt verfolgen kann. Das betrifft unter anderem die Bewegungen und den Wirkungsgrad der Maschinen, die Angabe der fertiggestellten Phasen, der bei den Erdarbeiten verschobenen Volumen und der Koordinaten der Messpunkte. Diese Daten können auch die Baustellenkommunikation mit den Kunden und anderen Beteiligten erleichtern und ermöglichen eine automatische Anpassung der (3D-)Baupläne bzw. des *Buildung Information Model* (BIM).

Die 3D-Steuerung erfordert aber eine bedeutende Investition und dass, sowohl auf dem Gebiet des Materials, als auch was die Schulung der Bediener, der Baustellen- und der Projektleiter betrifft. Um den maximalen Ertrag aus dieser Technik zu holen, muss manchmal auch die Vorgehensweise auf der Unternehmensebene geändert werden: So ist eine schnelle und akkurate Ausführung nur unter der Voraussetzung einer gründlichen Vorbereitung und einer korrekten Detaillierung der 3D-Pläne möglich. Anpassungen während der Ausführung sind zu vermeiden.

Schließlich muss man auch die Tatsache berücksichtigen, ob die verschiedenen Systeme untereinander vereinbar sind oder nicht. Denken wir dabei bloß an Baustellen, auf denen der Bauunternehmer und die Subunternehmer jeweils eine andere 3D-Steuerung nutzen.

Für weitere Informationen bezüglich der 3D-Steuerung wird in Kürze ein erläuterndes Video in der Rubrik ‚Video' unserer Website online gestellt.

*N. Cauberg, Ir., Leiter des Laboratoriums Strukturen, WTB*
*P. Vandamme, Projektkoordinator ICT-Projekte für das Bauwesen, VCB*

*Dieser Artikel wurde im Rahmen des IWT-Projekts ‚Technologieën voor het meten, communiceren en sturen op de werf van de toekomst' verfasst, das in Zusammenarbeit mit der ‚Confédération Construction Limburg' und der ‚Confederatie Bouw' realisiert wurde.*

**Bis vor kurzem wurde der Verschleißwiderstand von Beton mithilfe dem in der Norm NBN B 15-223 beschriebenen Versuch nach Amsler geprüft. Diese Norm wurde jedoch schon 1998 aus dem NBN-Katalog zurückgezogen, da es schien, dass das Prüfverfahren keine ausreichende Reproduzierbarkeit aufwies. In diesem Artikel liegt die Aufmerksamkeit auf dem Versuch nach Böhme gemäß der Norm NBN EN 13892-3, der in der Überarbeitung der TI 204 (gegenwärtig in Vorbereitung) als Referenzverfahren zur Bewertung des Verschleißwiderstands von Betonböden gewählt wurde.**

# Verschleißwiderstand von Betonböden nach dem Versuch von Böhme

## Verschleißwiderstand eines Betonbodens

Sobald ein Betonboden genutzt wird, ist er zahlreichen Verschleißbelastungen ausgesetzt (z.B. durch das Begehen durch Fußgänger, das Rollen von Rädern, das Schleppen von Material). Der Verschleißwiderstand wird allerdings durch verschiedene Parameter beeinflusst, wie beispielsweise die Betonzusammensetzung, die angewandte Verschleißschichtmischung und die Hydratationsgrad der Zementpaste. Durch den Wegfall der Norm NBN B 15-223 (und demzufolge auch des Versuchs nach Amsler) musste bei der Überarbeitung der TI 204 ein alternatives Bewertungsverfahren für den Verschleißwiderstand gewählt werden.

Die Wahl fiel letztendlich auf den Versuch nach Böhme, auf den verwiesen wird in diversen wissenschaftlichen Artikeln, technischen Berichten und Normen über die unterschiedlichsten Betonanwendungen (z.B. industrielle Außenbeläge, Industrieböden, Betonpflastersteine, Betonplatten, Betonbordsteine und Terrazzoplatten).

## Der Versuch nach Böhme

Der Versuch nach Böhme wird an quadratischen Prüfstücken mit einer Fläche von 50 cm² und einer Dicke von mindestens 4 cm ausgeführt (*). Das Prüfstück wird mit der zu prüfenden Oberfläche gegen eine rotierende Scheibe gedrückt, auf der zuvor eine bestimmte Menge an Scheuersand angebracht wurde (siehe Fotos auf der nächsten Seite). Dieses Prüfstück wird 16 Zyklen von jeweils 22 Scheibenumdrehungen unterworfen, wobei der Scheuersand nach jedem Zyklus ersetzt wird. Der Verschleißwi-

| TI 204 (1997) | | Vorschlag der neuen Klassifizierung (2015) | | |
|---|---|---|---|---|
| Verschleißbelastungsklasse | Verschleißwiderstand nach Amsler [mm/3000 m] | Verschleißbelastungsklasse | Anwendungsbeispiele | Verschleißwiderstand nach Böhme [cm³/50 cm²] |
| Ia | Keine Anforderung | Leicht | Bürogebäude, Wohngebäude | ≤ 16 |
| Ib und IIa | ≤ 3,5 | Mittelmäßig | Lagerräume, Supermärkte | ≤ 11 |
| IIb | ≤ 2,0 | Schwer | Industriegebäude, Verbrauchermärkte | ≤ 8 |
| – | – | Extrem | Metallverarbeitende Betriebe | ≤ 5 |

Klassifizierung der Verschleißbelastung mit den dazu gehörigen Anforderungen für den Verschleißwiderstand aus der TI 204 (1997) und Vorschlag für die neue Klassifizierung (2015)

(*) Speziell zur Bewertung eines bestehenden Betonbodens werden drei Kerne mit einem Durchmesser von 11,3 cm aus einer nicht dem Verschleiß ausgesetzten Bodenzone entnommen, und zwar mindestens 20 cm vom Rand des Bodens entfernt. Daraus werden anschließend Prüfstücke mit den geforderten Abmessungen gesägt.

Versuchsaufbau zur Bestimmung des Verschleißwiderstands von Betonböden nach Böhme

derstand wird definiert als der mittlere Volumenverlust nach 16 Zyklen von drei Prüfstücken und wird in $cm^3/50\ cm^2$ ausgedrückt. Dieser Volumenverlust kann ausgehend von den Masseverlusten berechnet werden, oder durch Messen des Dickenverlustes, wenn das Prüfstück aus Schichten mit verschiedenen Eigenschaften besteht, was beispielsweise bei Vorhandensein einer Verschleißschicht der Fall sein kann.

## Verschleißwiderstandsklassen

Die in der TI 204 von 1997 definierten Verschleißbelastungsklassen und die dazu gehörigen Verschleißwiderstandsanforderungen stützten sich auf den Versuch nach Amsler (siehe Tabelle auf der vorherigen Seite). Aus einer Vergleichsstudie zwischen dem Versuch nach Böhme und dem nach Amsler hat sich inzwischen ergeben, dass ein linearer Zusammenhang zwischen den damit erhaltenen Ergebnissen besteht. Gestärkt durch diese Feststellung und anhand der Ergebnisse unserer Untersuchungen an verschiedenen Typen von Betonböden, war es dann auch möglich, eine ähnliche Klassifizierung des Verschleißwiderstands nach Böhme aufzustellen (siehe Tabelle). Es wurde außerdem eine zusätzliche Klasse für extrem belastende industrielle Aktivitäten geschaffen.

Der genaue Verschleißwiderstand eines angebrachten Betonbodens ist von zahlreichen Faktoren abhängig, auf die der Bauunternehmer nicht immer Einfluss hat. Das betrifft hier unter anderem die Betonzusammensetzung, die Wasserabscheidung, die Umgebungsbedingungen, die Erhärtung des Betons, die eingearbeitete Menge an trockener Mischung für die Verschleißschicht und die Effizienz der angewandten Nachbehandlung. Durch Anwendung einer Oberflächenausführung mit einer klassischen trockenen Verschleißschichtmischung (z.B. auf Basis von Quarz) ist es in der Regel möglich, die Verschleißwiderstandsanforderungen für die mittlere Verschleißbelastungsklasse zu erfüllen. Um den Anforderungen für die schwere oder extreme Verschleißbelastungsklasse zu entsprechen, könnte man dagegen spezielle trockene oder flüssige Verschleißschichtmischungen (*Toppings*) auf Basis von äußerst verschleißfesten Granulaten (z.B. Siliciumcarbid) einsetzen.

## Schlussfolgerung

Nach dem Wegfall des Versuchs nach Amsler musste man auf die Suche nach einem neuen Bewertungsverfahren für den Verschleißwiderstand von Betonböden gehen. Der Versuch nach Böhme scheint hierfür eine gute Alternative zu sein.

Um den Bauunternehmern Richtlinien geben zu können, mit denen es möglich ist, den Verschleißwiderstand eines angebrachten Bodens zu garantieren und um den Anforderungen für die höheren Verschleißbelastungsklassen entsprechen zu können, ist allerdings noch zusätzliche Forschungsarbeit nötig.

*L. Kupers, M. Sc. Geol., Forscher, Laboratorium Betontechnologie, WTB*
*B. Dooms, Ir., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Betontechnologie, WTB*
*V. Pollet, Ir., stellvertretender Leiter der Abteilung Materialien, Technologie und Gebäudehülle, WTB*

*Dieser Artikel wurde im Rahmen der Normen-Außenstelle ‚Beton-Mörtel-Granulate' verfasst, die vom FÖD Wirtschaft bezuschusst wird.*

> Der Verschleißwiderstand eines angebrachten Betonbodens ist von zahlreichen Faktoren abhängig, auf die der Bauunternehmer nicht immer Einfluss hat.

**Um zu verhindern, dass die brennbaren Materialien, die sich in der Nähe des Rauchkanals, der durch das Dach oder die Fassade hindurch geführt wird, beschädigt werden oder Feuer fangen, müssen sie in den meisten Fällen geschützt werden. Dieser Artikel geht näher auf die Sicherheitsabstände ein, die bei Schrägdächern eingehalten werden müssen.**

# Durchführung von Rauchkanälen in Schrägdächern:

## Sicherheitsabstand in Bezug auf brennbare Materialien

Früher wurden die Rauchkanäle im Allgemeinen vor Ort gemauert, wobei ein Sicherheitsabstand von 150 mm zwischen ihrer Innenwand und den brennbaren Materialien vorgesehen werden musste. Gegenwärtig werden sie jedoch meistens aus diversen vorgefertigten Elementen (Metall, Beton, Ziegelstein, …) montiert, die zusammen ein Komplettsystem, das sogenannte ‚Rauchkanalsystem' bilden, das zu den geltenden Normen konform ist und über eine CE-Kennzeichnung verfügt. Darin ist unter anderem angegeben, welcher Sicherheitsabstand in Bezug auf die brennbaren Materialien einzuhalten ist.

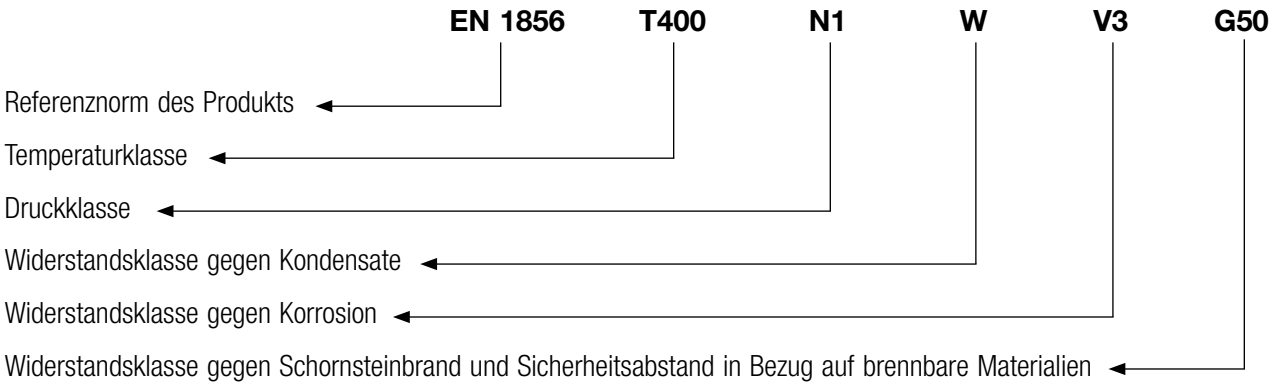
### Sicherheitsabstand

Die Rauchkanäle transportieren Verbrennungsgase, deren Temperatur in Abhängigkeit des daran angeschlossenen Gerätetyps zwischen 80 und 600 °C variieren kann. Außerdem müssen die Kanäle, die mit Geräten in Verbindung stehen, die mit festen Brennstoffen betrieben werden – unabhängig von den normalen Betriebsbedingungen – gegen einen Schornsteinbrand beständig sein. Denn die Temperatur des Rauchs, der bei diesem zufälligen Verbrennungstyp freigesetzt wird, kann bis zu 1.000 °C betragen.

Der einzuhaltende Sicherheitsabstand zwischen der Außenwand des Rauchkanals und den brennbaren Materialien kann in der CE-Kennzeichnung des Produkts rechts von der Widerstandsklasse gegen Schornsteinbrand abgelesen werden (G = beständig; O = nicht beständig) und wird in Millimeter ausgedrückt. Für ein vor Ort (z.B. mithilfe von Mauersteinen) gefertigtes Rauchkanalsystem muss man diesbezüglich im Anhang A.8 der Norm NBN EN 15287 nachschlagen. Für Metall-Rauchkanalsysteme gilt wiederum der gleiche Sicherheitsabstand wie für die Elemente, aus denen sie aufgebaut sind. Die Abbildung 1 liefert ein Beispiel für die Kennzeichnung eines Metall-Rauchkanals.

Der Sicherheitsabstand variiert nicht nur in Abhängigkeit von der maximal zulässigen Temperatur im Rauchkanal, sondern auch von dessen Struktur (einfache Wand, doppelte gedämmte oder konzentrische Wand) und Wärmedämmungsniveau. Dieser Abstand kann gegen null gehen, insbesondere im Falle eines konzentrischen Kanals, der nicht gegen einen Schornsteinbrand beständig ist und der mit einem Gerät mit einer sehr niedrigen Rauchtemperatur (Ooo) in Verbindung steht. Ferner kann er bis zu 600 mm für einen einwandigen Kanal betragen, der gegen einen Schornsteinbrand (G600) beständig sein muss. Es bestehen auch spezifische Rauchkanäle, die gegen einen Schornsteinbrand beständig sind und deren einzuhaltender Sicherheitsabstand null ist (Goo). Man muss somit nicht nur einen Rauchkanal wählen, dessen Widerstandsklasse gegen Schornsteinbrand auf das angeschlossene Gerät abgestimmt ist, sondern auch die in der CE-Kennzeichnung angegebenen Sicherheitsabstände einhalten.

**1** | Die CE-Kennzeichnung eines Rauchkanals spezifiziert seine Widerstandsklasse gegen Schornsteinbrand



## Durchführung durch das Dach

Sicherheitshalber muss der Teil des Rauchkanals, der durch das Dach hindurch durchgeführt wird, aus einem Stück bestehen, um zu vermeiden, dass die Verbindung zwischen zwei Elementen durch die Dachdicke verborgen wird.

Falls dies möglich ist, wird empfohlen, Kanäle vom Typ Ooo oder Goo anzuwenden. In diesem Fall dürfen die brennbaren Materialien mit der Außenwand des Kanals in Kontakt kommen und dürfen die klassischen Lösungen für die Verbindung mit der Luft- und Dampfsperre, der Dämmung und dem Unterdach angewendet werden (siehe TI 251).

Im gegenteiligen Fall gibt der Sicherheitsabstand den Raum um die Außenwand des Kanals herum an, innerhalb dem sich keine brennbaren Materialien befinden dürfen. Ein Material ist nicht brennbar, wenn es zur Brandverhaltensklasse A1 oder A2-s1 do nach der Norm NBN EN 13501-1 gehört. Die Anschlüsse zwischen dem Rauchkanal und den Dachelementen müssen folgendermaßen behandelt werden:

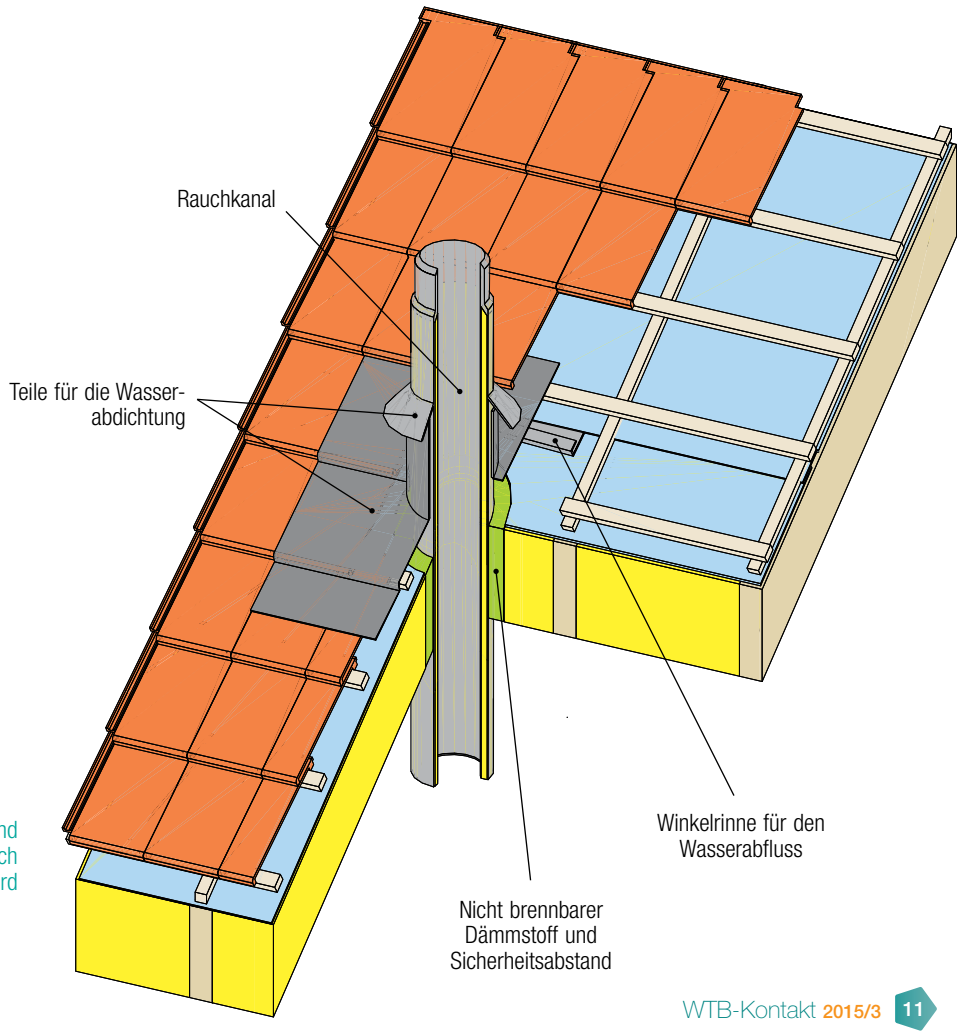
- Für den Anschluss zwischen dem Rauchkanal und der Dampfsperre verweisen wir einerseits auf Les Dossiers du CSTC 2012/1.10 (Artikel über die Durchbohrungen der Luft- und Dampfsperre) und andererseits auf die Dokumentation des Herstellers (in der spezifische Lösungen angegeben sein können)
- Für den Anschluss zwischen dem Rauchkanal und der Dämmung muss der Raum rund um die Außenwand des Kanals mit einem nicht brennbaren Dämmstoff (z.B. Mineralwolle) ausgefüllt werden. Für Metallkanäle gibt es vorgedämmte Schalen verschiedener Dicken. Bei der Anbringung des nicht brennbaren Dämmstoffs muss man darauf achten, dass der leere Raum rund um den Kanal vollständig mit diesem Dämmstoff ausgefüllt wird, so dass die durch den Kanal abgegebene Wärme sich nicht in einem engen Raum aufstauen kann, der in Kontakt mit dem brennbaren Materialien steht

> Die Rauchkanäle transportieren Verbrennungsgase, deren Temperatur zwischen 80 und 600 °C variieren kann.

