



**wtb.be**  
Forscht • Entwickelt • Informiert

# Kontakt

EINE AUSGABE DES WISSENSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN BAUZENTRUMS

2015/4



**Schlitzwände**  
S. 4-5

**Dachfenster**  
S. 10-11

**Entkopplungs-  
systeme**  
S. 22-23

**Wärmerück-  
gewinnung**  
S. 28-29



# Inhalt 2015/4

Fokus auf das neue  
Technische Komitee „BIM & ICT“ ..... 3



Spezifikation eines Betons für Schlitzwände ..... 4



Vorgefertigtes Mauerwerk ..... 6



Geotechnische Fallstudie:  
Monitoring der Oosterweel-Schürfgrube ..... 8



Welche Verglasung für ein Dachfenster? ..... 10



Das Flachdach: Überarbeitung der TI 215 ..... 12



Aus Platten auf Holzbasis bestehende Wände: Einfluss  
auf die Luftdichtheit und deren Dauerhaftigkeit ..... 14

Im Fokus + FAQ ..... 16



Dauerhaftigkeit von Holzfenstern mit hohen  
Energieleistungen ..... 18



ETICS-Systeme mit harten Belägen ..... 20



Entkopplungssysteme für Fliesenböden ..... 22



Können Anstrichfarben den thermischen Komfort  
verbessern? ..... 24



Berechnung der Wärmeverluste: Ersatz der Norm  
NBN B 62-003 durch die Norm NBN EN 12831 ..... 26



Wärmerückgewinnung aus Abwasser ..... 28



Fassung 2015 der Norm ISO 9001: kontinuierliche  
Verbesserung Ihres Qualitätsmanagementsystems ..... 30

# Fokus auf das neue Technische Komitee ‚BIM & ICT‘

Es herrscht gegenwärtig viel Aufregung über die Digitalisierung des Bausektors. Der BIM-Prozess (*Building Information Model / Modelling / Management*) trägt dazu bei, indem er die Art und Weise, wie Gebäude entworfen, gebaut und verwaltet werden, tiefgreifend verändert. Bei diesem Modell wenden die Projektpartner einen **gemeinsamen, integrierten Ansatz** an, der die Bestandteile eines Gebäudes und ihre Eigenschaften miteinander in Beziehung setzt. Dadurch können die Nutzer nicht nur **die Ausarbeitung und Ausführung ihrer Projekte beschleunigen**, sondern auch die Bau- und Betriebskosten senken.

Europa hatte folglich recht: In einer Richtlinie aus dem Jahr 2014 über öffentliche Ausschreibungen empfahl es nämlich, **die Verfahren ohne die Nutzung von Papier zu realisieren** und stattdessen die BIM-Anwendung für die Ausschreibungen von öffentlichen Bau- und Infrastrukturprojekten vorzuziehen. Bestimmte Länder aus der Europäischen Union (Großbritannien, die Niederlande, Dänemark, Finnland, Norwegen, ...) schreiben die BIM-Anwendung bereits für zahlreiche ihrer öffentlichen Ausschreibungen vor. Vor kurzem ist Frankreich ihrem Beispiel im Rahmen seines digitalen Auftrags für Gebäude ‚Mission Numérique Bâtiment‘ gefolgt, bei dem die Empfehlungen die BIM-Anwendung in den Mittelpunkt stellen.

Die Digitalisierung unseres Sektors ist mit anderen Worten in vollem Gange. Die Unternehmen haben in diesem Zusammenhang keine andere Wahl mehr, denn die ICT-Anwendung ist erforderlich geworden, um ihre Konkurrenzfähigkeit sicherzustellen. Um sie bei diesem Übergang zu unterstützen, wurden auch in unserem Land sowohl auf nationaler als auch auf regionaler Ebene Maßnahmen ergriffen. **Jeder profitiert nämlich davon**, und sicher der Bauunternehmer, der den BIM-Prozess u.a. anwenden kann, um seine Ineffizienzkosten zu reduzieren, die laut Schätzung 5 bis 15 % seines Umsatzes ausmachen.

Das WTB spielt seit Jahren eine Vorreiterrolle bei der Informatisierung des Bauprozesses und setzt auch heute sein Engagement mit der Errichtung **eines neuen Technischen Komitees ‚BIM & ICT‘** fort. Genauso wie seine Pendanten wird dieses Komitee die erforderlichen Forschungs- und Informationsaktivitäten in Gang setzen und koordinieren sowie die Normierungsaktivitäten verfolgen. Dessen Zusammensetzung wird gegenwärtig genauer festgelegt und es werden die ersten Prioritäten abgesteckt. Wir werden Sie über den Fortschritt dieser Aktivitäten auf dem Laufenden halten. Behalten Sie folglich diese Entwicklung im Auge, denn diese Arbeiten sind für den ganzen Bausektor sehr wichtig.