- Für den wasserdichten Anschluss zwischen dem Rauchkanal und Unterdach gilt:
  - Wenn die Durchführung des Daches mithilfe eines gemauerten Schornsteins erfolgt, muss der Anschluss zwischen dem Schornstein und dem Unterdach, wie in Abbildung 59 der TI 175 vorgeschlagen, ausgeführt werden
  - Erfolgt die Durchführung mithilfe eines Metallkanals muss man vermeiden, dass das gegebenenfalls von oben abfließende Wasser und das durch den Wind verursachte aufsteigende Wasser die Durchführung des Unterdaches erreichen können. Einen möglichen Ausführungsvorschlag zeigt die Abbildung 2. Im Idealfall müsste ein vorgefertigtes Element vorgesehen werden, das es zulässt, einen wasserdichten Anschluss zwischen dem Rauchkanal und dem Unterdach zu realisieren. Solche Zubehörteile stehen jedoch gegenwärtig nicht zur Verfügung
- Für den Anschluss zwischen dem Rauchkanal und der Dachdeckung bieten die meisten Rauchkanalhersteller zahlreiche vorgefertigte Lösungen an.

*X. Kuborn, Ir., Projektleiter, Laboratorium Heizung und Lüftung, WTB*

*Dieser Artikel wurde im Rahmen des Technologischen Beratungsdienstes COM-MAT ‚Matériaux et techniques de construction durables', mit der Unterstützung der DG06, verfasst.*




**2** | Einzuhaltender Sicherheitsabstand rund um den Rauchkanal, der durch das Dach hindurch durchgeführt wird

**Um der steigenden Nachfrage nach Parkmöglichkeiten gerecht zu werden, werden immer mehr Gebäude mit einer Tiefgarage ausgestattet. Auf dem Teil dieser Konstruktionen, der über den Gebäudeumfang hinausragt, wird häufig ein Terrassen-, Grün- oder Parkdach installiert, das mit einer Dachabdichtung versehen werden muss (siehe TI 215, 229 und 253). Diese Abdichtung wird an den freien Rändern der eingegrabenen Konstruktion nach unten umgelegt. Die Ausführung eines solchen Anschlusses ist jedoch nicht einfach, wodurch in der Praxis häufig Infiltrationsprobleme auftreten.**

# Anschluss einer **Dachabdichtung** an eine **eingegrabene Konstruktion**

## Anschluss zwischen den eingegrabenen Wänden und dem Boden

In der TI 250 ‚Détails de référence pour les constructions enterrées' werden eine Anzahl von Regeln zur Verfügung gestellt, mit denen es möglich ist, einen wasserdichten Anschluss der eingegrabenen vertikalen Betonwände mit dem Boden zu realisieren (siehe roter Pfeil in Abbildung 1).

So kann man mit in den Beton integrierten Abdichtungsblechen in Höhe des Anschlusses eine Dichtheitsklasse 1 oder 2 (siehe nachstehende Tabelle) erreichen, je nachdem, ob sich die Bleche überlappen oder ihre Stöße geschweißt oder geklebt sind.

## Anschluss zwischen den eingegrabenen Wänden und dem Dach

Auch für den Anschluss der eingegrabenen Wände mit der Dachdecke (siehe blauer Pfeil in Abbildung 1) wird man, in Abhängigkeit der gewünschten Dichtheitsklasse, bestimmte Eingriffe vorsehen müssen.

In der Regel wird dieser Anschluss dadurch realisiert, dass die Dachabdichtung nach unten umgelegt wird. Die Abdichtung muss dazu ausreichend weit (mindestens 30 cm) über den Anschluss hinaus durchgezogen werden, während der Untergrund trocken genug sein und in Anbetracht der Haftung der Dichtungsmembranen die minimalen Rauheits- und Ebenheitsanforderungen erfüllen muss (siehe Tabelle 10 der TI 215). Es ist ebenfalls notwendig, einen sorgfältig ausgeführten Voranstrich vorzusehen. Um Beschädigungen aufgrund von in der Nähe erfolgenden Erdarbeiten zu vermeiden, kann längs der Außenseite ein zusätzlicher mechanischer Schutz an der Abdichtung angebracht werden.

Selbst wenn all diese Bedingungen erfüllt sind, ist es nicht einfach, eine optimale Haftung – und demzufolge einen dauerhaften und wasserdichten Anschluss – zwischen der Dichtungsmembran und eingegrabenen (Beton-)Wänden zu realisieren. Außerdem sind die Arbeitsbedingungen in diesen Zonen im Allgemeinen problematisch (schmutzig und nass). Deshalb entscheidet man sich manchmal für den zusätzlichen Einsatz eines mit Kitt verfugten Klemmprofils (siehe Abbildung 54 der TI 244), wobei die Kittfuge es ermöglicht, eine bleibende Wasserdichtheit zu garantieren. Solche Kittfugen müssen jedoch grundsätzlich in regelmäßigen Abständen instandgehalten werden, was bei einer gegebenen unterirdischen Situation häufig unmöglich ist.

Unter Berücksichtigung der vorhergehenden Betrachtungen ist es nicht verwunderlich, dass eingegrabene Anschlüsse, bei denen die Dachabdichtung vertikal nach unten umgelegt wird, nur ein begrenztes Dichtvermögen aufweisen und bloß in beschränktem Maße gegen einen – sogar vorübergehenden – Wasserdruck beständig sind. Die Wasserbelastungen in Höhe dieser Anschlüsse und die Durchlässigkeit der Aufschüttung spielen in diesem Zusammenhang daher eine wichtige Rolle.

Eine Möglichkeit zur Reduzierung des Wasserdrucks besteht darin, das Regenwasser von dem Dachbelag getrennt aufzufangen und abzuleiten, statt es längs der eingegrabenen Wände abfließen zu lassen. Dies lässt sich beispielsweise dadurch realisieren, dass man das Gefälle der Dachfläche nicht zum Dachrand hin orientiert oder längs des Dachrands eine Regenrinne vorsieht. Wir möchten darauf hinweisen, dass das Regenwasser bei bestimmten Außenbelägen (darunter denen von Parkdächern)

| Dichtheitsklasse | Anforderungen |
|---|---|
| 0 | Ein gewisser Leckvolumenstrom, oder das Vorhandensein von ohne Folgen bleibenden Lecks, ist zulässig. |
| 1 (*) | Die Lecks müssen auf eine kleine Anzahl begrenzt bleiben. Einige Flecken oder Feuchtigkeitsstellen auf der Oberfläche sind zulässig. |
| 2 | Es gibt nur minimale Lecks. Die Oberfläche darf keine Flecken aufweisen. |
| 3 | Es sind keine Lecks zulässig. |
| (*) Für die Klasse 1 sind bei Berührung einige Tropfen an den Fingerspitzen akzeptierbar. | |

Dichtheitsklassen für Betonkonstruktionen nach der Norm NBN EN 1992-3

## Die optimale Haftung von einer längs einer vertikalen Wand nach unten umgelegten Abdichtung ist nicht einfach zu garantieren.

eine angepasste Behandlung erhalten muss, bevor es wiederverwendet oder in das Oberflächenwasser eingeleitet werden darf.

Angesichts dessen, dass bei wenig durchlässigen Ton- und Lehmböden im Falle von Regen sogar ein vorübergehender Wasserdruck entstehen kann, wenn der Anschluss sich oberhalb des höchsten Grundwasserspiegels befindet, wird empfohlen, ein zusätzliches Drainagesystem vorzusehen. Auf diese Weise lässt sich vermeiden, dass das in den Boden eingedrungene Regenwasser die Membran umgehen kann und kann man für die Betonkonstruktion eine Dichtheitsklasse 2 erhalten (siehe Tabelle).

Um den delikaten Anschluss der Dachabdichtung mit den eingegrabenen Wänden zu realisieren, könnte man auch eine flüssige Abdichtung anwenden (siehe Abbildung 2). Diese muss sich natürlich wasserdicht mit den Wänden (siehe § 4.5.3.3.3 der TI 253) und dem verwendeten Dachabdichtungsmaterial (siehe Tabelle 11 und 12 der TI 244) verbinden lassen. Falls die Dachabdichtung aus Kunststoff besteht, muss sie mechanisch befestigt werden, bevor man dazu übergeht, den flüssigen Überbrückungsstreifen anzubringen.

Wenn die oben erwähnten Bedingungen erfüllt werden, kann ein solcher Anschluss mit einer flüssigen Abdichtung einem vorübergehenden Wasserdruck problemlos einen Widerstand bieten. Falls der Anschluss sich jedoch unter dem Grundwasserspiegel befindet und er folglich einem permanenten Wasserdruck ausgesetzt ist, sieht die Sache etwas anders aus. In dem Fall kann die bleibende, dauerhafte Abdichtung nicht gewährleistet werden und ist auch das Vorsehen eines Drainagesystems nicht länger sinnvoll.

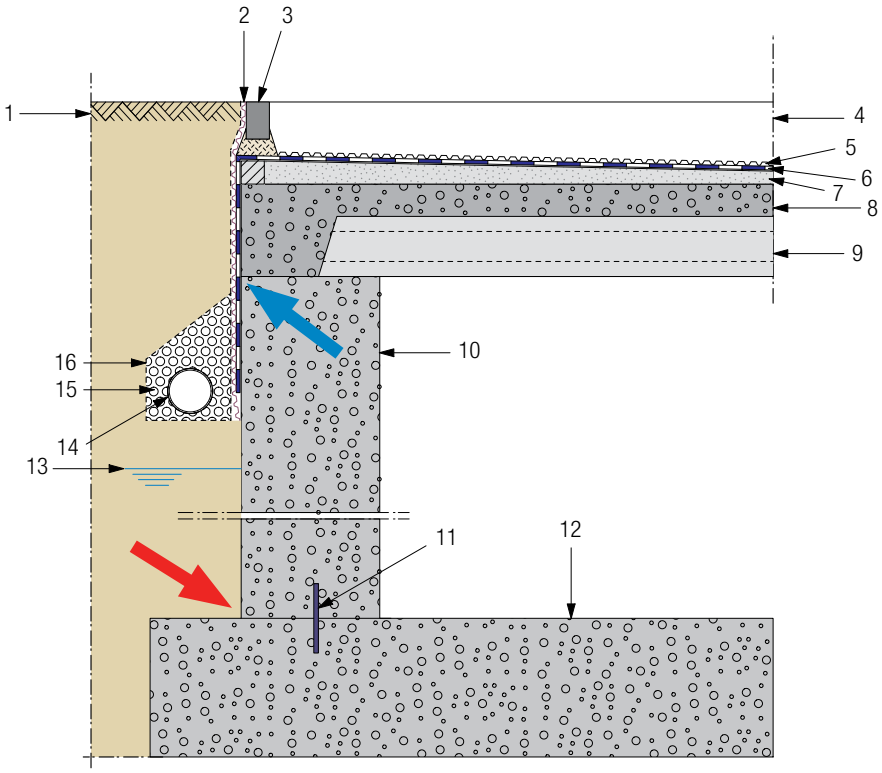
Der Einsatz einer nach unten umgelegten Dachabdichtung, die an den eingegrabenen Wänden angeschlossen

2 | Anwendung einer flüssigen Abdichtung

ist, kann dann nur noch in Erwägung gezogen werden, wenn diese rund um die gesamte eingegrabene Konstruktion durchläuft. Eine solche durchgängige elastische Wannendichtung unter dem Boden und an den Wänden ist in der Regel allerdings recht teuer und nicht immer technisch ausführbar.

Wenn die Ausführung einer durchgängigen elastischen Wannendichtung nicht in Betracht gezogen werden kann, müssen die Betonwände und ihre Anschlüsse so entworfen werden, dass sie von sich aus eine ausreichende Wasserdichtheit gewährleisten können. In diesem Zusammenhang wird empfohlen, die delikate Stoßnaht zwischen dem Dach und den vertikalen Wänden oberhalb des Grundwasserspiegels beizubehalten und hier, genau so wie es beim Anschluss zwischen dem Boden und den Wänden erfolgte, ein Abdichtungsblech anzubringen (siehe TI 250). ▮

*E. Mahieu, Ing., stellvertretender Leiter der Abteilung Interface und Beratung, WTB*




1 | Detail des Anschlusses eines Dachs mit einer eingegrabenen nicht beheizten Konstruktion (Dichtheitsklasse 2)

1. Geländeoberfläche
2. Vertikale Drainage
3. Bordstein
4. Terrassen-, Grün- oder Parkdach
5. Drainagematte
6. Zweischichtige Dachabdichtung
7. Gefälle
8. Betondruckschicht
9. Hohlplatten
10. Betonwand (Dichtheitsklasse 2)
11. Abdichtungsblech
12. Betondeckenplatte
13. Grundwasserspiegel
14. Sammelrohr
15. Drainagematerial
16. Gewebefilter

**Die Kombination von verschiedenen Baumaterialien bietet zahlreiche Vorteile und ermöglicht es häufig, die Leistungen der Konstruktion zu verbessern. Daher ist es nicht verwunderlich, dass immer mehr Gebäude, sowohl bei der Renovierung als beim Neubau, mit einem Betonrohbau und einer Gebäudehülle aus Holz errichtet werden. Obwohl es mit einer solchen Holzskelettfassade im Allgemeinen hervorragend möglich ist, den Anforderungen auf dem Gebiet der Wärmedämmung zu entsprechen, ist die Einhaltung der strengsten Brandschutzanforderungen durch sie in der Praxis allerdings mit einigen Problemen verbunden.**

# Neue Lösungen für die den **Brandschutzanforderungen** entsprechenden **Holzskelettfassaden**

Die belgische Brandschutzverordnung legt eine Anzahl von Maßnahmen fest (erläutert und veranschaulicht in Les Dossiers du CSTC 2013/3.8), deren Ziel es ist, die Brandausbreitung zwischen Geschossen über die Fassade zu vermeiden. So muss man für mittelhohe oder hohe Gebäude:

- die innere Brandausbreitung dadurch vermeiden, dass an der Seitenfläche zwischen der Deckenplatte und der Fassade ein feuerbeständiger Anschluss (EI 60) realisiert wird
- der äußeren Brandausbreitung längs der Außenseite der Fassade dadurch entgegenwirken, dass ein flammendichtes Fassadenelement (E 60) mit einer abgewickelten Länge von mindestens 1 m vorgesehen wird
- die Stabilität des Fassadenskeletts dadurch gewährleisten, dass auf jedem Stockwerk feuerbeständige Befestigungen (R 60) angebracht werden.

Dieser Artikel ergänzt das oben erwähnte CSTC-Dossier, indem er Lösungen vorschlägt, die es Holzskelettfassaden ermöglichen, den drei obigen Vorschriften zu entsprechen. Wir möchten darauf hinweisen, dass die hier besprochenen Maßnahmen – eventuell ergänzt um eine Reihe zusätzlicher konstruktiver Anordnungen – auch die Erfüllung der akustischen und energetischen Anforderungen ermöglichen.

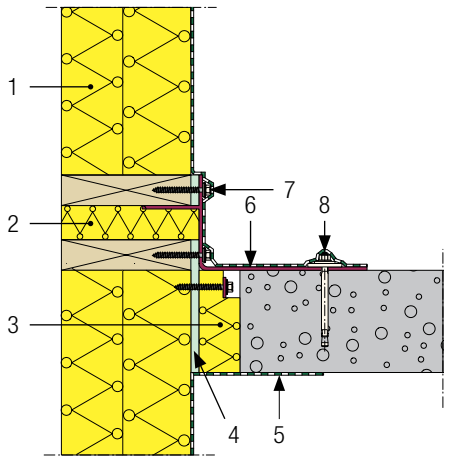
Für eine durchgängige Fassade, die an der Seitenfläche einer Deckenplatte anliegt, muss die Übereinstimmung mit den Vorschriften aus der Verordnung anhand eines Laborversuchs gemäß der Norm NBN EN 1364-3 oder -4 nachgewiesen werden.

Im Rahmen des vom IWT finanzierten Forschungsprojekts ‚DO-IT Houtbouw' wurde für eine an der Seitenfläche einer Deckenplatte anliegende Holzskelettfassade eine Feuerbeständigkeitsprüfung im Hinblick auf die Entwicklung von Lösungen für Gebäude mit mehreren Geschossen und Holzskelettfassaden ausgeführt. Dank dieser Prüfung konnten neue Lösungen für flammendichte, an einer feuerbeständigen Betondecke befestigte Holzskelettfassaden vorgeschlagen werden, die den in Belgien geltenden Brandschutzanforderungen entsprechen.

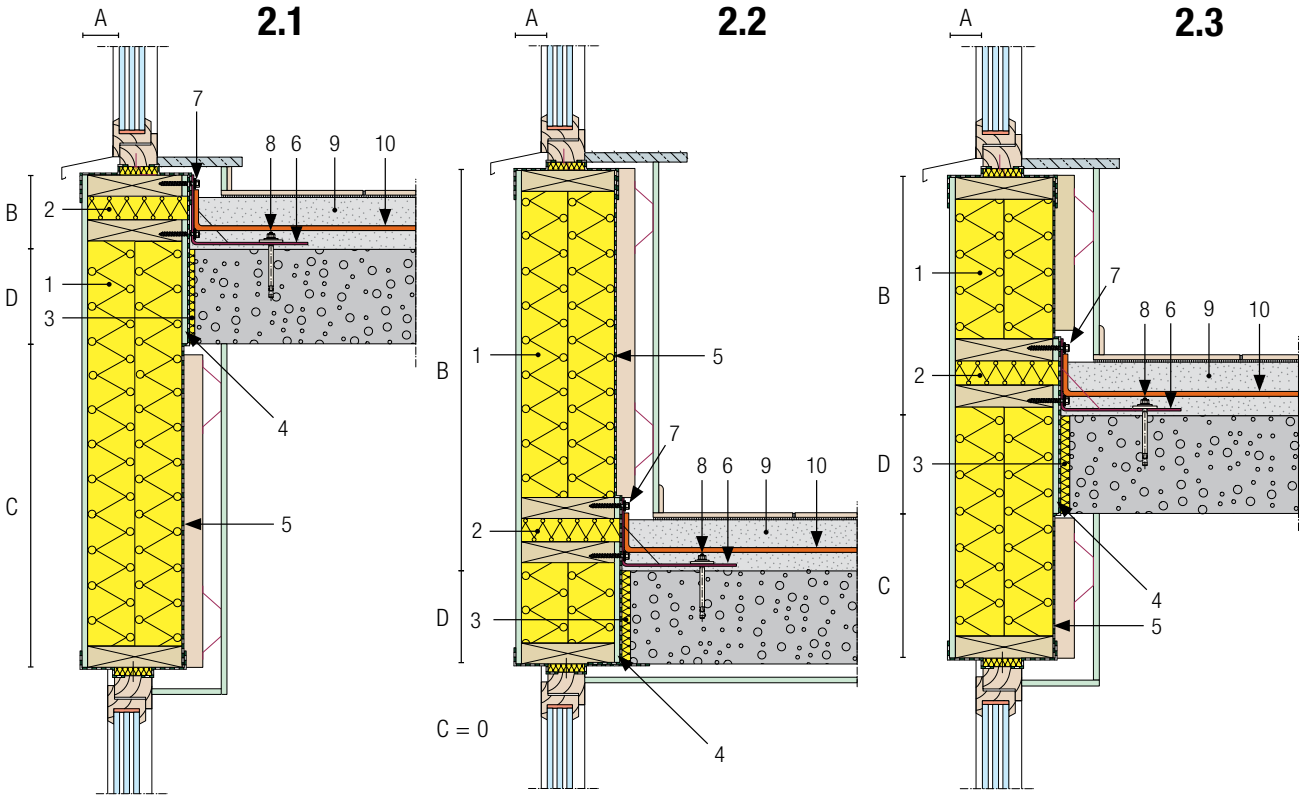
Die entwickelten Lösungen müssten in ihrer Gesamtheit angewendet werden (Anschluss, Holzfassadenelement und Betondecke) und lassen sich einsetzen, um die für hohe Gebäude (› 25 m) geltenden Anforderungen zu erfüllen. Diese Lösungen haben zum Ziel:

- die innere Brandausbreitung zu vermeiden, indem zwischen der Seitenfläche der Deckenplatte und der Fassade ein Anschluss EI 60 realisiert wird, und zwar so:
  - dass über die ganze Dicke der Deckenplatte (mindestens 15 cm) eine Auffüllung mit Steinwolle mit einer Mindestdichte von 45 kg/m³ und einer Verdichtung von 20 % vorgesehen wird (siehe Abbildung 1)
  - dass längs der Innenseite der Holzfassade eine Spanplatte angebracht wird, die eine gute Verdichtung der Dämmung garantiert

1. Steinwolle, 190 mm dick (Mindestdichte: 45 kg/m³)
2. Steinwolle (Mindestdichte: 45 kg/m³; Verdichtung: 20 %)
3. Steinwolle (Mindestdichte: 45 kg/m³; Verdichtung: 20 %)
4. Spanplatte
5. PE-Membran (0,2 mm)
6. Stahlverankerung (oberhalb der Decke)
7. Spanplattenschraube Ø 6 mm
8. Bolzenanker M8




**1** | Anschluss eines Holzfassadenelements an die Betondecke (Veranschaulichung der im Labor geprüften Konfiguration)




1. Steinwolle, 190 mm dick (Mindestdichte: 45 kg/m³)
2. Steinwolle (Mindestdichte: 45 kg/m³; Verdichtung: 20 %)
3. Steinwolle über die ganze Dicke der Deckenplatte (mind. 150 mm) (Mindestdichte: 45 kg/m³; Verdichtung: 20 %)
4. Spanplatte
5. Luftdichtheitsmembran
6. Stahlverankerung (oberhalb der Decke)
7. Spanplattenschraube
8. Bolzenanker
9. Estrich
10. Kontaktschalldämmschicht

**2** | Flammendichtes Fassadenelement, ausgeführt als Sturz (2.1), als Brüstung (2.2) oder als eine Kombination von beiden (2.3) (A + B + C + D ≥ 1 m)

– dass zwischen der Spanplatte und der Auffüllung mit Steinwolle gegebenenfalls eine durchgängige Luftdichtheitsmembran angeordnet wird. Diese Luftsperre darf höchstens 1,5 mm dick sein (siehe Abbildung 2)

- die äußere Brandausbreitung zu vermeiden, indem in Höhe der Fassade ein flammendichtes Holzskelettelement E 60 vorgesehen wird, und zwar so:
  – dass vertikale Holzpfosten (Mindestquerschnitt: 38 x 190 mm) mit einem maximalen Abstand von 600 mm angebracht werden
  – dass über die gesamte Dicke der vertikalen Pfosten eine Auffüllung mit Steinwolle (Mindestdicke: 190 mm; Mindestdichte: 45 kg/m³) vorgesehen wird
  – dass die verschiedenen Module aufeinander gestapelt werden. Wenn aus Ausführungsgründen ein Freiraum zwischen dem Oberrahmen des unteren Moduls und dem Unterrahmen des oberen Moduls gelassen wird, muss dieser mit Steinwolle (Mindestdichte: 45 kg/m³; Verdichtung: 20 %) aufgefüllt werden
  – dass darauf geachtet wird, dass das Fassadenelement eine abgewickelte Länge (d.h. A + B + C + D; siehe Abbildung 2) von mindestens 1 m aufweist. Das Fassadenelement kann als Sturz (2.1), als Brüstung (2.2) oder als eine Kombination von beiden (2.3) ausgeführt werden
  – dass die Tatsache berücksichtigt wird, dass die Prüfung ohne Ausführungsplatten an der Innen- und der Außenseite ausgeführt wurde, so dass diese bei dem betrachteten Aufbau zur Gewährleistung des Feuerwiderstands nicht erforderlich sind. Die Wahl dieser Platten wird somit von anderen Überlegungen, beispielsweise auf dem Gebiet der Akustik, Hygrothermik und Ästhetik, abhängen
- die Stabilität des Fassadenskeletts zu gewährleisten, indem die Fassade auf jedem Geschoss an der Decke verankert wird. Dadurch, dass sie sich oberhalb der Decke befinden, sind diese Verankerungen gegen den unter der Decke wütenden Brand geschützt. Sie müssen jedoch in der Lage sein, die daran angreifenden Belastungen auszuhalten (Wind und Dauerbelastungen).

*Y. Martin, Ir., Leiter der Abteilung Gebäudehülle und Schreinerarbeit, WTB*
*P. Poppe, Leiter der Abteilung Consultancy, und E. Van Wesemael, Technischer Direktor, ISIB*

**Um hohe Energieleistungen erreichen zu können, wird gegenwärtig der Luftdichtigkeit von unseren Neubauten immer mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Es bestehen jedoch, was die Dauerhaftigkeit der verwendeten Systeme betrifft, noch zahlreiche Fragen.**

# Windexposition von Wänden: Einfluss auf die **Luftdichtheit**

Obwohl es mit einer Luftdichtheitsprüfung möglich ist, die Ausgangs-Luftdichtheitsleistung der Gebäudehülle zu bewerten, gestattet diese nicht, Aussagen über deren Dauerhaftigkeit zu machen. Man muss sich daher vergewissern, dass die angewendeten Techniken zu keinen Schäden führen, wenn sie den üblichen Gebäudebelastungen ausgesetzt sind.

Ziel dieses Artikels ist es nicht, die verschiedenen Innenwandtypen miteinander zu vergleichen, sondern für jeden von ihnen die geeignetste Ausführungsmethode in Abhängigkeit von den daran angreifenden Belastungen zu ermitteln. Ferner werden wir versuchen, die Randbedingungen für den Einsatz der verschiedenen Bausysteme zusammenzufassen. Schließlich wird auch auf die gängigen Wände und die Verbindungen zwischen den Platten eingegangen. Die konstruktiven Details und die sonstigen Anschlusstypen sind dagegen nicht Gegenstand dieses Artikels.

> Indem man die Membranen mit einem Klebeband und einer Lattung aneinander anschließt, bleibt die Luftdichtheit erhalten.

Es gibt verschiedene Bausysteme, die es ermöglichen, die gewünschten Leistungen zu erreichen, genauer gesagt:

- Wände, bei denen die Luftdichtheit gewährleistet wird durch den Innenputz (und ggf. durch den Außenputz) (*)
- Holzskelettwände, bei denen die Luftdichtheit gewährleistet wird durch Platten mit luftdicht gemachten Verbindungen (*)
- Holzskelettwände oder Schrägdächer, bei denen die Luftdichtheit durch eine Membran gewährleistet wird
- industrialisierte Systeme (z.B. selbsttragende Sandwichplatten, Betonwände) (*).

Um gute Energieleistungen zu erhalten, muss der Luftvolumenstrom bei einem Druckunterschied von 50 Pa kleiner sein als 0,1 m³/h pro m².

Die Windbelastungen und die hygrischen Schwankungen haben einen besonderen Einfluss auf die Entwicklung der Luftdichtigkeit.

Was die Windexposition betrifft, stellen wir in der nachstehenden Tabelle drei Expositionsklassen (A, B, C) vor, mit denen die Ermittlung der Belastungsniveaus möglich ist. Diese Klassen sind von der Lage und der Höhe des Gebäudes abhängig.

**A** | Windexpositionsklassen in Abhängigkeit der Lage und der Höhe des Gebäudes

| Gebäudehöhe | Geländerauigkeit (nach NBN EN 1991-1-4) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Stadt (IV) | Waldreiches Gebiet (III) | Freies ebenes Gelände (II) | Meeresrand (I und 0) |
| 0-9 m | A | A | B | B |
| 10-17 m | A | B | B | B |
| 18-24 m | A | B | B | B |
| 25-49 m | B | B | C | C |
| 50-100 m (*) | C | C | C | C |
| (*) Gebäude mit einer Höhe von mehr als 100 m erfordern eine spezifische Studie. | | | | |

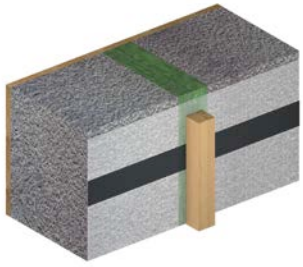
## Beispiel für Skelettwände, bei denen die Luftdichtheit durch eine Membran gewährleistet wird

Der Einsatz von Membranen zur Gewährleistung der Luftdichtheit ist eine gängige Praxis bei vielen Dächern und Skelettkonstruktionen. Neben der Durchgängigkeit der Dampfsperre haben die Befestigungstechniken einen beträchtlichen Einfluss auf die Luftdichtigkeit der Wände (siehe Tabelle B auf der nächsten Seite). Es bestehen jedoch zahlreiche Produkte, deren Eignung ab der Entwurfsphase bewertet werden muss.

*C. Mees, Ir., Projektleiter, Abteilung Energie, WTB*
*B. Michaux, Ir., stellvertretender Leiter der Abteilung Gebäudehülle und Schreinerarbeit, WTB*

(*) Für weitere diesbezügliche Informationen verweisen wir auf Les Dossiers du CSTC 2015/3.8.

**B** | Skelettwände, bei denen die Luftdichtheit durch eine Membran gewährleistet wird

| Anbringungstechniken | | Maximale Windexpositionsklasse | Maximale Raumklimaklasse |
|---|---|---|---|
| | Das Anklammern der Membranen erfolgt in den massiven Teilen der Wand (1). | A | III |
| Die angeklammerten Teile werden durch eine Lattung verstärkt. | | C | III |
| | Um ein gutes Einblasen der mit einer Luftdichtheitsmembran ausgestatteten Wände zu ermöglichen, wird eine horizontale Lattung angebracht. In dem Fall muss ein zusätzliches Klebeband auf den Klammern vorgesehen werden, um gute dauerhafte Leistungen zu erhalten. | C | III |
| | Die Überlappung zwischen zwei Membranen wird mithilfe eines ein- oder zweiseitigen Klebebandes realisiert (Befestigung mit Klammern ohne Lattung) (2). | B | III |
| | Die Überlappung zwischen zwei Membranen wird mithilfe einer Lattung verstärkt (auch bei einer Ausführung ohne Klebeband, beispielsweise wenn die Überlappung sich in Höhe einer durchgängigen Kittfuge befindet). | C | III, sogar IV (3) |
|  | Bei einer großen Anzahl von Dächern wird die Membran horizontal angebracht, um die Ausführung zu beschleunigen. Die Überlappung zwischen den Membranen wird mithilfe eines einseitigen Klebebands realisiert. Auf den Pfosten (senkrecht zum Klebeband) wird eine Lattung angebracht. | A | II |

(1) Bei einem Einblasen der Wände ohne zusätzlichen Schutz der angeklammerten Teile könnte nach dem Abschluss des Einblasvorgangs eine gewisse Durchlöcherung auftreten oder könnten sich sogar die Klammern lösen. Dieses Problem kann nach einer gewissen Zeit noch deutlicher zum Vorschein kommen.
(2) Für jeden Typ des Untergrunds muss die Verträglichkeit zwischen dem Klebeband und den Membranen überprüft werden.
(3) Sofern die Membranen und die Lattung mit diesen Raumklimaklassen verträglich sind.

**Dieser Artikel versucht bezüglich der Funktionen von Innenwänden aus Glas und deren Dimensionierungsweise für Klarheit zu sorgen. In der Langfassung dieses Artikels wird auch ein Beispiel von einer Dimensionierungstabelle auf Basis einer Stoßprüfungskampagne präsentiert, die an verschiedenen Innenwandaufbauten ausgeführt wurde.**

# Dimensionierung von **Innenwänden aus Glas**

Ziel der TI 242 ‚Ouvrages particuliers en verre' ist es, die Entwurfs-, Dimensionierungs- und Ausführungsregeln für verschiedene Typen besonderer Bauwerke aus Glas vorzustellen und die TI 214 und 221 zu ergänzen. Der erste Teil von ihr, der 2011 veröffentlicht wurde, ist strukturellen Anwendungen gewidmet (Bodenplatten und Treppenstufen, Bullaugen und Aquarien). Der zweite Teil, der näher auf Schaufenster, Türen und andere Glasaufbauten aus gehärtetem Glas eingeht, wird in Kürze erscheinen. Die mit der Redaktion dieser TI beauftragte Arbeitsgruppe bereitet gegenwärtig den dritten Teil vor. Darin richtet sich die Aufmerksamkeit einerseits auf Geländer (siehe Les Dossiers du CSTC 2013/4.5) und Trennwände und andererseits auf Innenwände aus Glas. In diesem Artikel liegt der Fokus auf diesem letzten Thema.

**1** | Innenwand aus Glas, die die Innenvolumen eines Gebäudes trennt

## Typen von Glas-Innenwänden

Glas-Innenwände sind leichte, nichttragende (*) vertikale Glaswände, deren Hauptfunktion es ist, Volumen innerhalb eines Gebäudes abzugrenzen (siehe Abbildung 1 und Trennwand A in Abbildung 2). Sie können teilweise oder vollständig aus verglasten Teilen aufgebaut sein. Obwohl es sich hier im Allgemeinen um Einfachglas handelt, können sie auch aus einer Isolierverglasung bestehen. Innenwände können außerdem Zonen mit einem verschiedenen Deckenniveau (Innenwand B) trennen oder an der Innenseite einer Wand (Vorsatzwand C) oder einer anderen Wand (zweischalige Wand) angebracht werden.

Vertikale Wände, die Innenvolumen eines Gebäudes vom Außenbereich trennen, sind Fassadenelemente und müssen nach den Vorschriften des WTB-Berichts Nr. 11 behandelt werden.