Im Januar 2014 ist eine Überarbeitung der europäischen Norm NBN EN 206-1 über die Spezifikation, die Eigenschaften, die Herstellung und die Konformität von Beton erschienen. Im Vergleich zu ihrer vorherigen Fassung aus dem Jahr 2001 enthält diese überarbeitete Norm NBN EN 206 einige zusätzliche Anforderungen für den Beton, der für spezielle geotechnische Arbeiten bestimmt ist.

# Spezifikation eines Betons für Schlitzwände

Diese Anforderungen gehen aus der Einbringweise des Betons in Gründungen hervor, wie es beispielsweise bei Schlitzwänden der Fall ist, bei denen der Beton mittels Rohre in beachtlichen Tiefen (bis 30 m, oder sogar mehr) in eine Stützflüssigkeit (Bentonitsuspension) gegossen wird, die die Stabilität des ausgehobenen Schlitzes gewährleistet.

Die meisten dieser Anforderungen sind nicht neu, da sie schon in einigen spezifischen Normen über die Ausführung von speziellen geotechnischen Arbeiten angegeben wurden, u.a. in der Norm NBN EN 1538 bezüglich Schlitzwände.

Früher basierten sich viele Vorschreiber bei der Bestellung von Beton für Schlitzwände nur auf die Norm NBN EN 206-1 und ihren Anhang NBN B 15-001 und ließen die Anforderungen aus der Norm NBN EN 1538 bezüglich deren Ausführung häufig außer Acht.

Dies führte nicht selten zu Schwierigkeiten auf der Baustelle, d.h. zu Problemen bei der Ausführung durch ein unzureichendes und nicht aufrechterhaltenes Fließvermögen beim Gießen, zu einer schwachen Haftung zwischen den

Schichten aufgrund einer zu schnellen Abbindung, zu dem Vorhandensein von Wasserabscheidungskanälen durch ein übermäßiges ‚Bluten‘, zu einer unzureichenden Überdeckung der Armierung, zu Hohlräumen, ... Angesichts dessen, dass diese Wände meistens eine definitive Funktion mit einer erwarteten Lebensdauer von mindestens 50 Jahren erfüllen, ist es von äußerster Wichtigkeit, dass sie keine bedeutenden Unvollkommenheiten aufweisen. Denn man muss nicht nur die Lebensdauer gewährleisten, sondern auch vermeiden, dass während und/oder nach der Aushebung Erde oder Grundwasser in die Baugrube gelangen kann. Denn dadurch könnten bedeutende Mehrkosten für die Wiederherstellung verursacht werden oder – schlimmer noch – Schäden an der Umgebung der Arbeiten hervorgerufen werden.

Da zahlreiche Anforderungen aus der europäischen Norm nur einen ‚informativen‘ Charakter haben und von jedem Mitgliedstaat gesondert festgelegt werden müssen, müsste die Norm NBN EN 206 im Jahr 2016 durch eine Überarbeitung des nationalen Anhangs NBN B 15-001 ergänzt werden. Im Falle der speziellen geotechnischen Arbeiten haben die Anforderungen für Schlitzwände jedoch schon einen normativen Charakter, da sie im normativen Anhang D angegeben sind.

Neben den Aspekten, die für jede Betonspezifikation (mechanische Festigkeit, Umgebungs- oder Expositions-klassen für die Dauerhaftigkeit, ...) erforderlich sind, muss man bei der Spezifikation des Betons für Schlitzwände darauf achten, dass er:

- eine sehr gute Verarbeitbarkeit besitzt
- eine große Entmischungsfestigkeit aufweist
- in der Lage ist, auf effektive Weise unter

Einfluss der Schwerkraft verdichtet zu werden

- während der gesamten Dauer des Betonierens verarbeitbar bleibt.

Die Spezifikation muss nicht nur in Übereinstimmung mit der Norm NBN EN 206 und der zukünftigen Überarbeitung des Anhangs NBN B 15-001 sein, sondern muss auch die nachstehend beschriebenen Elemente umfassen.

## 1 Die Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit wird vom Planungsbüro im Hinblick auf die Gewährleistung der Stabilität der Schlitzwände festgelegt. Für die Ausführung ist trotzdem eine beträchtliche Menge an Zement nötig. Dieser erhöhte Zementgehalt kann zum Erhalt eines Betons führen, dessen Festigkeitsklasse höher ist als jene, die aus mechanischen Gründen erforderlich ist.

## 2 Die Umgebungs-klasse

Um die Dauerhaftigkeit des Betons sicherzustellen, muss er über einen minimalen Zementgehalt und ein maximales Wasser-Zement-Verhältnis verfügen, und zwar in Abhängigkeit der Umgebungs-klasse (siehe [Les Dossiers du CSTC 2006/2.10](#)) oder der Expositions-klassen und des Umstandes, dass der Beton gegebenenfalls nicht armiert ist. Unter der Frostgrenze muss der Beton für Schlitzwände armiert sein und zur Umgebungs-klasse EE1 gehören.

## 3 Die maximale Korngröße des Granulats

Die  $D_{sup}$ - und  $D_{inf}$ -Werte müssen spezi-

An Schlitzwänden festgestellte Schäden





fiziert werden. Es handelt sich dabei jeweils um die größte und kleinste zulässige Abmessung für die Granulate der Kornklasse  $d/D$ . Der tatsächlich im Beton verwendete  $D$ -Wert muss zwischen diesen Werten enthalten sein und wird mit  $D_{\max}$  bezeichnet.

Der  $D_{\sup}$ -Wert darf nicht größer als 32 mm oder als ein Viertel des Abstandes zwischen den Längsstäben sein (wobei der niedrigste der beiden Werte gewählt werden muss).

Wenn man einen bestimmten  $D_{\max}$ -Wert erhalten möchte, darf  $D_{\inf}$  gleich  $D_{\sup}$  sein.

#### 4 Die Konsistenzklasse

Für die Ausführung von Schlitzwänden ist ein hohes Fließvermögen erforderlich. Dafür muss man ein Setzmaß von  $220 \text{ mm} \pm 40 \text{ mm}$  vorsehen.

#### 5 Zusätzliche Anforderungen

Neben den oben erwähnten Basisanforderungen müssen nach der Norm NBN EN 206 noch eine Anzahl von anderen ergänzenden Anforderungen erfüllt werden, die für die korrekte Ausführung der Schlitzwände wesentlich sind.

##### 5.1 Der minimale Zementgehalt

Der Zementgehalt, der sich aus der Wahl der Umgebungsklasse ergibt, ist keinesfalls ausreichend, um für den Beton ein hohes Fließvermögen und eine gute Stabilität zu erhalten. Der Zementgehalt muss mit den Anforderungen aus der nachstehenden Tabelle übereinstimmen, und zwar unter Berücksichtigung des  $D_{\max}$ -Werts.

##### 5.2 Die kontinuierliche Kornverteilung

Das Granulatskelett muss kontinuierlich sein, um das Auftreten einer Entmischung im Rahmen des Möglichen zu vermeiden.

##### 5.3 Der Feinstoff- und Sandgehalt

Wenn  $D_{\max}$  gleich 32 mm ist, muss der

Sandgehalt ( $D \leq 4 \text{ mm}$ ) der Granulate größer als 40 % sein, wobei darauf zu achten ist, dass die Kontinuität der Kornverteilungskurve nicht beeinträchtigt wird. Außerdem muss die Gesamtmasse der feinen Teilchen ( $D \leq 0,125 \text{ mm}$ ) in der Betonmischung (einschließlich des Zements und der anderen Feinstoffe) zwischen 400 und 550  $\text{kg/m}^3$  liegen.

##### 5.4 Die Aufrechterhaltung der Konsistenz

Angesichts der speziellen Einbringweise und der langen Gießdauer (mehrere Stunden) eines Schlitzwandpaneels muss die in § 4 spezifizierte Konsistenz während der gesamten theoretischen Gießdauer erhalten bleiben. Bei Nichtvorliegen anderer Spezifikationen muss die Verarbeitbarkeit des Betons 30 Minuten lang nach der eventuellen Zugabe von Hilfsstoffen und dem erneuten Mischen des Betons erhalten bleiben. Falls eine längere Verarbeitbarkeit erforderlich ist, muss diese spezifiziert werden.

Die Verwendung von nichtporösen Granulaten ist erforderlich. Denn bei der Anwendung von recycelten und porösen Granulaten kann die zeitliche Aufrechterhaltung der Konsistenz beeinträchtigt werden.

##### 5.5 Die Wasserabscheidung

Die Wasserabscheidung des Betons muss eingeschränkt werden, selbst wenn die neue Norm NBN EN 206 keine einzige diesbezügliche Anforderung enthält. Bei einem übermäßigen ‚Bluten‘ können Wasserabscheidungskanäle entstehen. Wenn die gesamte Wasserabscheidung anhand der europäischen Norm NBN EN 480-4 festgelegt wird, muss diese auf 1 % begrenzt werden. Wenn man sich hierfür auf die amerikanische Norm ASTM 232 basiert, muss die Wasserabscheidungsgeschwindigkeit auf 0,1 ml/min beschränkt sein. Es gibt auch Prüfungen

(z.B. die Bauer-Prüfung), die an Gründungen angepasst sind und bei denen die Druckverhältnisse in den Tiefgründungen berücksichtigt werden. Die empfohlene EFFC/DFI-Vorgabe ist ein Grenzwert von 15  $\text{l/m}^3$  für eine gemäß dieser Prüfung ausgeführte Messung. In Belgien wird die Grenze häufig auf 13 cc festgelegt, was mit 8,7  $\text{l/m}^3$  übereinstimmt.

##### 5.6 Alkaliarmer Zement

Angesichts des Vorhandenseins von Grundwasser empfiehlt sich die Anwendung von alkaliarmem Zement.