## Nutzungssicherheit und Einsatztauglichkeit von Glas-Innenwänden

Die Nutzungssicherheit und Einsatztauglichkeit sind zwei wichtige Anforderungen für Innenwände aus Glas, da sie die Sicherheit der Nutzer bei unfallbedingten Stößen gewährleisten müssen, die

(*) Dies ist eine Wand, die mit Ausnahme ihres Eigengewichts keine Belastungen überträgt und keinen Beitrag zur globalen Stabilität des Gebäudes leistet.

| Typ der Innenwand (siehe Abbildung 2) | Wahl des Glase | Differenzdruck | Weicher Stoß | Harter Stoß |
|---|---|---|---|---|
| Innenwand A: Kategorien A und B | X | X | Sack | X |
| Innenwand A: andere Kategorien | X | – | Sack | X |
| Innenwand B | X | – | Zwillingsreifen | X |
| Vorsatzwand C | X | – | – | – |

Bewertung von Innenwänden aus Glas (X: zu berücksichtigender Parameter)

## Die Nutzungssicherheit und Einsatztauglichkeit sind zwei wichtige Anforderungen für Innenwände aus Glas.

Verletzungen durch Kontakt oder durch Aus-dem-Fenster-Fallen zur Folge haben können.

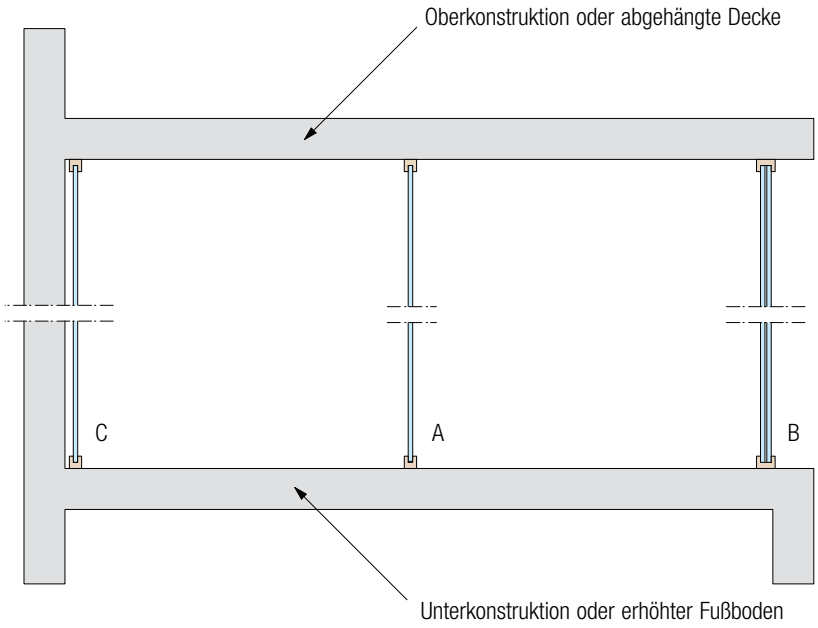
Die Bewertung dieser Risikoart muss – unabhängig vom Typ der Innenwand – auf Basis der Spezifikationen der Norm NBN S 23-002 (und ihrem Addendum) erfolgen, die den Glas- und Bruchtyp definiert, der in Abhängigkeit der Anwendung der Wand zu verwenden ist (siehe Infomerkblätter 49.1 bis 49.8). Für Glas-Innenwände muss man normalerweise auf gehärtetes Glas zurückgreifen, um das Risiko in Bezug auf Verletzungen durch entstehende Glasscherben zu vermeiden oder aber auf Verbundglas, falls das Risiko eines Sturzes real gegeben ist. Es müssen ebenfalls die Spezifikationen im Zusammenhang mit den Innenwänden berücksichtigt werden, die unter anderem angeben, ob ggf. weiche (mit Glaskugeln gefüllter abgerundeter kegelförmiger Sack von 50 kg oder Zwillingsreifen von 50 kg) und harte Stoßprüfungen (Stahlkugeln von 0,5 und 1 kg) auszuführen sind, und zwar in Abhängigkeit der Nutzungsklasse des Gebäudes und des Typs der Innenwand, um die Nutzungssicherheit, die Dauerhaftigkeit und die Einsatztauglichkeit zu garantieren.

Die Nutzungssicherheit von Innenwänden beinhaltet auch, dass diese einem Differenzdruck einen Widerstand entgegensetzen müssen, beispielsweise als Folge der zufälligen Öffnung eines Fensters in der Fassade bei starkem Wind. Diese Problematik wurde bereits in Les Dossiers du CSTC 2010/3.10 erwähnt. Obwohl die Wirkung dieses Differenzdrucks und des Drucks, der durch eine Menschenmasse und das Zuschlagen von Türen ausgeübt wird, gemäß der ETAG 003 (Leitlinie Nr. 003 für die Europäische Technische Zulassung für Bausätze für innere Trennwände zur Verwendung als nichttragende Wände) im Allgemeinen anhand der weichen Stoßprüfung mit einem schweren Körper bestimmt werden kann, möchten wir darauf hinweisen, dass das für die meisten Trennwände der Kategorien A (Wohnungen und Wohnzonen) und B (Büros), die im Eurocode 1 (NBN EN 1991-1-1) beschrieben werden, nicht der Fall ist.

Die verschiedenen Aspekte, die bei der Bewertung von Innenwänden aus Glas berücksichtigt werden müssen, sind in der obigen Tabelle zusammengefasst.

Die Langfassung dieses Artikels wird eine Tabelle enthalten, die eine Übersicht vom Glasaufbau (bei Verwendung von Verbundglas) und der Glasdicke (bei Verwendung von gehärtetem Glas) gibt, die in Abhängigkeit von der Höhe einer auf zwei Seiten aufliegenden Innenwand vorgesehen werden muss. Diese wird die Tabelle, die in Les Dossiers du CSTC 2010/3.10 aufgeführt ist, in dem Sinne ergänzen, dass neben der Windstabilität der Innenwände, auch deren Stoßfestigkeit berücksichtigt wird.

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




**2** | Vertikaler Schnitt, der die verschiedenen Typen von Glas-Innenwänden veranschaulicht (Quelle: ETAG 003)

Via CSTC-Mail (siehe www.cstc.be) bleiben Sie, was das Erscheinen der Langfassung dieses Artikels betrifft, auf dem Laufenden: Les Dossiers du CSTC 2015/3.9

**Die Anwendung von Außenfassaden-Dämmstoffsystemen, die aus Riemchen auf einem Dämmstoff bestehen, verzeichnet gegenwärtig ein bedeutendes Wachstum. Denn diese Systeme ermöglichen es, die Dicke der Fassade bei einem ähnlichen Wärmedämmniveau zu verringern, ohne deren ästhetischen Aspekt zu beeinträchtigen (siehe Les Dossiers du CSTC 2011/4.11). Neben den technischen und ästhetischen Betrachtungen kann auch die Umweltauswirkung einen wichtigen Einfluss auf die jeweilige Entwurfswahl und die Entwicklung der Gebäudetypologien haben. Dieser Artikel bespricht die Ergebnisse einer WTB-Studie über die Umweltauswirkung von Riemchen auf einem Dämmstoff.**

# Umweltauswirkung von Riemchen auf einem Außendämmstoff

## 1 Organisation der Studie

In dieser Studie wurde die Umweltauswirkung von Riemchen auf einem Dämmstoff mit einer Anzahl traditionellerer Fassadensysteme, wie z.B. gedämmten Hohlwänden und ETICS-Systemen (Putz auf Außendämmstoff) verglichen. Dieser Vergleich erfolgte anhand von Lebenszyklusanalysen (*Life Cycle Analysis*, LCA; siehe Infomerkblatt 64), einer Technik, die es gestattet, die Umweltauswirkung eines Produkts oder Gebäudeelements über seinen gesamten Lebenszyklus zu bewerten.

Als strukturelle Einheit für den Vergleich wurde jeweils von 1 m² der oben erwähnten Außenfassaden-Dämmstoffsystemen ausgegangen, und zwar über eine Lebensdauer von 60 Jahren. In diesem Artikel richten wir die Aufmerksamkeit auf Systeme, deren Wärmewiderstand der Außenwände die derzeitige PEB-Verordnung (U = 0,24 W/m².K) erfüllt. In der Langfassung dieses Artikels wird auch ein Vergleich mit Systemen gemacht, deren Außenwände einen Wärmedurchgangskoeffizienten U von 0,12 W/m².K aufweisen (was eine beträchtlich strengere Anforderung darstellt).

Das Referenzsystem ist aus auf den Außendämmstoff geklebten Riemchen aus gebranntem Ton mit einer Dicke von 2,2 cm aufgebaut, die zweiseitig aus 9 cm dicken Ziegelsteinen gesägt wurden. Dieses System wurde einerseits mit einer traditionellen gedämmten Hohlwand verglichen, die von einem Luftzwischenraum, Ankern und einer Verblendung bestehend aus Fassadenziegeln (9 cm dick) gebildet wurde und andererseits mit einem ETICS-System (siehe auch Les Dossiers du CSTC 2012/3.9). Zur Ermittlung der geforderten Dämmstoffdicke wurde immer eine Tragkonstruktion mit einem Wärmewiderstand von 0,39 m².K/W (z.B. Mauerziegel mit einer Putzschicht) zugrunde gelegt. Für jede der drei Alternativen wurden auch mehrere Varianten untersucht. Dabei wurde beispielsweise ein anderer Dämmstoff verwendet, oder es wurden Blendziegel mit einer anderen Dicke (6,5 cm statt 9 cm) angewendet, oder es wurde von einer unterschiedlichen Hypothese bezüglich des Produktionsprozesses der Riemchen (einseitig oder zweiseitig gesägt) ausgegangen. Schließlich wurde auch die Auswirkung eines eventuellen Ersatzes der Riemchen oder des Putzes analysiert.

## 2 Ergebnisse

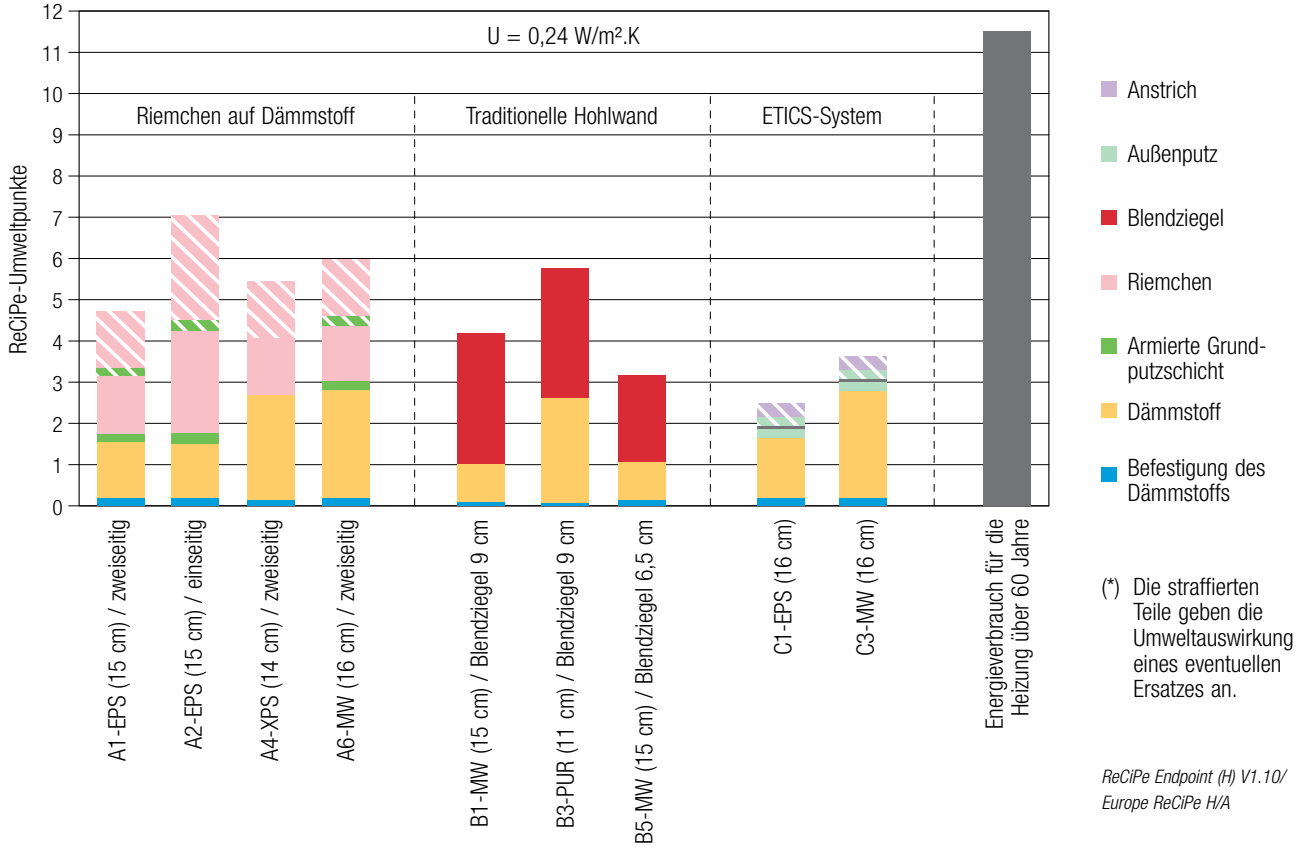
Die Grafik auf der nächsten Seite gibt mithilfe von ReCiPe-Umweltpunkten (siehe http://www.lcia-recipe.net/) die globale Umweltauswirkung der verschiedenen verglichenen Außenfassaden-Dämmstoffsysteme mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,24 W/m².K an, und zwar in Abhängigkeit ihres Aufbaus. Je höher der ReCiPe-Wert ist, desto größer ist die Umweltauswirkung.

> Es bestehen beträchtliche Unterschiede hinsichtlich der Umweltauswirkung der untersuchten Außenfassaden-Dämmstoffsysteme.

### *2.1 Einfluss der Materialien*

Aus der Grafik geht klar hervor, dass der gewählte Dämmstoff einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die gesamte Umweltauswirkung des Systems hat. Was die Varianten mit Riemchen betrifft, haben die Systeme mit extrudiertem Polystyrol (XPS) oder Steinwolle (MW) beispielsweise eine größere Auswirkung als die Systeme mit geschäumtem Polystyrol (EPS). Auch die gewählte Anwendung spielt eine wichtige Rolle. So hat die Verwendung von Steinwolle (MW) in einer traditionellen Hohlwand eine deutlich kleinere Umweltauswirkung als deren Anwendung bei einem Riemchen- oder ETICS-System. Das ist hauptsächlich dadurch bedingt, dass sich die Dichte der Steinwolle in den oben erwähnten Anwendungen stark unterscheidet: 30 kg/m³ bei Hohlwänden gegenüber 100 kg/m³ beim Riemchen- und ETICS-System. Bei Riemchen auf einem Dämmstoff bringt das Vorhandensein einer armierten Grundputzschicht, die die Regenabdichtung gewährleistet, außerdem noch eine leichte – um nicht zu sagen insgesamt vernachlässigbare – Erhöhung der Umweltauswirkung mit sich.

Globale Umweltauswirkung (in ReCiPe-Umweltpunkten) von verschiedenen Außenfassaden-Dämmstoffsystemen über eine Lebensdauer von 60 Jahren (*)




(*) Die straffierten Teile geben die Umweltauswirkung eines eventuellen Ersatzes an.

*ReCiPe Endpoint (H) V1.10/ Europe ReCiPe H/A*

### 2.2 Einfluss der Dicke der Blendziegel

Die Dicke der Blendziegel oder der Riemchen hat auch einen bedeutenden Einfluss auf die gesamte Umweltauswirkung des betrachteten Systems. So ergibt sich aus der Grafik, dass eine Hohlwand mit 9 cm dicken Blendziegeln eine größere Auswirkung hat, als eine Hohlwand mit 6,5 cm dicken Blendziegeln, die wiederum eine größere Auswirkung als ein System mit geklebten Riemchen von 2,2 cm Dicke hat. Auch der Produktionsprozess der Riemchen ist in diesem Zusammenhang ein wichtiger Faktor. So hat das einseitige Zuschneiden von traditionellen Blendziegeln (9 cm) zu Riemchen eine größere Umweltauswirkung zur Folge als das zweiseitige Zuschneiden derselben, da im ersteren Fall doppelt so viel Blendziegel erforderlich sind, um 1 m² der Wand zu verkleiden.

### 2.3 Einfluss eines eventuellen Ersatzes

Angesichts der nicht ausreichenden Erfahrung mit Riemchen auf einem Dämmstoff, ist es schwer einzuschätzen, wie sich diese Systeme im Laufe der Zeit verhalten werden. Aus einer Sensitivitätsanalyse hat sich jedoch ergeben, dass die Umweltauswirkung steigen wird, wenn man zu einem Ersatz der Riemchen während der Lebenserwartung von 60 Jahren übergeht (siehe straffierte Teile in der Grafik). Ein gleichzeitiger Ersatz des darunterliegenden Dämmstoffes lässt die Umweltauswirkung noch weiter ansteigen.

### 2.4 Einfluss der Wärmeverluste

Schließlich hat auch der Energieverbrauch für die Heizung über die betrachtete Lebensdauer von 60 Jahren einen Einfluss auf die Umwelt. In der Langfassung dieses Artikels wird beispielsweise nachgewiesen, dass ein niedrigerer U-Wert gleichzeitig für eine Verringerung der globalen Umweltauswirkung dank der starken Abnahme der Auswirkung des Energieverbrauchs sorgt, was die Wichtigkeit einer ausgereiften Gebäudedämmung deutlich macht.

## 3 Schlussfolgerung

Anhand der ausgeführten Studie hat sich herausgestellt, dass es beträchtliche Unterschiede hinsichtlich der Umweltauswirkung der untersuchten Außenfassaden-Dämmstoffsysteme gibt. Dennoch ist es nicht möglich, eine Verallgemeinerung für jedes System oder jeden Dämmstoff abzuleiten: Denn kein einziges System ist insgesamt betrachtet gut oder schlecht. Wir können allerdings folgern, dass sowohl die Wahl des Dämmstoffs, der Produktionsprozess des Riemchens als auch der eventuelle Ersatz während der Lebensdauer dabei eine wichtige Rolle spielen.

*L. Wastiels, Dr. Ir.-Arch., Projektleiter, Laboratorium Nachhaltige Entwicklung, WTB*
*A. Janssen, Dr. Sc., Projektleiter, Laboratorium Nachhaltige Entwicklung, WTB*
*Y. Grégoire, Ir.-Arch., Leiter der Abteilung Materialien, WTB*

*Diese Untersuchung wurde ausgeführt im Rahmen der Forschungsprojekte LCBuild und Innov-ETICS der Innoviris-Plattform ‚Brussels Retrofit XL' (www.brusselsretrofitxl.be)*

**Um die Arbeiten auf seiner Baustelle erfolgreich ausführen zu können, muss der Bauunternehmer nicht nur den Anforderungen seines Kunden entsprechen, sondern auch konkurrenzfähige Preise und leistungsfähige Ausführungszeiten unterbreiten. Dabei muss er allerdings darauf achten, dass er keine vorhergehenden Schritte überspringt, insbesondere nicht jene, die sich auf die Wahl des Natursteins beziehen, den er verwenden will.**

# Welche **Dokumente** benötigt man für eine erfolgreiche **Naturstein-Baustelle?**

Da es sich hier um ein natürliches Material handelt, das zahlreichen technischen und ästhetischen Variationen ausgesetzt ist, ist es von äußerster Wichtigkeit, dass der Bauunternehmer die Leistungen des Steins kontrolliert. In diesem Artikel versuchen wir die normativen und verordnungsrechtlichen Aspekte aufzuführen, die der Bauunternehmer in diesem Zusammenhang kennen muss.

## 1 Obligatorische Dokumente

Der Bauunternehmer muss einen Naturstein wählen, der die vom Planer vorgeschriebenen Leistungsanforderungen erfüllt. Diese Anforderungen müssen im Sonderlastenheft angegeben werden.

Bei öffentlichen Ausschreibungen kann der Bauunternehmer sich auf regionale Lastenhefte beziehen, in denen im Allgemeinen auf die geltenden europäischen Normen verwiesen wird. In dem Fall müssen die im Gebäude angewendeten Produkte den Vorschriften der normativen Dokumente entsprechen, die in der nachstehenden Tabelle angegeben sind.

Es existieren außerdem drei Normen in Bezug auf Produkte für den Straßenbau, nämlich die Normen NBN EN 1341 (Platten), 1342 (Pflastersteine) und 1343 (Bordsteine).

Der Bauunternehmer muss sich beim Lieferanten informieren über:

- die Übereinstimmung der Lieferung mit den europäischen Anforderungen und Verpflichtungen (CE-Kennzeichnung)
- die Verfügbarkeit der DOP (*Declaration of Performance*) für diese Lieferung (siehe Abbildung auf der nächsten Seite).

Die DOP bindet den Hersteller an die Leistungen seines Produkts. In dieser Erklärung, die ein entscheidendes Hilfsmittel für alle beteiligten Baupartner darstellt, sind die wesentlichen Produktmerkmale angegeben, und zwar übereinstimmend mit den anwendbaren harmonisierten technischen Spezifikationen. Auf diese Weise ist es für den Nutzer (oder den Vorschreiber des Produkts) möglich, ein Produkt mit dem Wissen über die deklarierten Leistungen für die vorgesehene Anwendung zu wählen.

Die DOP muss unter anderem die folgenden Informationen enthalten:

- die Referenzangabe des Produkttyps, für den die DOP verfasst wurde. Neben der kommerziellen Bezeichnung des Steins muss der Lieferant auch dessen petrografische Bezeichnung angeben
- die Referenznummer und das Erscheinungsdatum der harmonisierten Norm, die für die Bewertung von jedem wesentlichen Merkmal genutzt wird, und ggf. der verwendeten spezifischen technischen Dokumentation und die Anforderungen, denen das Produkt entspricht
- die Liste der wesentlichen Merkmale wie sie in der betreffenden harmonisierten Norm für die deklarierte vorgesehene Nutzung definiert sind
- die Leistungen der wesentlichen Merkmale des Bauprodukts, die für die beabsichtigte Anwendung von Bedeutung sind (Mittelwert und minimal/maximal zu erwartender Wert). Für Fassadenverkleidungen ist es anhand der Biegefestigkeit und des Verankerungswiderstandes beispielsweise möglich, zu kontrollieren, ob die gewählten Abmessungen der Elemente der Windbelastung des Gebäudes standhalten können
- die wesentlichen Merkmale, die nicht durch den Lieferanten deklariert werden, werden durch die Buchstaben NPD (*No Performance Determined*) angegeben.

Die DOPs werden unter der ausschließlichen Verantwortung des Herstellers/Lieferanten verfasst, der das Dokument auch unterzeichnen muss. Auf diese Weise kann der Bauunternehmer darauf vertrauen, dass die deklarierten Werte den Merkmalen des gelieferten Steins entsprechen. Die DOP basiert nämlich auf den Ergebnissen der Dauerhaftigkeitsprüfungen der vergangenen zehn Jahre einerseits und der Charakterisierungsprüfungen (Dichte-Porosität, Druck und Biegung) der letzten zwei Jahre andererseits. Dies ist sehr wich-

Verschiedene Bauprodukte und die betreffende europäische Norm

| Produkt | Europäische Norm |
|---|---|
| Wandbekleidungsplatten | NBN EN 1469:2015 |
| Modulare Fliesen | NBN EN 12057:2015 |
| Boden- und Treppenbekleidungsplatten | NBN EN 12058:2015 |
| Mauerwerkselemente | NBN EN 771-6:2011 |

Fiktives Beispiel einer DOP für ein Natursteinprodukt

**Leistungserklärung**
**Nr. 001CPR2015-06**

1. **Eindeutiger Identifikationscode des Produkttyps:** *SYB GJ 6996*
2. **Typen-, Los- oder Seriennummer oder jedes andere Identifikationselement für das Bauprodukt, wie im Artikel 11 vorgeschrieben:** *Gelber Granit aus XXX*
3. **Beabsichtige Anwendung(en) des Bauprodukts, in Übereinstimmung mit der anwendbaren harmonisierten Spezifikation, wie vom Hersteller vorgesehen:**
   *Natursteinplatten zur Verwendung als Wandverkleidung für die Innenausführung von Wänden und Decken*
4. **Deklarierte Leistungen:**

| Wesentliche Merkmale | Normen | Leistungen | | | | Harmonisierte technische Spezifikationen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | E- | Mittelw. | σ | Einheit | |
| Petrografische Analyse | EN 12407 | Granit | | | | EN 1469:2015 |
| Scheinbare Dichte | EN 1936 | NPD | 2780 | NPD | kg/m³ | |
| Porosität | | NPD | 0,8 | NPD | % vol | |
| Biegefestigkeit | EN 12372 | 11 | 14 | 1,4 | mPa | |
| Biegefestigkeit nach Frost | | NPD | 13 | NPD | mPa | |
| Frostbeständigkeit | EN 12371 | NPD | 168/168 | NPD | Cycli | |
| Biegefestigkeit nach Wärmeschockwirkungen | EN 14066 | NPD | 9 | NPD | % | |
| Verankerungswiderstand | EN 13364 | 800 | 1200 | 190 | N | |

*E-: minimal zu erwartender Wert* *NDP: No Performance Determined (keine Leistung deklariert)*

Diese Leistungserklärung wurde unter der ausschließlichen Verantwortung des Herstellers verfasst:
[Name des Herstellers] – [Adresse]

Unterzeichnet für und im Auftrag des Herstellers von:

tig, da die Variation der Steinmerkmale innerhalb des ein und desselben Steinbruchs beachtlich sein kann (was beispielsweise der Fall bei vielen Sedimentgesteinen ist).

In diesem Stadium hat der Bauunternehmer alle erforderlichen Informationen bezüglich des zu realisierenden Projekts zusammengetragen und kann sich eine klare Vorstellung von den gestellten Anforderungen für die gegebene Anwendung machen.

## 2 Zusätzliche Dokumente

### 2.1 Technisches Merkblatt

Das technische Merkblatt, für das kein vorgegebenes Format besteht, enthält im Allgemeinen ergänzende Informationen zur DOP, genauer gesagt:

- ein Herkunftszertifikat, das den Abbauort angibt. Diese Information ist insbesondere für Steine mit allgemeinen Bezeichnungen, wie z.B. ‚vietnamesischer Stein' oder ‚burgundischer Stein', wichtig
- die Angabe des Verarbeitungsorts
- zusätzliche Prüfungen, die nicht von der DOP verlangt werden
- eine detaillierte Beschreibung der zulässigen Besonderheiten hinsichtlich des Aussehens
- spezifisch zu beachtende Punkte
- spezifische Vorschriften für die Verlegung oder die Pflege des Materials.

Wir möchten darauf hinweisen, dass die TI 228 mehr als 60 technische Merkblätter von den Natursteinen umfasst, die in unserem Land am häufigsten verwendet werden. Diese Merkblätter können kostenlos auf unserer Website (www.cstc.be) konsultiert werden.

### 2.2 Freiwillige Zertifizierung

In Belgien existiert auch ein freiwilliges Zertifizierungssystem für Naturstein in Form der ATG-BENOR-Marke. Dieses System erhöht das Vertrauensniveau in Bezug auf die Produktkonformität, und zwar dank einer ständigen externen Kontrolle (Besichtigung des Steinbruchs und Durchführung regelmäßiger Prüfungen).

Durch die Wahl eines Materials, das über eine ATG-Zulassung verfügt, hat der Bauunternehmer mehr Garantien über die intrinsischen Merkmale des Steins, vor allem wenn die natürliche Variation desselben sehr ausgeprägt ist. Die Liste der geltenden ATGs ist verfügbar auf der Website der ‚Union belge pour l'agrément technique dans la construction' (www.ubatc.be).

### 2.3 Vertragliches Prüfstück

Der Bauunternehmer muss – neben den technischen Merkmalen – auch die Wünsche des Bauherrn in Bezug auf das Aussehen erfüllen. Denn viele Streitigkeiten entstehen, weil kein vorheriges Einverständnis über die akzeptierbaren Aussehensmängel besteht.

Ein Referenzprüfstück, das dem Angebot hinzugefügt wird, dient dazu, die Grenzen für die Aussehensunterschiede festzulegen. Dieses Referenzprüfstück (oder ‚vertragliches Prüfstück') besteht in der Regel aus mindestens drei ausreichend großen Elementen und darf durch den Kunden während der Arbeiten nicht mehr geändert werden. Denn eine Anpassung von beispielsweise der Farbe oder der Korngröße ist mit zusätzlichen Kosten aufgrund der strengeren Auswahl (erste oder zwei Wahl) beim Lieferanten verbunden.

*D. Nicaise, Dr. Sc., Leiter des Laboratoriums Mineralogie und Mikrostruktur, WTB*

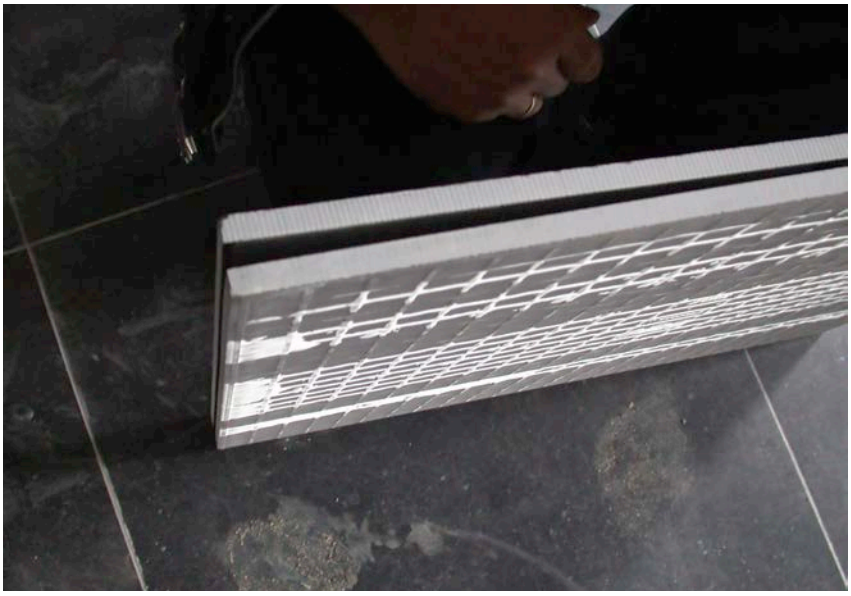
**Niveauunterschiede zwischen angrenzenden Bodenfliesen können verschiedene Unannehmlichkeiten verursachen. So können sie – insbesondere im Falle von Fliesen mit rechtwinkligen Rändern, die mit engen Fugen verlegt sind – als unästhetisch betrachtet werden, sich beim Begehen als störend erweisen und sogar zu Beschädigungen führen, wenn sie von Transportmitteln mit kleinen harten Rädern befahren werden. Deshalb sind objektive Bewertungsmethoden und Kriterien erforderlich, um im Voraus klare Vereinbarungen treffen und so Auseinandersetzungen auf der Baustelle schlichten zu können.**

# Zulässige Niveauunterschiede zwischen geklebten keramischen Bodenfliesen

## Einflussparameter

Niveauunterschiede zwischen Bodenfliesen sind nicht nur die Folge der Sorgfalt, die bei der Verlegung aufgewendet wurde. Denn es gibt noch zahllose andere Einflussparameter, die dabei eine Rolle spielen.

Denken wir hierbei zunächst bloß an die Ebenheit des Estrichs. So wird es bei einer Verlegung mit einem Dünnbettmörtel nur in sehr begrenztem Maße möglich sein, die Unebenheiten im Untergrund zu eliminieren. Die Verwendung eines doppelten Klebeauftrags oder eines Mörtelklebers, der in größeren Dicken angebracht werden kann, kann in diesem Zusammenhang ein etwas besseres Ergebnis liefern.



Großformatige Keramikfliese mit einer bedeutenden Ebenheitsabweichung

Auch die Ebenheitsabweichungen der Fliesen selbst, gemessen längs der Fliesenränder, können zu Niveauunterschieden in dem fertigen Fliesenboden führen. Die Toleranzen für Fliesen sind in der Norm NBN EN 14411 ‚Keramische Fliesen und Platten. Begriffe, Klassifizierung, Eigenschaften, Konformitätsbewertung und Marken' angegeben. Für großformatige Fliesen können die Ebenheitsabweichungen der Ränder relativ groß sein (bis zu 2 mm, siehe Foto). Wenn hohe Ebenheitsanforderungen an den fertigen Bodenbelag gestellt werden, ist es daher erforderlich, Fliesen zu wählen, die strengere Toleranzen einhalten (siehe Tabelle auf der nächsten Seite).

Das zur Anwendung kommende Fugenmuster übt ebenfalls einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Niveauunterschiede zwischen zwei angrenzenden Fliesen aus. Dies gilt besonders wenn die eingesetzten Fliesen beträchtliche Ebenheitsabweichungen aufweisen. Wenn man sich für ein Muster mit sich kreuzenden Fugen entscheidet, kann man sogar bei einer perfekten Verlegung auf einem ganz ebenen Untergrund nicht vermeiden, dass die Unebenheiten der Fliesen dort, wo sich die Fugen kreuzen, Niveauunterschiede hervorrufen.

> Ebenheitsabweichungen der Fliesen können zu Niveauunterschieden in dem fertigen Fliesenboden führen.

Wir möchten darauf hinweisen, dass die Verwendung von Fliesen mit abgeschrägten oder abgerundeten Rändern dafür sorgen kann, dass einerseits die etwaigen Niveauunterschiede weniger auffallen, und dass andererseits das Risiko in Bezug auf die Schädigung der Ränder und das Stolpern abnimmt. Auch die Anwendung von breiten Fugen trägt dazu bei.

> Die zulässigen Niveauunterschiede müssen es ermöglichen, ab der Entwurfsphase, die richtige Wahl zu treffen.

## Kriterien

Entsprechend der Ebenheitsklasse des Untergrunds, der Ebenheitstoleranzen der Fliesen und der gewählten Verlegemethode (mit durchlaufenden oder sich kreuzenden Fugen) lassen sich verschiedene Toleranzklassen für den verfliesten Boden unterscheiden. Dies ermöglicht es, die jeweilige Wahl beim Entwurf auf das gewünschte Endergebnis abzustimmen. So könnte man strengere Anforderungen bei verfliesten Böden auferlegen, auf denen Rollmaterial eingesetzt wird (z.B. Großküchen, Ladenräume) oder Niveauunterschiede sich als störend erweisen (z.B. Einrichtungen des Gesundheitswesens).

Die nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die Ebenheitstoleranzen eines aus geklebten keramischen Fliesen bestehenden Bodenbelags sowie über die zulässigen Niveauunterschiede zwischen den angrenzenden Fliesen.

Wenn keine andere Bestimmungen in den vertraglichen Dokumenten angegeben sind, kommt im Allgemeinen die ‚Standard'-Toleranzklasse zur Anwendung. Wenn der Auftraggeber es aber vorzieht, die ‚strenge' Toleranzklasse anzuwenden, muss auch ein Estrich ausgeführt werden, der der Ebenheitsklasse 1 (3 mm/2 m) entspricht. Ferner muss man dann Fliesen mit geringeren Maßabweichungen einsetzen. Die Eignung der gewählten Fliesen und des vorhandenen Untergrunds muss zuvor vom Fliesenleger überprüft werden. Wir möchten darauf hinweisen, dass die in der nachstehenden Tabelle angegebenen Fliesentoleranzen manchmal bedeutend strenger sind als die zulässigen Abweichungen aus der Norm NBN EN 14411.

Eine Ausführung gemäß der ‚großen' Toleranzklasse (z.B. wenn die gewählten Fliesen und/oder der vorhandene Untergrund große Ebenheitsabweichungen aufweisen) ist nur mit dem Einverständnis des Auftraggebers möglich. In dem Fall werden die Fliesen vorzugsweise mit breiten Fugen (› 6 mm) verlegt, um den störenden Effekt der möglichen Niveauunterschiede zu verringern.

## Schlussfolgerung

Klare Vereinbarungen bezüglich der zulässigen Niveauunterschiede zwischen angrenzenden Fliesen ermöglichen es, die jeweilige Wahl beim Entwurf (Fliesentyp, Ebenheit des Untergrunds und Fugenmuster) auf die Kundenerwartungen abzustimmen und eventuelle Auseinandersetzungen nach der Ausführung der Arbeiten zu vermeiden.