##### 5.7 Zement mit einer hohen Sulfatbeständigkeit

Falls der Beton mit den im Erdreich oder im Wasser vorhandenen Sulfaten in Kontakt steht ( $> 600 \text{ mg/kg}$  im Wasser oder 3.000  $\text{mg/kg}$  im Erdreich) muss man gemäß der Norm NBN B 12-108 auf einen Zement mit einer hohen Sulfatbeständigkeit zurückgreifen. Ferner muss die Umgebungsklasse EA2 oder EA3 zu der in § 2 besprochenen Klasse hinzugefügt werden.

#### 6 Schlussfolgerung

Die Basisanforderungen aus der Norm NBN EN 206-1 und ihrem Anhang NBN B 15-001 waren bei Weitem nicht für die Spezifikation eines Betons für Schlitzwände ausreichend. Die meisten dieser Lücken wurden durch die Überarbeitung dieser Norm beseitigt. Trotzdem müsste diese noch um eine Anzahl von Anforderungen im Zusammenhang mit der Wasserabscheidung ergänzt werden. ■

*V. Pollet, Ir., stellvertretender Leiter der Abteilung Materialien, Technologie und Hülle, WTB*

*M. Roovers, Ir., Präsident des ABEF-Verbandes*

*N. Huybrechts, Ir., Leiter der Abteilung Geotechnik, WTB*

##### Minimaler Zementgehalt für Schlitzwände

$D_{\max}$ [mm]	Minimaler Zementgehalt [ $\text{kg/m}^3$ ]
32	350
22,4	380
16	400

Obwohl die meisten Mauerwerkswände im Allgemeinen noch auf traditionelle Weise auf der Baustelle errichtet werden, kommen gegenwärtig stets häufiger auch ihre vorgefertigte Pendant zur Anwendung. Denn deren Einsatz bietet zahlreiche Vorteile, unter anderem eine schnellere Bauausführung. Außerdem werden diese Wände in Werkshallen hergestellt, wodurch die Produktion nicht durch die Witterungsverhältnisse beeinflusst wird.

# Vorgefertigtes Mauerwerk

## Herstellung

Ein auf Maß vorgefertigtes Mauerwerk besteht in der Regel aus Ziegelstein-, Kalksandstein- oder Beton-Mauerwerkselementen (siehe [Les Dossiers du CSTC 2014/4.4](#)) und einem Mörtel oder Mörtelkleber (siehe [Les Dossiers du CSTC 2011/2.3](#)), die den Vorschriften entsprechen, die sich aus den europäischen Normen und den in der Überarbeitung befindlichen STS 22 ergeben.

Die Verwendung von innovativen Materialien, die nicht unter die Normenreihe NBN EN 771 und die Norm NBN EN 998-2 fallen, wie z.B. von Polyurethanklebern, ist für diese Anwendung nicht ausgeschlossen, vorausgesetzt, dass sie hierfür geeignet sind.

Vorgefertigtes Mauerwerk muss über alle Qualitäts- und Einsatztauglichkeitsgarantien verfügen.

Da vorgefertigtes Mauerwerk nicht durch eine Norm reglementiert wird, muss es über alle Qualitäts- und Einsatztauglichkeitsgarantien des Herstellers oder – besser noch – einer unabhängigen Prüfstelle, wie beispielsweise der ‚Union belge pour l'agrément technique dans la construction‘ ([www.ubatc.be](http://www.ubatc.be)) verfügen.

Für die Vorfertigung der Wände basiert

man sich auf die Baupläne. Die Wände können – in Abhängigkeit der Fertigungsmöglichkeiten des Herstellers und der Wanddicke – 8 bis 9 m lang, 3 bis 4 m hoch und 3 bis 5 t schwer sein. Die Wahl der Abmessungen kann einerseits auf die Tragfähigkeit und die Position des auf der Baustelle vorhandenen Baukrans abgestimmt werden. Andererseits kann der Baukran auch in Abhängigkeit der gewünschten Abmessungen gewählt werden.

1 | Für den Transport werden die vorgefertigten Wände auf Transportgestelle gestellt.



Verbo/Ploegsteert

Bei der Vorfertigung kann am Mauerfuß schon eine Folie gegen aufsteigende Feuchtigkeit vorgesehen werden. Diese muss folglich über das Mauerwerk hinausragen, um eine Durchgängigkeit in Höhe der Anschlüsse zu gewährleisten. Ferner muss der Hersteller die erforderlichen Maßnahmen ergreifen, um zu verhindern, dass sich die unterste Reihe von Elementen bei dem Transport und der Anbringung lösen könnte. Der Bauunternehmer kann sich auch dafür entscheiden, die erste Reihe von Elementen zusammen mit der Folie *in situ* auszuführen und danach die vorgefertigten Wände anzubringen. Die Funktion der Feuchtigkeitssperre kann in einigen Fällen auch durch eine geeignete Klebefuge in der vorgefertigten Wand realisiert werden.



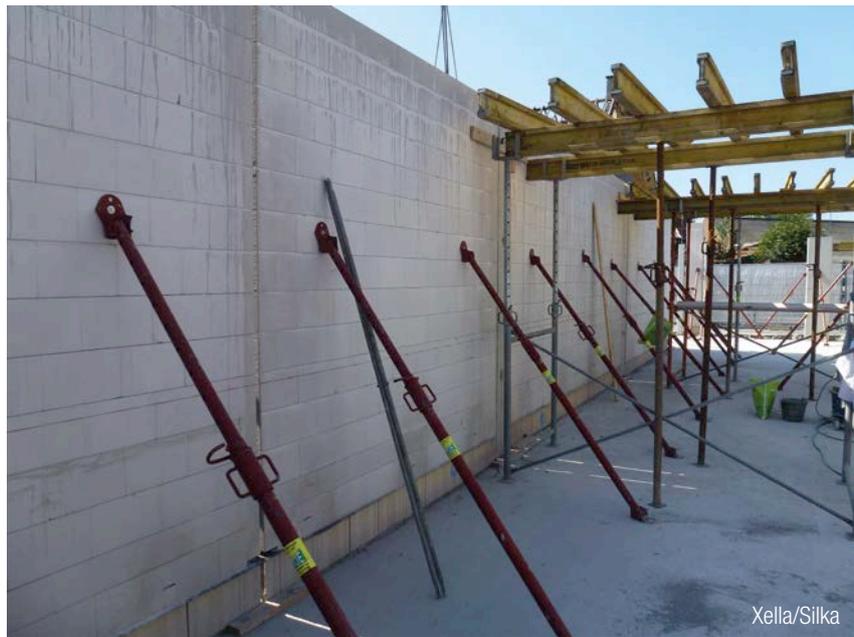
Wenn der Mauerfuß für den Erhalt eines PEB-konformen Bauknotts mit einem gedämmten Baublock ausgestattet werden muss (siehe [Les Dossiers du CSTC 2014/1.6](#)), kann dieser entweder im Werk in die vorgefertigte Wand integriert oder vor Ort ausgeführt werden. Ferner können auch die Aussparungen für die Fenster und Türen, die Abschrägung bei Spitzgiebeln und die Stürze oberhalb der Fenster- und Türöffnungen in den vorgefertigten Wänden vorgesehen werden.

Die vorgefertigten Mauerwerkswände werden für den Transport mit dem Lkw auf Transportgestelle gestellt (siehe Abbildung 1 der vorherigen Seite).

### Aufstellung

Die vorgefertigten Wände – die auf die Baustelle entsprechend dem Fortschritt der Arbeiten geliefert werden – müssen auf einer ebenen und ausreichend tragfähigen Fläche gelagert werden. Deren Aufstellung muss nicht nur gemäß den Vorschriften aus den STS 22 und dem Eurocode 6 und dessen nationalen Anhängen, sondern auch gemäß den spezifischen Ausführungsrichtlinien des Herstellers erfolgen.

Die Position der Wände muss mithilfe von Markierungen und eventuell mit Keilbohlen auf der Betonrohdecke angegeben werden. Danach müssen je Wand mindestens zwei Stützeile in einer schwindungsfreien Mörtelschicht angebracht werden. In diesem Zusammenhang muss man darauf achten, dass die oben erwähnten Stützeile verformbar sind als der Mörtel. Die eventuellen Unebenheiten im Untergrund können dadurch beseitigt werden, dass die Dicke des Mörtels und der Stützeile angepasst werden. Durch diese Arbeitsweise ist es im Allgemeinen möglich, Unebenheiten bis 10 mm zu eliminieren. Die Wände müssen anschließend mit einstellbaren Zug- und Druckstützen gehalten werden und es muss hinsichtlich der lotrechten



2 | Die vorgefertigten Wände werden mit einstellbaren Zug- und Druckstützen gehalten.

Stellung gegebenenfalls eine Korrektur erfolgen (siehe Abbildung 2). Nach der Anbringung dieser Stützen dürfen die Hebemittel gelöst werden.

Die vertikalen Fugen zwischen den vorgefertigten Wänden müssen mithilfe einer Spritzmaschine und dem vom Hersteller vorgeschriebenen Mörtel aufgefüllt werden. Manchmal sind in den Fugen Drahtschlingen vorhanden, so dass sich Armierungsstäbe zur Verstärkung der Fuge anbringen lassen. Die Stützen dürfen erst entfernt werden, wenn der Mörtel unten an der Wand und in den Fugen ausreichend erhärtet ist. Alleinstehende Wandteile, die nicht mit Querwänden verbunden sind, müssen so lange mit Stürzen versehen bleiben, bis die darüber liegende Deckenplatte oder Dachkonstruktion für die notwendige Stabilität sorgt.