Für zusätzliche Informationen verweisen wir den interessierten Leser auf die Normen-Außenstellen ‚Tolérances et aspect' (*Eye Precision*) und ‚Parachèvement', die bezuschusst werden vom FÖD Wirtschaft (www.normes.be).

*T. Vangheel, Ir., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Rohbau- und Ausbaumaterialien, WTB*
*J. Van Den Bossche, Ing., Hauptberater, Abteilung Technische Gutachten, WTB*
*J. Wijnants, Ing., Leiter der Abteilung Technische Gutachten, WTB*

| Toleranzklasse | Toleranzen bezüglich des fertigen Bodens | | Anforderungen an den Untergrund, die Fliesen und die Verlegungsmethode | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Ebenheit | Niveauunterschied | Estrich | Fliesentoleranz (2) | Fugenmuster |
| Groß (1) | 5 mm / 2 m | 2 mm | • Ebenheitsklasse 2 für Fliesen bis 300 x 300 mm²<br>• Ebenheitsklasse 1 für größere Fliesen | Max. 1,4 mm | Durchlaufende Fugen |
| | | | | Max. 1,2 mm | Sich kreuzende Fugen |
| Standard | 4 mm / 2 m | 1,5 mm | • Ebenheitsklasse 2 für Fliesen bis 300 x 300 mm²<br>• Ebenheitsklasse 1 für größere Fliesen | Max. 1,0 mm | Durchlaufende Fugen |
| | | | | Max. 0,8 mm | Sich kreuzende Fugen |
| Streng | 3 mm / 2 m | 1 mm | Ebenheitsklasse 1 | Max. 0,6 mm | Durchlaufende Fugen |
| | | | | Max. 0,4 mm | Sich kreuzende Fugen |

(1) Nur mit dem Einverständnis des Auftraggebers. In dem Fall werden die Fliesen am besten mit breiten Fugen verlegt, um die störende Wirkung der Niveauunterschiede zu verringern.
(2) Empfohlene Ebenheitstoleranz für Fliesen bis 1.200 x 1.200 mm².

Ebenheitstoleranzen eines geklebten Bodenbelags aus keramischen Fliesen und zulässige Niveauunterschiede zwischen den angrenzenden Fliesen

Via CSTC-Mail (siehe www.cstc.be) bleiben Sie, was das Erscheinen der Langfassung dieses Artikels betrifft, auf dem Laufenden: Les Dossiers du CSTC 2015/3.12

**Im Idealfall – und um Auseinandersetzungen und Streitigkeiten zwischen Kunden, Lieferanten und Ausführenden zu vermeiden – müsste die Endfarbe eines Anstrichs sich vor dem Beginn der Arbeiten auf eine eindeutige Weise definieren lassen können. Vor kurzem führten das WTB, das CoRI (*Coatings Research Institute*) und zwei andere universitäre Partner eine pränormative Studie durch, deren Ziel es war, die beste Methode für die Charakterisierung und die Beschreibung des Endergebnisses der verwendeten Ausbaumaterialien, u.a. Farbsystemen, zu definieren. Denn das Aussehen dieser Letzteren und die dafür geltenden Toleranzen sind häufig Gegenstand von Fragen, die der Abteilung Technische Gutachten des WTB vorgelegt werden.**

# Hin zu einer **objektiveren Bewertung von Farben** und den zulässigen Abweichungen

Das Aussehen eines Materials kann im Allgemeinen definiert werden auf Basis seiner Farbe – die hauptsächlich bestimmt wird durch ihre Bestandteile (den Pigmenten im Falle von Anstrichfarben) – seines matten oder glänzenden Charakters und seiner Oberflächenstruktur (glatt oder strukturiert).

Was Anstriche betrifft, kann die gewünschte Farbe auf zweierlei Weise definiert werden:

- zum einen durch die Nutzung von Farbkarten (RAL [1], Pantone-Farbpalette, ...). Es handelt sich dabei in gewissem Sinne um Kataloge von spezifischen Farben. Es existieren offizielle Karten, aber auch zahlreiche kleine Farbpaletten, die von Herstellern von Anstrichfarben angeboten werden. Hierbei ist jedoch Vorsicht geboten, da diese Farben nur zu Informationszwecken dienen und somit keine offiziell bescheinigte Referenz darstellen
- zum anderen dadurch, dass man die Farbe mithilfe von Spektrofotometern oder Kolorimetern misst, von denen es gegenwärtig zahlreiche tragbare und einfach auf der Baustelle einzusetzende Modelle gibt. Die Farbe wird dabei durch drei Koordinaten festgelegt, die im Allgemeinen je nach Wahl des auf dem Gerät gewählten Systems durch L*a*b* oder Y,x,y angegeben werden [2] [3].

In beiden Fällen ist es von äußerster Wichtigkeit, für das beabsichtigte Ergebnis eine Toleranz in Form einer zulässigen Farbabweichung zu vereinbaren. Denn wenn im Voraus keine Toleranz festgelegt und genehmigt wurde, könnten Farbabweichungen, die mit dem bloßen Auge wahrgenommen werden, zu Streitigkeiten führen.

## Zulässige Farbabweichungen

Es wird oft gesagt, dass wenn der Wert des ΔE*-Parameters größer ist als eine Einheit, die Farbunterschiede sichtbar werden. Dieser Parameter, der auf der Grundlage der gemessenen L*a*b*-Koordinaten berechnet wird, stimmt mit der globalen Bewertung des Unterschieds zwischen zwei Farben überein. Während der kürzlich ausgeführten pränormativen Studie hat eine umfassende Prüfungskampagne an hell- und dunkelfarbigen Anstrichfarben sowie an Anstrichfarben mit einer hohen Sättigung [4] (siehe Abbildung 2 und 3) nachgewiesen, dass dieser Wert viel zu hoch ist und dass Farbunterschiede schon wahrgenommen werden können bei ΔE*-Werten von 0,5 Einheiten (siehe Abbildung 1). Aus dieser Studie geht auch hervor, dass dieser ΔE*-Wert je nach Farbe unterschiedlich ist. Eine neue Formel zur Berechnung der Farbunterschiede, CIE 2000 ($\Delta E_{00}$) genannt, ermöglicht es, für verschiedene Farben homogenere Werte zu erhalten.

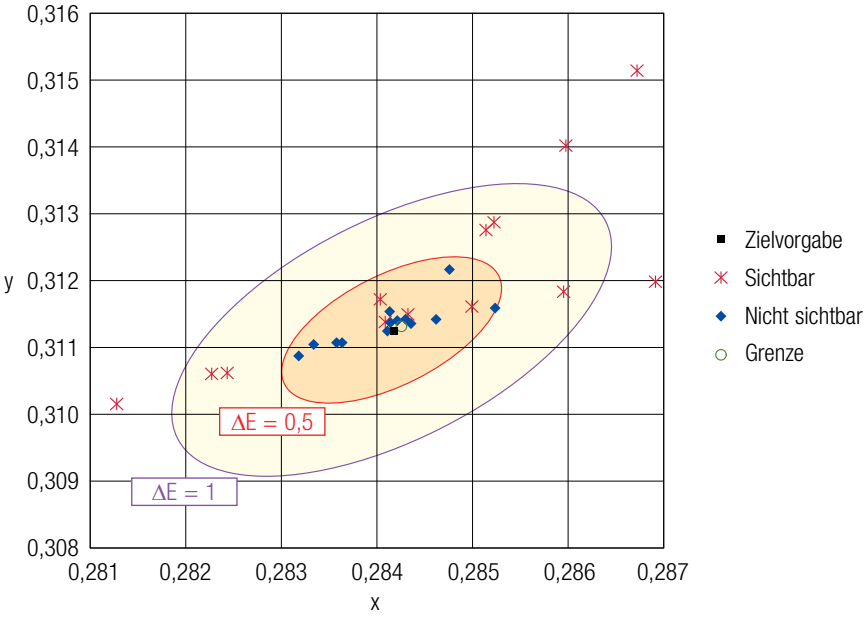
## Andere Einflussfaktoren

Moderne Spektrofotometer und Kolorimeter liefern automatisch die Farbkoordinaten (L*a*b*), aber auch die Variationen (ΔE* und $\Delta E_{00}$) in Bezug auf die gewünschte und gespeicherte Farbe.

Trotz der Messgeräte und angepassten Formeln bleibt der Vergleich von Farben verschiedener Materialien ein Vorgang, bei dem viele Faktoren mitspielen, die einen Einfluss auf die Farbe haben.

Denken wir dabei zunächst an das Metamerie-Phänomen, das auftritt, wenn die in der Anstrichfarbe vorhandenen Pigmente verschieden sind und das als

(1) RAL (*Reichsausschuss für Lieferbedingungen*) ist ein Farbensystem, das 1927 vom Vorläufer des heutigen Deutschen Instituts für Qualitätssicherung und Kennzeichnung entwickelt wurde.
(2) Wir möchten darauf hinweisen, dass leichte Variationen zwischen den Werten, die man mithilfe der verschiedenen Geräte erhält, wahrgenommen werden können. Diese können unter anderem durch die Abmessung der Messfläche bedingt sein. Um den Einfluss dieses Faktors zu begrenzen, ist es vorzuziehen, für alle Messungen das gleiche Gerät zu benutzen.
(3) Für weitere Informationen verweisen wir auf Les Dossiers du CSTC 2014/4.10.
(4) Diese sind reine Farbtöne, die im Allgemeinen weder Weiß, Schwarz oder Grau, noch eine Komplementärfarbe enthalten.




**1** | Beispiel für Bewertungsergebnisse von wahrnehmbaren Farbabweichungen im Raum Y,x,y und die Berechnung der betreffenden ΔE*-Werte

Folge einer Änderung der Beleuchtung zu einer Farbabweichung führt.

Ein zweiter Faktor, der die visuelle Wahrnehmung eines beliebigen Objekts beeinflusst, ist der Glanz. Denn der matte, seidenglänzende oder glänzende Charakter eines Anstrichs verursacht einen Farbunterschied, der von dem Winkel abhängig ist, aus dem man das Objekt betrachtet. Es ist daher sehr schwierig, Teile mit einem unterschiedlichen Glanz, wie z.B. eine matte Wand und einen seidenglänzenden oder glänzenden Fensterrahmen, farblich übereinstimmen zu lassen. In dem Fall müssen die Messbedingungen für jede Situation überprüft und angepasst werden.

Das gleiche Phänomen tritt auf, wenn die gestrichenen Untergründe eine unterschiedliche Rauigkeit aufweisen. Dieser dritte Faktor kann das Endergebnis des Anstrichs und somit seine Farbe beeinflussen.

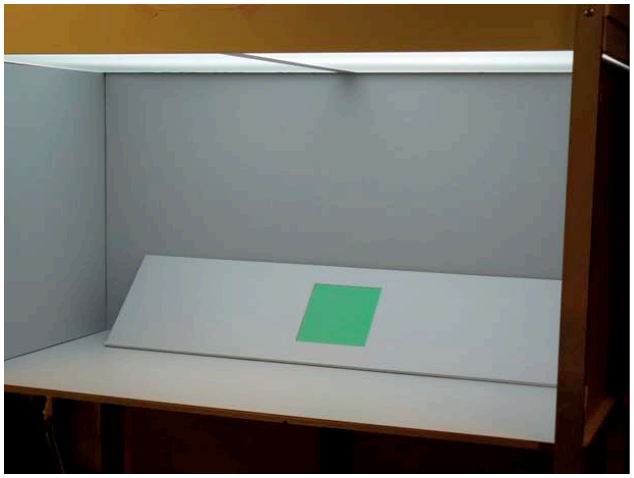
## Schlussfolgerung

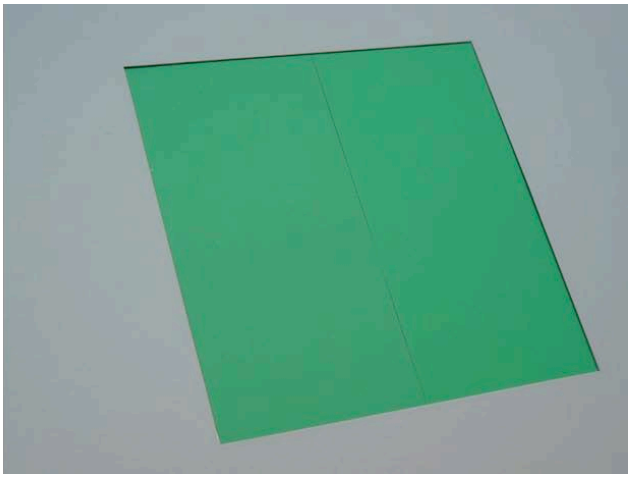
Um die Anzahl der Streitigkeiten im Zusammenhang mit der Farbe zu begrenzen, ist es unerlässlich, nicht nur das gewünschte Ergebnis möglichst gut zu definieren, sondern auch eine Toleranz festzulegen, die vom Kunden und dem Lieferanten als akzeptierbar betrachtet werden kann.

Die kürzlich ausgeführte Studie weist auf bloßer Basis von Farbmessungen nach, dass die im Allgemeinen akzeptierten Abweichungen für die in Gebäuden angewendeten Anstrichfarben beträchtlich und mit dem bloßen Auge wahrnehmbar sind. Deshalb wurde eine präzisere Bestimmung von diesen Toleranzniveaus ausgearbeitet. Um vollständig zu sein, müsste der Einfluss anderer Parameter, wie des Glanzes oder der Oberflächenstruktur, auch berücksichtigt werden. Diese Ergebnisse müssten nach geraumer Zeit als Basis zur Etablierung von Toleranzklassen – von beispielsweise ‚sehr streng' bis ‚wenig streng' – dienen können, die es ermöglichen, einerseits die Abweichungen während der Herstellung zu begrenzen und andererseits die Vereinbarung zwischen der Anforderung und dem Endergebnis auf eine eindeutigere Weise zu überprüfen.

In Erwartung der Veröffentlichung der definitiven Ergebnisse dieser pränormativen Studie und des Vorschlags für zulässige Toleranzwerte für die verschiedenen Farben kann die systematischere Anwendung von Prüfzonen mit repräsentativen Abmessungen für diese Problematik eine erste Lösung bieten.

*M.-C. Van Eecke, Ir., CoRI*
*E. Cailleux, Dr., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Holz und Coatings, WTB*
*Dieser Artikel wurde im Rahmen der Technologischen Beratungsdienste Suremat und COM-MAT, mit der finanziellen Unterstützung der Wallonischen Region, verfasst.*





**2** und **3** | Beobachtungsprüfung zwischen zwei gestrichenen Platten, die nebeneinander unter einer Lichtquelle D65 (natürliches Licht) zur Bestimmung der Wahrnehmbarkeit von Farbabweichungen angeordnet sind

**Mit Holzscheiten oder Pellets betriebene Zimmeröfen und Kamineinsätze können den Raum, in dem sie aufgestellt sind, direkt durch Strahlung und Konvektion heizen. Im Hinblick auf ihren ordnungsgemäßen Betrieb ist jedoch eine richtig dimensionierte Luftzufuhr und ein angepasster Rauchabzug erforderlich, um die Qualität der Verbrennung zu gewährleisten, den Ausstoß der Schadstoffe zu verringern und der vorzeitigen Verschmutzung der Rauchgaskanäle entgegenzuwirken.**

# Verbrennungsluftzufuhr für eine örtliche Heizung mit Holz

## Luftdichtheit des Verbrennungskreises

Örtliche, mit Holz betriebene Heizgeräte können nach der Weise, in der sie die Verbrennungsluft entnehmen, klassifiziert werden. Die verschiedenen Geräte und ihr Luftdichtheitsniveau sind in der Tabelle B auf der nächsten Seite aufgeführt.

Es wird empfohlen, ein Gerät vom geschlossenen oder luftdichten Typ zu installieren, das die Verbrennungsluft über einen Luftzufuhrkanal direkt der äußeren Umgebung entnimmt. Dieser Gerätetyp gestattet es nicht nur, das Risiko einer Wechselwirkung mit Lüftungssystemen mit mechanischer Absaugung zu begrenzen, sondern verhindert gleichzeitig auch einen möglichen Rückschlag von Rauchgasen in die Lebensräume. Angesichts dessen, dass das Luftdichtheitsniveau von Geräten vom geschlossenen Typ unbestimmt ist, kann man jedoch schwer ihr wirkliches Verhalten bei einer mechanischen Absaugung vorhersagen. Außerdem kann ihr Luftdichtheitsniveau je nach Modell variieren, und zwar in Abhängigkeit der zur Anwendung kommenden Techniken. Die meisten geschlossenen Geräte, die gegenwärtig auf dem Markt verfügbar sind, können nicht als luftdicht betrachtet werden.

## Dimensionierung der Luftzufuhr

Wenn die Verbrennungsluft direkt der äußeren Umgebung entnommen wird, indem ein Luftzufuhrkanal an das Gerät vom geschlossenen oder luftdichten Typ angeschlossen wird, muss dessen Verlegung gemäß der Empfehlungen des Herstellers erfolgen, die Vorgaben bezüglich dessen Typ, dessen minimalen Durchmesser, dessen maximaler Länge und der maximal zulässigen Anzahl von Bögen enthalten.

Gegenwärtig sind die meisten Geräte vom offenen Typ und entnehmen die Verbrennungsluft dem Aufstellungsraum. Dieser Letztere muss daher über eine Öffnung nach außen verfügen, die in Abhängigkeit von der Leistung des Geräts dimensioniert ist. Obwohl dies früher manchmal geschah, darf man heutzutage keinesfalls mit Luftinfiltrationen durch die Gebäudehülle rechnen, um einen ausreichenden Volumenstrom zu gewährleisten. Denn die Luftdichtheit der modernen Gebäude ermöglicht es nicht mehr, die erforderlichen Volumenströme sicherzustellen und die von bestehenden Gebäuden kann durch spätere Renovierungsarbeiten, wie z.B. die Erneuerung der Fenster, das Anbringen einer Außendämmung oder die Realisierung einer Innenverkleidung, stark verbessert werden.