### Planung und Kosten

Aus einer Anzahl konkreter Fälle ergibt

sich, dass vorgefertigtes Mauerwerk hauptsächlich auf Baustellen zum Einsatz kommt, bei denen 500 bis 1.000 (oder sogar mehr) m<sup>2</sup> vorgesehen sind. Die Kosten dieser Technik sind erst mit denen bei vor Ort ausgeführten Mauerarbeiten vergleichbar, wenn man bei der Aufstellung eine ausreichend hohe Arbeitsleistung pro Arbeitstag zu erzielen vermag. Dies erfordert jedoch eine gute Vorbereitung und Koordination. ■

*Y. Grégoire, Ir., Leiter der Abteilung  
Materialien, WTB*

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

*J. Wijnants, Ing., Leiter der Abteilung  
Technische Gutachten, WTB*

*Dieser Artikel wurde verfasst mit der  
Unterstützung der DG06, und zwar im  
Rahmen des Technologischen Beratungs-  
dienstes COM-MAT „Matériaux et techniques  
de construction durables“.*

Die vorgefertigten Wände müssen mit einstellbaren Zug- und Druckstützen gehalten werden.



Um das Verkehrsstauproblem rund um Antwerpen zu lösen, hat die *Beheersmaatschappij Antwerpen Mobiel* (BAM) den Plan gefasst, den Ring durch den Bau der Oosterweel-Verbindung zu schließen. Im Hinblick auf die Bewertung der technischen Machbarkeit der auf dem Tisch liegenden Pläne hat die BAM – in Zusammenarbeit mit dem Planungsbüro RoTS – kürzlich zwei groß angelegte Prüfkampagnen realisiert. Anhand der so gewonnenen Informationen ist es möglich, den Entwurf und die Ausführung der Oosterweel-Verbindung gezielter und folglich wirtschaftlicher verlaufen zu lassen.

# Geotechnische Fallstudie: Monitoring der Oosterweel-Schürfgrube

## Entwurf

Der ursprüngliche Tunnelentwurf für die Oosterweel-Verbindung auf dem rechten Ufer der Schelde bestand darin, einen doppelten versenkten Tunnel zu realisieren, der unter den Hafendocks und dem Albertkanal verlaufen sollte. Da sich dieser Entwurf nicht mit dem vorgesehenen Budget realisieren ließ, ging das Planungsbüro RoTS im Auftrag der BAM auf die Suche nach einer optimierten Lösung: die Ausschachtung eines doppelstöckigen Tunnels bis in den Ton von Boom, der in einer Tiefe ab 20 bis 30 m vorhanden ist. Dieser Entwurf müsste gegenüber dem ursprünglichen Entwurf für eine Kosteneinsparung von mehr als 450 Millionen Euro sorgen.

### 1 | Ausführung der Schürfgrube



Vorhergehende Prüfungen können den Entwurf optimieren und die Kosten verringern.

Im Hinblick auf diese Arbeiten werden von einem Ponton aus zunächst 25 bis 30 m lange Spundwände in den Docks und dem Albertkanal angebracht (Schritt 1 in Abbildung 2). Anschließend wird der Raum zwischen den Spundwänden und dem Kai mit Sand aufgefüllt, um eine Arbeitsplattform zu schaffen, von der aus die Tunnelwände als Schlitzwände ausgeführt werden können (teilweise im aufgefüllten Sand, Schritt 2). Schließlich werden das Dach (Schritt 3) und die (Zwischen-)Decken (Schritt 4 und 5) gegossen („Cut-and-Cover“-Prinzip).

## Zwei Prüfkampagnen

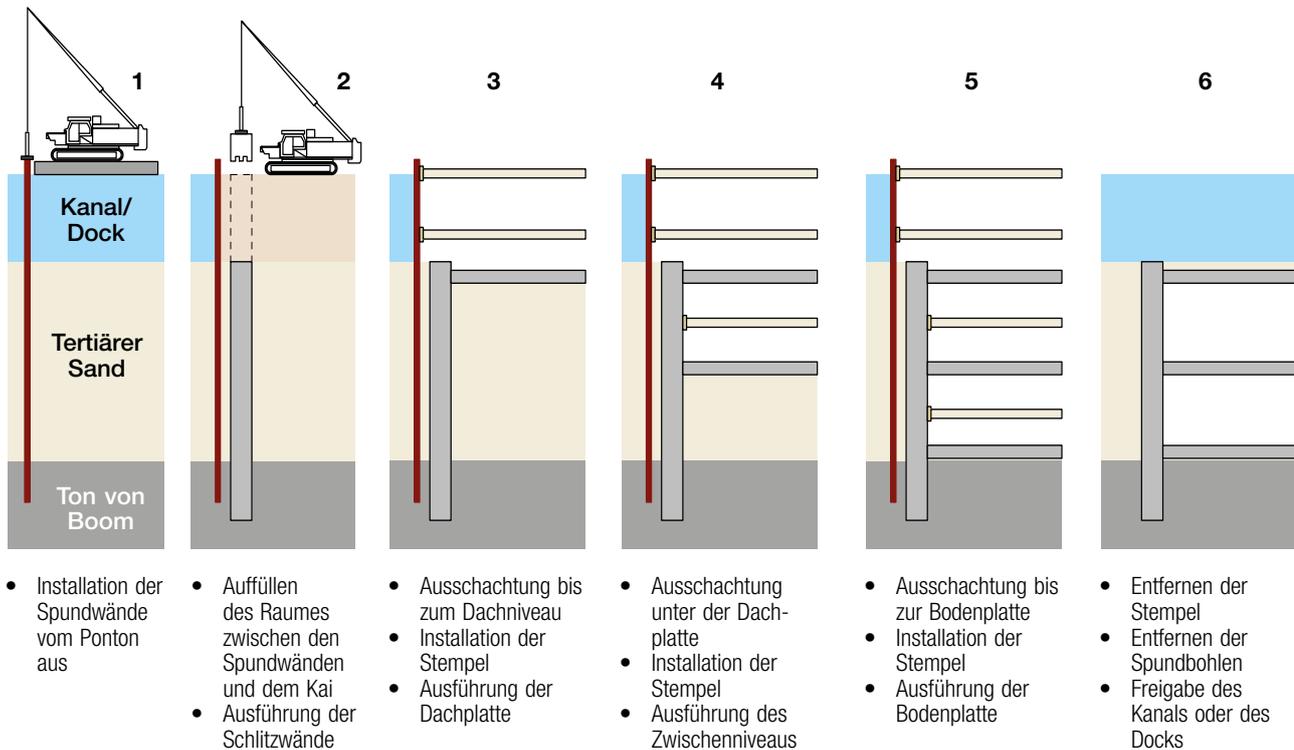
Um die Machbarkeit dieses doppelstöckigen Tunnels zu bewerten und die Entwurfsparameter zu optimieren, wurde mit zwei Prüfkampagnen begonnen. Ziel der ersten Prüfkampagne war es, die Einrammbarkeit von Spundwänden und Rohrpfählen in dem stark glaukonithaltigen Sandschichten oberhalb des Tons von Boom zu untersuchen. Für die zweite – etwas größer angelegte – Prüfkampagne wurde in der Nähe des Noordkasteel von Antwerpen eine 25 m tiefe Schürfgrube mit einer Fläche von 20 x 20 m<sup>2</sup> realisiert (siehe Abbildung 1). Ziel dieser Kampagne war es, einerseits die Anwendbarkeit einer ganzen Reihe von Ausführungs-

techniken bei einer Beschaffenheit des Bodens wie der des zukünftigen Verlaufs zu bewerten und andererseits ein umfassendes Monitoringsystem für die Kontrolle der verschiedenen Parameter aufzubauen.

## Instrumentierung und Monitoring

Die Abteilung Geotechnik der flämischen Behörden und die des WTB waren für die Instrumentierung und das Monitoring der oben erwähnten Schürfgrube verantwortlich. Unsere Mitarbeiter wendeten dabei – neben klassischen Dehnungsmessstreifen und Thermoelementen – auch selbst entwickelte Verformungssensoren auf Basis von optischen Fasern an. Mehr als 15 Monate lang wurden gut 100 dieser Sensoren kontinuierlich überwacht:

- ungefähr 50 vertikale Verformungssensoren wurden über die gesamte Höhe der Spundbohlen zur Bestimmung der Momente und Spannungen befestigt
- mehr als 25 Verformungssensoren wurden an zwei vertikalen Extensometern bis zu einer Tiefe von 25 m in dem Ton von Boom angebracht, um das Quellverhalten des Tons zu überwachen
- 40 Verformungssensoren wurden für das Messen der Stempelverformungen installiert (in Stempelkräfte umzurechnen).



2 | Schematische Darstellung von der Ausführung des doppelstöckigen Tunnels unter dem Albertkanal und den Docks

### Erste Kosteneinsparung

Parallel zur Ausschachtung der Schürfgrube wurden in Zusammenarbeit mit der Firma Denys nv eine Anzahl von Nachberechnungen mithilfe spezialisierter geotechnischer Software ausgeführt. Denn eine gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen und den berechneten Schnitt- und Stempelkräften führt hinsichtlich der Bodenparameter zu einer Verkleinerung der Unsicherheit. So hat sich ergeben, dass die verstärkte Ausführung des vierten und vorletzten Stempelrahmens dazu führen würde, dass der letzte Ausschachtungsschritt und die Installation des fünften Stempelrahmens unter trockenen Bedingungen erfolgen könnten, was sehr viel weniger

kostspielig und komplex als eine Ausschachtung unter Wasser ist.

### Hin zu optimierten Entwurfs- und Ausführungsmethoden

Die Messungen mit den oben erwähnten Verformungssensoren auf Basis optischer Fasern, die im Laufe der letzten Jahre von der Abteilung Geotechnik des WTB entwickelt wurden, um mehr Einsicht in die Leistungen von Tiefgründungen und geotechnischen Konstruktionen zu erhalten, sind ein wichtiger Schritt in die Richtung eines auf vorausgehende Prüfungen oder die Beobachtungsmethode basierten Entwurfs. Beide Entwurfsmethoden fallen

unter den Eurocode 7 und führen meistens zu einer Optimierung des Entwurfs und der Ausführung und folglich auch zu einer Verringerung der Gesamtkosten. Über alle ausgeführten Messungen wurde ausführlich Bericht erstattet und sie stehen in den BAM-Lastenheften den Ausführenden zur Einsichtnahme zur Verfügung.