Die Luftzufuhröffnung des Geräts vom offenen Typ muss in einer Außenwand realisiert werden, und zwar am besten möglichst nahe an dem Zimmerofen oder Kamineinsatz, um Luftströme zu vermeiden. Sie muss außerdem mit einem Gitter ausgestattet werden, das das Eindringen von kleinen Tieren verhindert. Aus Sicherheits- und Gesundheitsgründen wird empfohlen, dass diese Öffnung nicht verschließbar ist. Diese Empfehlung, die sich aus der Wahl für ein Gerät vom offenen Typ ergibt, hat eine vorsehbare Auswirkung auf die Luftdichtheit des Gebäudes und muss folglich beim Festlegen des gewünschten Luftdichtheitsniveaus Berücksichtigung finden.

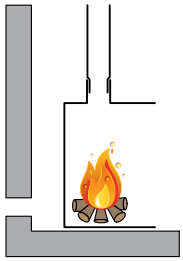
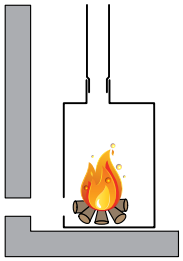
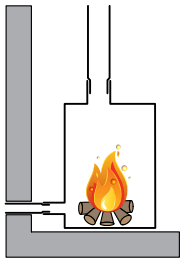
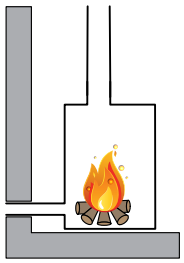
In der Praxis besteht eine Luftzufuhröffnung aus einem Außengitter, einem Kanal, der durch die Außenwand hindurchgeht und ggf. einem dekorativen Innengitter oder einem internen (z.B. im Estrich verlegtem) Kanal, der in der Nähe des Zimmerofens oder Kamineinsatzes herausgeführt wird. All diese Teile müssen in der Lage sein, den nominalen, für

> Die Anwendung von Geräten vom geschlossenen oder luftdichten Typ ist vorzuziehen.

**A** | Nominaler Verbrennungsluft-Volumenstrom in Abhängigkeit von der Leistung des Geräts

| Nennleistung [kW] | 5 | 7,5 | 10 | 12,5 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|
| Nominaler Verbrennungsluft-Volumenstrom [m³/h] | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Durchmesser des Gitters [mm] (Beispiel 1) | 125 | 125 | 150 | 160 | 200 |
| Durchmesser des Gitters [mm] (Beispiel 2) | 115 | 145 | 145 | 190 | 190 |

**B** | Die verschiedenen Geräte und ihr Luftdichtheitsniveau

| Beschreibung | Schematische Darstellung | Arbeitsprinzip |
|---|---|---|
| **Offene Wandkamine, bei denen die Verbrennungsluftzufuhr auf keinerlei Weise kontrolliert werden kann.**<br><br>Diese Geräte haben einen schlechten energetischen Wirkungsgrad, weshalb in diesem Artikel darauf nicht weiter eingegangen wird. |  | Offener Typ (nicht luftdicht).<br><br>Die Verbrennungsluft wird dem Aufstellungsraum entnommen. |
| **Zimmeröfen und Kamineinsätze, die ausgestattet sind mit einer beim normalen Betrieb geschlossenen Ladetür.**<br><br>Manche Wände können aus verglasten Elementen aufgebaut sein, damit man die Flammen sehen kann. Die Verbrennungskammer ist außerdem mit einer Regelungseinrichtung für die Luftzufuhr versehen, mit der es möglich ist, den Betrieb des Geräts einzustellen. |  | Offener Typ (nicht luftdicht).<br><br>Die Verbrennungsluft wird direkt dem Aufstellungsraum entnommen. |
| |  | Geschlossener Typ, bei dem das Luftdichtheitsniveau unbestimmt ist.<br><br>Die Verbrennungsluft wird über einen Luftzufuhrkanal der äußeren Umgebung entnommen. |
| |  | Luftdichter Typ: geschlossener Typ, bei dem die Luftdichtheit geprüft und nachgewiesen wurde.<br><br>Die Verbrennungsluft wird über einen Luftzufuhrkanal der äußeren Umgebung entnommen. |

eine gute Verbrennung erforderlichen Verbrennungsluft-Volumenstrom bei einem Druckunterschied von 3 Pa passieren zu lassen.

Um einen ordnungsgemäßen Betrieb sicherzustellen, erfordern Zimmeröfen oder Kamineinsätze einen Luftvolumenstrom von 4 m³/h pro Kilowatt Nutzleistung. Der Luftvolumenstrom, der in Abhängigkeit der Leistung des Geräts erforderlich ist, ist in der Tabelle A auf der vorherigen Seite angegeben.

Die meisten Lüftungsgitterhersteller geben den Volumenstrom (q) an, der bei einem Druckunterschied von 2 Pa ($q_{2Pa}$) realisiert werden kann. Der Volumenstrom bei einem Druckunterschied von 3 Pa ($q_{3Pa}$) liegt ungefähr 20 % höher. Die Tabelle A gibt beispielhaft auch die Durchmesser von zwei verschiedenen Gitterarten an, mit denen sich der richtige Volumenstrom erreichen lässt. Wir stellen fest, dass diese Gitter, die sich hinsichtlich des Entwurfs unterscheiden, für ein und denselben Volumenstrom eine andere Abmessung haben. Im Rahmen der zwei besprochenen Beispiele ist immer ein Durchmesser von mehr als 115 mm erforderlich.

## Schlussfolgerung

Geräte vom geschlossenen oder luftdichten Typ können die Verbrennungsluft mithilfe eines Luftzufuhrkanals direkt der äußeren Umgebung entnehmen, wodurch sie eine angepasstere Lösung für moderne luftdichte Gebäude sind. Für Geräte vom offenen Typ wird empfohlen, eine nicht verschließbare Öffnung vorzusehen. In den meisten Fällen kann die Öffnung nur anhand der vom Außengitterhersteller gelieferten Informationen dimensioniert werden. Wenn die Situation komplexer ist (z.B. wenn der Luftzufuhrkanal viele Bögen aufweist oder eine beachtliche Länge hat), müssen die Druckverluste genauer bestimmt werden. In der Langfassung dieses Artikels wird dafür ein Rechentool vorgestellt. I

*X. Kuborn, Ir., Projektleiter, Laboratorium Heizung und Lüftung, WTB*

Via CSTC-Mail (siehe www.cstc.be) bleiben Sie, was das Erscheinen der Langfassung dieses Artikels betrifft, auf dem Laufenden: Les Dossiers du CSTC 2015/3.14

**Ab dem 26. September 2015 werden die Ökodesign- und Energieetikettierungsrichtlinien, die wir inzwischen schon von zahllosen anderen Produkten wie z.B. Autoreifen und Kühlschränken kennen, auch für Geräte zur Erzeugung von sanitärem Warmwasser (SWW) in Kraft treten. Das bedeutet, dass Geräte, die nicht diesen Richtlinien entsprechen, ab diesem Zeitpunkt nicht mehr verkauft werden dürfen. In diesem Artikel gehen wir näher auf die Veränderungen ein, die diese Richtlinien für unsere SWW-Installationen mit sich bringen.**

# Ökodesign und Energieetikettierung für SWW-Erzeugungsgeräte

## 1 Europäische Richtlinien

Die europäische Ökodesignrichtlinie (2009/125/EG) wurde 2009 eingeführt und betrifft den ökologischen Entwurf von Produkten, die mit der Energie in Zusammenhang stehen. Die Energieetikettierungsrichtlinie (2010/30/EU) trat ihrerseits 2010 in Kraft und betrifft die Angabe des Energieverbrauchs von solchen Produkten. Beide Richtlinien wurden nachher um delegierte Verordnungen – welche die Nr. 812/2013 bzw. Nr. 814/2013 tragen – ergänzt, die die Anforderungen unter anderem für Warmwassertanks behandeln.

### *1.1 Ökodesign*

Für kleine bis mittelgroße SWW-Erzeugungsgeräte (das sind Geräte mit einer Nennwärmeabgabe bis 400 kW) auferlegt die Ökodesignrichtlinie, dass der Erzeugungswirkungsgrad anhand einer 24-Stundenprüfung ermittelt werden muss, und zwar unter Berücksichtigung des Kapazitätsprofils (von 3XS bis 4XL), für das das Gerät entworfen wurde. Diese Profile sind ihrerseits mit der Größe der sanitären Installation verknüpft. So werden in Einfamilienhäusern Profile von S bis einschließlich L verwendet. Ab September 2015 werden pro Kapazitätsprofil Mindestwirkungsgrade auferlegt werden. Die diesbezüglichen Anforderungen werden sich 2017 und 2018 noch verschärfen (siehe nachstehende Tabelle).

Außerdem werden eine Anzahl zusätzlicher Anforderungen auferlegt werden, wie z.B. akustische Anforderungen für Wärmepumpen, die im Außenbereich aufgestellt sind, sowie Anforderungen bezüglich der $NO_x$-Emissionen. Für Behälter bis 2000 Liter werden ab 2017 auch Maximalwerte für die Warmhalteverluste auferlegt werden.

### *1.2 Energieetikettierung*

Für kleinere SSW-Geräte und Warmwassertanks (bis 70 kW und 500 Liter), die für die Anwendung in Wohnungen bestimmt sind, wird auf Basis der Ökodesignergebnisse eine Energieeffizienzklasse – die von G (sehr energieverschwendend) bis A+++ (sehr energiesparend) reicht – zugewiesen. Ein Etikett, das die Klasse angibt, denen das Gerät angehört, muss auf das Letztere angebracht werden (siehe Beispiele in Abbildung 2).

Die Energieeffizienzklassen A+ bis ein-

| Kapazitätsprofil | Mindestwirkungsgrade | | |
|---|---|---|---|
| | 2015 | 2017 | 2018 |
| 3XS | 22 % | 32 % | – |
| XXS | 23 % | 32 % | – |
| XS | 26 % | 32 % | – |
| S | 26 % | 32 % | – |
| M | 30 % | 36 % | – |
| L | 30 % | 37 % | – |
| XL | 30 % | 37 % | – |
| XXL | 32 % | 37 % | 60 % |
| 3XL | 32 % | 37 % | 64 % |
| 4XL | 32 % | 38 % | 64 % |

Entwicklung der Mindestwirkungsgrade pro Kapazitätsprofil

**1** | Versuchseinrichtung zum Messen der SWW-Erzeugungswirkungsgrade nach dem Prinzip der Ökodesignrichtlinie

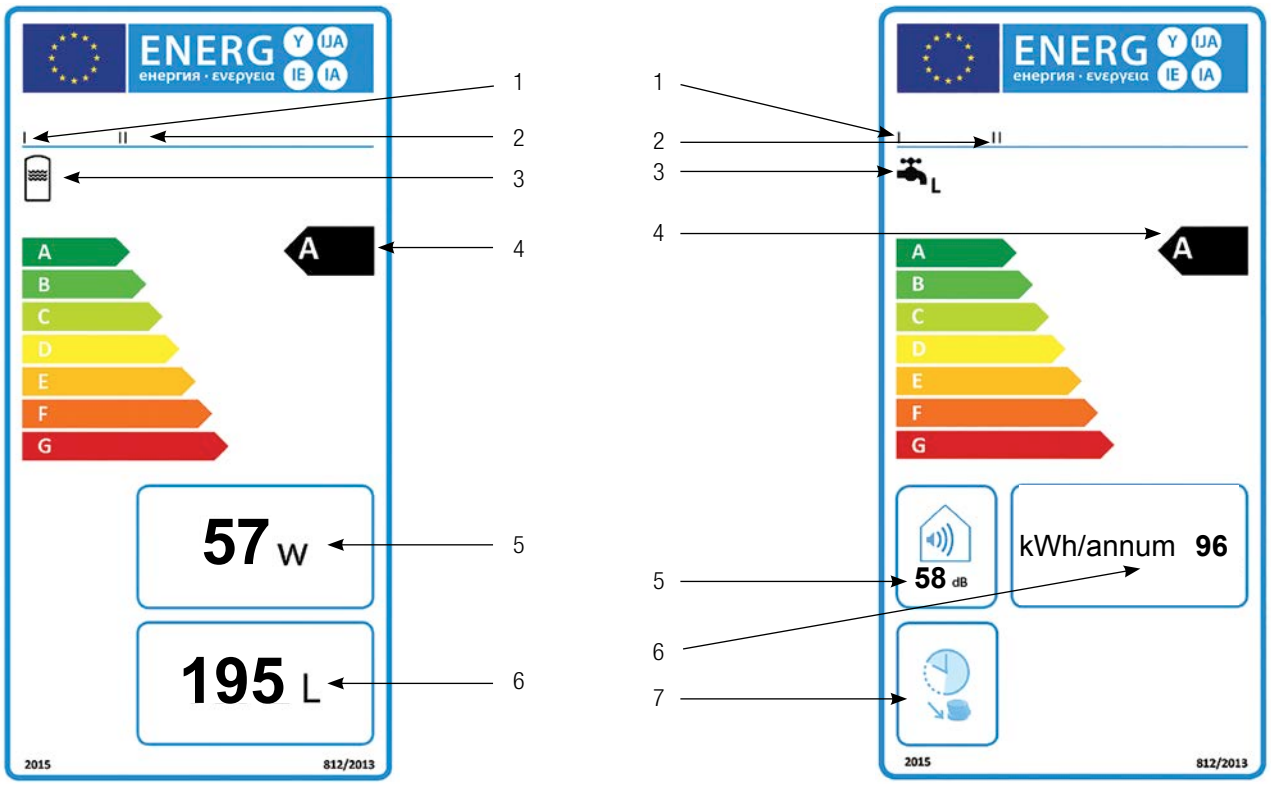
schließlich A+++ werden nur dauerhaften Geräten und Lösungen, wie z.B. Sonnenboilern, zugewiesen.

## 2 Kürzliche Untersuchung

Im Rahmen des TETRA-Projekts SSW (IWT 120145, siehe in diesem Zusammenhang auch www.tetra-sww.be) wurde an der Universität Antwerpen eine Prüfeinrichtung zur Bestimmung der SWW-Erzeugungswirkungsgrade nach dem Prinzip der Ökodesignrichtlinie entwickelt (siehe Abbildung 1).

Die Wirkungsgrade, die mit diesen Ökodesign-Kapazitätsprofilen erreicht wurden, wurden mit den Wirkungsgraden verglichen, die aus Kapazitätsprofilen hervorgingen, welche aus einer Anzahl kürzlicher WTB-Messungen abgeleitet wurden. Aus diesem Vergleich ergab sich, dass die erreichten Erkenntnisse in großem Maße übereinstimmten. Es ist hierbei jedoch von äußerster Wichtigkeit, dass das Gerät korrekt dimensioniert ist, d.h. dass es an die Größe der Sanitärinstallation angepasst ist. Denn bei überdimensionierten Geräten werden die auf dem Etikett angegebenen Wirkungsgrade im Allgemeinen nicht erreicht.

*B. Bleys, Ir., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Wassertechniken, WTB*




1. Name des Lieferanten oder Handelsmarke
2. Typ des Geräts
3. Wasserspeicherfunktion
4. Energieeffizienzklasse
5. Warmhalteverlust (in Watt)
6. Speichervolumen des Warmwassertanks (in Litern)

1. Name des Lieferanten oder Handelsmarke
2. Typ des Geräts
3. Wasserheizfunktion, einschließlich des angegebenen Kapazitätsprofils
4. Energieeffizienzklasse
5. Schallleistungspegel
6. Jährlicher Elektrizitätsverbrauch (in Kilowattstunden)
7. Angabe konventioneller Wasserheizgeräte, die ausschließlich während der bedarfsschwachen Zeiten arbeiten dürfen

**2** | Beispiele von Energieetiketten für einen Warmwassertank (links) und ein SWW-Erzeugungsgerät (rechts)

**Sanitärinstallationen in Gebäuden sind häufig eine Quelle von nicht erwünschten Geräuschen. In diesem Artikel werden einige einfache Entwurfs- und Ausführungsrichtlinien besprochen, die die Geräusche in Wasserversorgungsinstallationen begrenzen können. In einer Reihe zukünftiger Artikel werden wir näher auf Wasserabflussinstallationen, Leitungskanäle und die Schwingungsentkopplung von technischen Ausrüstungen eingehen.**

# Richtlinien zur Begrenzung der Geräusche in Wasserversorgungsinstallationen

## Ursachen

Geräusche in Wasserversorgungsinstallationen werden insbesondere durch das Auftreten von Turbulenzen in den Hähnen (z.B. von Waschbecken, Duschen, Bädern und Toiletten) verursacht und in geringerem Maße auch in den Leitungen in Höhe von Querschnittsänderungen, Bögen oder T-Stücken (siehe CSTC-Revue 1981/1). Diese Turbulenzen führen zu Druckschwankungen im Wasser, die die Leitungen und die Gebäudestruktur zum Schwingen bringen. Dadurch kann Schall auf die angrenzenden Räume, ja sogar auf die weiter weg gelegenen Räume übertragen werden. Auch durch eine plötzliche Unterbrechung der Strömung (z.B. bedingt durch die Schließung eines automatischen Ventils) können Stoßwellen in den Leitungen entstehen. Dieses Phänomen, das in der Regel mit einem kurzen Geräusch einhergeht, wird als Wasserschlag bezeichnet (siehe Les Dossiers du CSTC 2010/3.15).

## Entwurfsrichtlinien

Die Belästigung, die durch oben erwähnten turbulenten Strömungen hervorgerufen wird, kann dadurch vermieden werden, dass die Strömungsgeschwindigkeit verringert wird: für Kellergeschosse und Technikräume wird ein Durchflusswert vorgeschlagen von 2 m/s, für vertikale Kanäle von 1,5 m/s und für bewohnte Räume von 1 m/s (siehe Les Dossiers du CSTC 2010/3.15). Sollte die obige Verringerung der Geschwindigkeit nicht möglich sein, kann man noch auf die nachstehend angegebenen Lösungen zurückgreifen.

Vor allen Dingen muss der Wasserdruck an den Hähnen möglichst niedrig gehalten werden (maximal 3 bar). Dabei muss man aber darauf achten, dass der Mindestdruck für einen ordnungsgemäßen Betrieb bei Spitzendurchflüssen nicht unterschritten wird. Dieser Mindestdruck hängt von der Art der Hähne ab.

Darüber hinaus ist es vorzuziehen, Hähne der akustischen Klasse 1 (das ist die stillste Klasse nach der Norm NBN EN 817) zu wählen und starke Richtungsänderungen im Leitungsnetz zu vermeiden, indem man beispielsweise Bögen mit einem großen Radius statt Kniestücke verwendet (Reduzierung von ca. 5 dB).

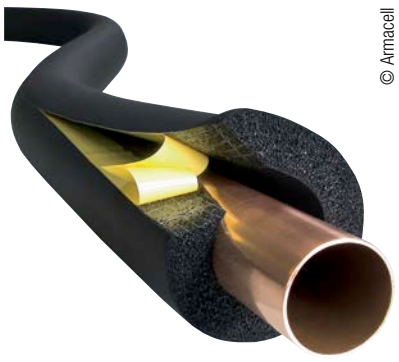
Ferner möchten wir noch darauf hinweisen, dass querschnittsverengende Anschlussstücke (z.B. bei Quetschverbindungen von Alu-PEX-Rohren) durch das Auftreten einer Hohlraumbildung zu einer extremen Erhöhung des Geräusch-

© Flamcogroup

**1** | Montageschelle mit Gummieinlage

© KME

**2** | Isoliermantel aus weichem, leicht gerilltem Kunststoff


© Armacell

**3** | Isolierschlauch aus elastischem Dämmschaum

4 | Befestigung von Hähnen und Leitungen im Luftzwischenraum einer Vorsatzwand

niveaus führen können, wodurch sie von einem akustischen Gesichtspunkt aus zu vermeiden sind, es sei denn dass die Strömungsgeschwindigkeiten niedriger als 1 m/s sind.

Das Auftreten eines Wasserschlags kann wiederum dadurch vermieden werden (siehe Les Dossiers du CSTC 2010/3.15):

- dass die Leitungslänge von der Entnahmestelle bis zur folgenden Verzweigung reduziert wird
- dass die Strömungsgeschwindigkeit über diese Länge verringert wird (z.B. durch Wahl eines größeren Durchmessers für diese Leitung)
- dass der Einsatz von schnellschliessenden Einrichtungen vermieden wird (z.B. automatisch schließende Ventile, bestimmte Einhebelmischbatterien) und dass stattdessen (relativ) langsam schließende Alternativen gewählt werden
- dass ein korrekt dimensionierter und montierter Wasserschlagdämpfer in der Nähe des Hahns oder Ventils eingebaut wird (z.B. bei einer Waschmaschine).

Schließlich wird empfohlen, Wasserleitungen immer an schweren Wänden zu befestigen. Dagegen ist eine Befestigung an Wänden, die Wohnungen voneinander trennen, untersagt, um keine Belästigung bei den Nachbarn hervorzurufen.

## Ausführungsrichtlinien

Auch bei der Ausführung müssen bestimmte Richtlinien eingehalten werden.

So ist es vom akustischen Gesichtspunkt weniger angezeigt, die Leitungen in den Wänden zu verlegen. Stattdessen wird eine Befestigung an der Wand mithilfe von Schellen mit einer elastischen Einlage (siehe Abbildung 1) vorgezogen. Denn im Vergleich zu starren Schellen sorgen sie bei Anbringung an Massivwänden für eine Verringerung von 4 bis 7 dB.

Wenn die Leitungen doch in eine Massivwand integriert werden, muss man sie mit einem angepassten Mantel versehen. Bei Kupferleitungen ist hierfür ein werksseitig angebrachter Kunststoffmantel ausreichend (Verringerung von ca. 6 dB, siehe Abbildung 2). Die Verwendung von Isolierschläuchen aus einem elastischen Dämmschaum bietet jedoch noch eine bessere Geräuschsenkung (Verringerung von ca. 13 dB, siehe Abbildung 3). Es ist darüber hinaus von äußerster Wichtigkeit, den Verzweigungen, Kniestücken und Anschlussstücken besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Diese müssen nämlich zusätzlich mit einem elastischen porösen Material umwickelt werden, um zu vermeiden, dass nach Abschluss der Mauerwerks- und Putzarbeiten zwischen der jeweiligen Leitung und der Wand akustische Brücken entstehen.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Leitungen in dem Luftzwischenraum von einer Vorsatzwand zu installieren, die von der Basiswand abgekoppelt ist. Diese Technik wird häufig bei Renovierungsarbeiten angewendet. In dem Fall wird empfohlen, die Endstücke der Leitungen am Skelett der Vorsatzwand zu befestigen (z.B. mittels Montageplatten) und jeden starren Kontakt mit der Basiswand zu vermeiden (siehe Abbildung 4).

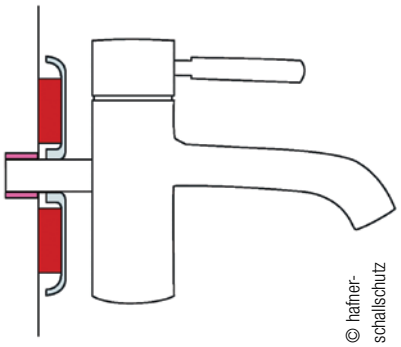
Die Leitungen, die durch die Wände oder den Boden hindurch geführt werden, müssen an diesen Stellen wiederum mit einem elastischen Material (ggf. mit Brandschutzeigenschaften, siehe TI 254) umhüllt werden, so dass auch in dem Fall kein starrer Kontakt mit den Wänden oder dem Boden entstehen kann.

Ferner kann das Anbringen eines flexiblen Schlauchs zwischen der Leitung und dem Hahn zu einer Verminderung von etwa 4 dB bei Massivwänden führen, vorausgesetzt, dass der Hahn und das Sanitärobjekt, auf dem dieser montiert ist, vom Rest der bautechnischen Konstruktion schwingungsentkoppelt sind (siehe Abbildung 5 und 6).

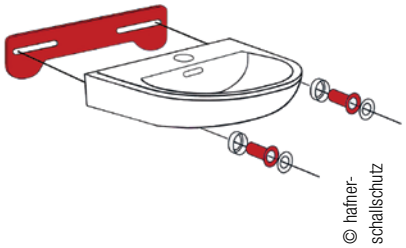
Schließlich ist es wichtig, ausreichende Dehnungsmöglichkeiten hinsichtlich der eingebauten metallischen Warmwasserversorgungsleitungen vorzusehen, um deren ‚Tickgeräusche' durch die Wärmeausdehnung zu vermeiden. ▮

*L. De Geetere, Dr. Ir., stellvertretender Leiter der Abteilung Akustik, WTB*

*Dieser Artikel wurde verfasst im Rahmen des Technologischen Beratungsdienstes ‚Eco-construction et développement durable' (bezuschusst durch InnovIRIS) und des Technologischen Beratungsdienstes COM-MAT ‚Matériaux et techniques de construction durables' (mit der finanziellen Unterstützung der Wallonischen Region).*




5 | Schwingungsentkoppelte Befestigung eines Hahns




6 | Schwingungsentkoppelte Befestigung eines Waschbeckens

**Um die Rentabilität seiner Projekte zu gewährleisten, muss der Bauunternehmer eine klare Vorstellung von den Kosten haben, die diese mit sich bringen. Eine regelmäßige Nachkalkulation oder Kostenkontrolle erweist sich diesbezüglich als wesentlich.**

# Nachkalkulation von Projektkosten

Im Gegensatz zur buchhalterischen Verfolgung der Kosten und Erträge, erfolgt die Nachkalkulation während der Ausführung der Arbeiten. Dies gibt dem Bauunternehmer die Möglichkeit, wenn er Unterschiede zwischen den in der Angebotsphase veranschlagten und den wirklichen Baustellenkosten feststellt, rechtzeitig dadurch gegenzusteuern, dass er die Baustellenorganisation anpasst oder eine andere Arbeitsmethode wählt. Außerdem versetzt diese Methode den Bauunternehmer in die Lage, die Ursachen dieser Unterschiede (Preissteigerungen, falsche Einschätzung der Nutzleistungen, ...) auf einfache Weise zu ermitteln.

## Wie erfolgt die Nachkalkulation?

Um eine korrekte Nachkalkulation vorzunehmen, muss man sowohl die direkten als auch die indirekten Kosten in die Berechnung einbringen.

### *Nachkalkulation der direkten Kosten*

Für die Nachkalkulation der direkten Kosten (der Materialkosten, der Arbeitskosten, der Maschinenkosten und der Fremdvergabekosten) werden die in der Angebotsphase veranschlagten Kosten mit den wirklich in der Ausführungsphase gemachten Kosten verglichen. Die Registrierung unter anderem der geleisteten Arbeitsstunden und des Verbrauchs werden manuell oder digital verarbeitet und analysiert. Um für einen schnellen Informationsfluss zu sorgen, ist eine angepasste Arbeitsmethode erforderlich und muss man sich auf eine gute gegenseitige Kommunikation stützen können. Für eine Übersicht von Bausoftware-Anwendungen, die dabei genutzt werden können, verweisen wir auf unsere Softwaredatenbank (www.cstc.be/go/techcomsoft).

Anhand der oben erwähnten Registrierungen lässt sich einfach ableiten, in wieweit die wirklichen Kosten von den geschätzten Kosten abweichen, in welchen Positionen des Projekts diese Abweichungen auftreten und was die wichtigsten Ursachen dafür sind. In der Regel handelt es sich dabei um:

- eine Abweichung der Nutzleistungen (z.B. falsche Einschätzung der Nutzleistungen, schlechte Witterungsverhältnisse, Änderung der Ausführungsmethode)
- eine Abweichung der Produktmengen (z.B. fehlerhaftes Aufmaß, Mehrarbeiten auf Wunsch des Kunden)
- eine Abweichung der Preise (z.B. Änderung der Materialpreise, Lohnindexierung).

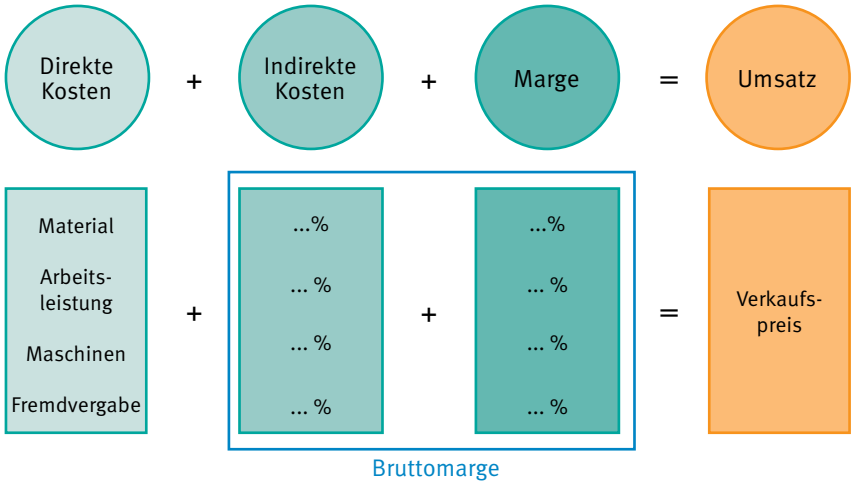
Ziel der Verfolgung der wirklichen direkten Kosten ist es, zu überprüfen, ob die geforderte Bruttomarge (Verkaufspreis – veranschlagte direkte Kosten) mit der wirklichen Bruttomarge (wirklich zu fakturierender Betrag – wirkliche direkte Kosten) im Einklang liegt. Die Bruttomarge wird als der Unterschied zwischen dem Verkaufspreis und den direkten Kosten definiert (siehe nachstehende Abbildung).

### *Nachkalkulation der indirekten Kosten*

Bei der Nachkalkulation muss man ebenfalls die indirekten Kosten berücksichtigen. Denn diese können einen beträchtlichen Prozentsatz des Gesamtumsatzes des Bauunternehmens ausmachen. Angesichts dessen, dass die indirekten Kosten nicht direkt den Projekten zugewiesen werden können (siehe Les Dossiers du CSTC 2014/4.16), muss deren Verfolgung auf periodischer Basis (z.B. vierteljährlich oder monatlich) erfolgen. Durch den Vergleich der veranschlagten indirekten Kosten mit den wirklichen indirekten Kosten kann der Bauunternehmer einen besseren Überblick über die Zuschlagsprozentsätze erhalten, die er bei seinen Angeboten verwenden muss.

*T. Vissers, Ing., Berater, Abteilung Verwaltung, Qualität und Informationstechniken, WTB*

*Weitere diesbezügliche Informationen erhalten Sie bei den Beratern der Abteilung Verwaltung, Qualität und Informationstechniken des WTB (gebe@bbri.be oder 02/716 42 11).*




Zusammensetzung des Verkaufspreises

# WTB-Veröffentlichungen

## Les Dossiers du CSTC

**2015/2.19** ‚Impact environnemental des toitures plates'
**2015/2.16** ‚Nouvelles règles relatives aux essais de pressurisation des bâtiments'
**2015/2.11** ‚Pose de carreaux minces XL et XXL'
**2015/2.5** ‚L'asphalte coulé en toiture-parking: enseignements et expériences du groupe de travail'
**2014/4.5** ‚ETICS sur ossature en bois'

## Infomerkblätter

**Nr. 72.2** ‚La reprise en sous-œuvre au moyen de fouilles blindées'
**Nr. 72.1** ‚Le rempiètement de fondations existantes'

## Schulung

**‚Certification de placeurs de portes résistant au feu'**:

- vier dreistündige Schulungseinheiten (insgesamt zwölf Stunden)
- von 16.30 bis 19.30 Uhr, am Montag, den 14., 21, 28. September und 5. Oktober 2015
- auf dem WTB-Versuchsgelände in Limelette (Avenue Pierre Holoffe 21)

Die Anmeldungen erfolgen mithilfe des Formulars in der Rubrik ‚Agenda' unserer Website oder bei J.-P. Ginsberg telefonisch (02/625.77.11), per Fax (02/655.79.74) oder per E-Mail (bcqs@bbri.be).

## 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.cstc.be)
- in gedruckter Form und auf USB-Stick.

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).

## Schulungen

- Für weitere Informationen zu den Schulungen wenden Sie sich bitte telefonisch (02/655.77.11), per Fax (02/653.07.29) oder per E-Mail (info@bbri.be) an J.-P. Ginsberg.
- Nützlicher Link: 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, B-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

wtb.be
Forscht • Entwickelt • Informiert

Wissenschaftliches und Technisches Bauzentrum

# Forscht • Entwickelt • Informiert

Das WTB bildet schon mehr als fünfzig Jahren den wissenschaftlichen und technischen Mittelpunkt des Bausektors. Das Bauzentrum wird hauptsächlich mit dem Mitgliedsbeitrag der 85.000 angeschlossenen belgischen Bauunternehmen finanziert. Dank dieser heterogenen Mitgliedergruppe sind fast alle Gewerke vertreten und kann das WTB zur Qualitäts- und Produktverbesserung beitragen.

## Forschung und Innovation

Eine Industrieaufgabe ohne Innovation ist wie Zement ohne Wasser. Das WTB hat sich deswegen entschieden, seine Forschungsaktivitäten möglichst nahe bei den Erfordernissen des Sektors anzusiedeln. Die Technischen Komitees, die die WTB-Forschungsarbeiten leiten, bestehen aus Baufachleuten (Bauunternehmer und Sachverständige), die täglich mit der Praxis in Berührung kommen.

Mithilfe verschiedener offizieller Instanzen schafft das WTB Anreize für Unternehmen, stets weitere Innovationen hervorzubringen. Die Hilfestellung, die wir anbieten, ist auf die gegenwärtigen gesellschaftlichen Herausforderungen abgestimmt und bezieht sich auf diverse Gebiete.

## Entwicklung, Normierung, Zertifizierung und Zulassung

Auf Anfrage von öffentlichen oder privaten Akteuren arbeitet das WTB auch auf Vertragsbasis an diversen Entwicklungsprojekten mit. So ist das Zentrum nicht nur bei den Aktivitäten der nationalen (NBN), europäischen (CEN) und internationalen (ISO) Normierungsinstitute aktiv beteiligt, sondern auch bei Instanzen wie der *Union belge pour l'agrément technique dans la construction* (UBAtc). All diese Projekte geben uns mehr Einsicht in den Bausektor, wodurch wir schneller auf die Bedürfnisse der verschiedenen Gewerke eingehen können.

## Informationsverbreitung und Hilfestellungen für Unternehmen

Um das Wissen und die Erfahrung, die so zusammengetragen wird, auf effiziente Weise mit den Unternehmen aus dem Sektor zu teilen, wählt das Bauzentrum mit Entschlossenheit den Weg der Informationstechnik. Unsere Website ist so gestaltet, dass jeder Bauprofi mit nur wenigen Mausklicks die gewünschte WTB-Publikationsreihe oder gesuchten Baunormen finden kann.

Eine gute Informationsverbreitung ist jedoch nicht nur auf elektronischem Wege möglich. Ein persönlicher Kontakt ist häufig noch stets die beste Vorgehensweise. Jährlich organisiert das Bauzentrum ungefähr 650 Informationssitzungen und Thementage für Baufachleute. Auch die Anfragen an unseren Beratungsdienst Technische Gutachten finden regen Zuspruch, was anhand von mehr als 26.000 geleisteten Stellungnahmen jährlich deutlich wird.


### Firmensitz

Rue du Lombard 42, B-1000 Brüssel
Tel.: 02/502 66 90
Fax: 02/502 81 80
E-Mail: info@bbri.be
Website: www.wtb.be

### Büros

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

- Technische Gutachten – Publikationen
- Verwaltung – Qualität – Informationstechniken
- Entwicklung – Valorisierung
- Technische Zulassungen – Normierung

### Versuchsgelände

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

- Forschung und Innovation
- Bildung
- Bibliothek

### 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)
- Digitales Dokumentations- und Informationszentrum für den Bau- und Betonsektor (Betonica)

### Brussels Meeting Centre

Boulevard Poincaré 79, B-1060 Brüssel
Tel.: 02/529 81 29