*N. Huybrechts, Ir., Leiter der Abteilung Geotechnik, WTB*

*G. Van Lysebetten, Ir., Projektleiter, Abteilung Geotechnik, WTB*

*Besonderer Dank geht an die BAM, die Abteilung Geotechnik der flämischen Behörden, die Firma Denys nv und RoTS.*

## Das Quellverhalten des Tons von Boom

Wegen seiner geologischen Vorgeschichte ist der Ton von Boom ein sehr steifer, überverdichteter Ton, der sich durch eine Quellung bei Entlastung auszeichnet. Angesichts der niedrigen Wasserdurchlässigkeit dieses Tons handelt es sich hierbei um einen sehr trägen Prozess. Die Tatsache, dass sich die Einfahrten des Kennedytunnels in Antwerpen mehr als 45 Jahre nach dessen Bau noch stets um 1 bis 1,5 mm pro Jahr anheben, bildet dafür einen unwiderlegbaren Beweis.

Um besser einschätzen zu können, welchen Hebekräften in Folge der Quellung die Tunnelbodenplatte Widerstand bieten muss, ist es wichtig, eine genaue Vorstellung von der Geschwindigkeit und der Größe der Quellung zu haben. Dazu wurden vor dem Beginn der Ausschachtungsarbeiten verschiedene vertikale Extensometer in Bohrlöchern in der Mitte der Grube installiert (bis zu einer Tiefe von fast 50 m unter der Geländeoberfläche).



Bei der Wahl eines Dachfensters müssen zahlreiche Kriterien berücksichtigt werden: Licht, Energie, Komfort, Akustik, Eigengewicht, Wind- und Schneebelastungen, Sicherheit, ... Was ist hinsichtlich der Energie und des Komforts die beste Wahl? Doppel- oder Dreifachverglasung? Mit oder ohne Sonnenschutzeinrichtung? Mit externer oder interner Sonnenschutzeinrichtung? Mit automatischer oder manueller Betätigung?

# Welche Verglasung für ein Dachfenster?

## Energieeinsparungen im Winter?

Im Gegensatz zu einer opaken Wand verursacht eine Verglasung nicht nur Wärmeverluste, sondern lässt auch Licht – und folglich die Sonnenwärme – eintreten.

Die Wärmeverluste durch die Verglasung hindurch sind proportional zu ihrem Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_g$ , ausgedrückt in  $W/(m^2 \cdot K)$ , und die Sonnengewinne zu ihrem Sonnenfaktor  $g$ , d.h. zu ihrem Vermögen, Sonnenenergie durchzulassen (ohne Einheit oder in %). Von einem rein energetischen Standpunkt aus gesehen, muss die Wahl einer Verglasung auf diesen zwei Werten basieren. Dies ist jedoch nicht ausreichend, da die Sonnengewinne auch von der Menge des Sonnenlichteinfalls auf die Verglasung abhängen. Diese wird wiederum durch die Orientierung, die Neigung und die Beschattung des Fensters bestimmt.

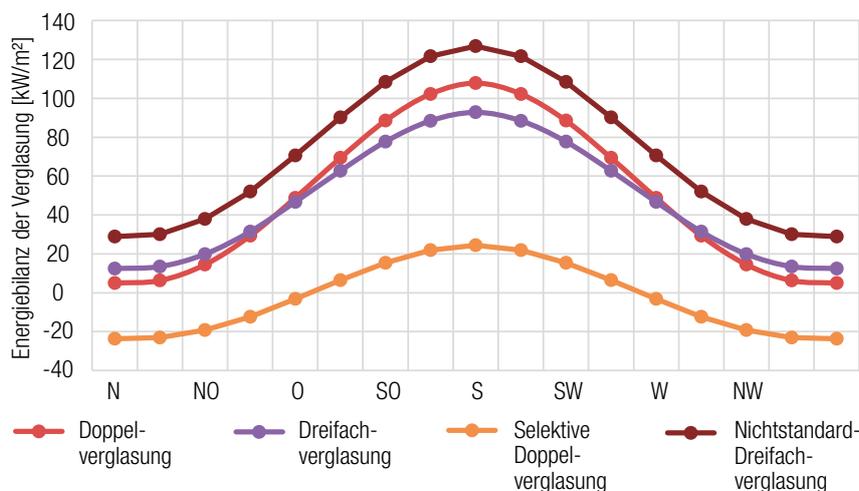
Es ist die Verglasung vorzugsweise auszuwählen, die am besten dämmt und das meiste Sonnenlicht durchlässt.

Abbildung 1 zeigt eine Bilanz der Wärmeverluste und der Sonnengewinne im Winter für eine nichtbeschattete Verglasung mit einer Neigung von  $45^\circ$ , und zwar für verschiedene Orientierungen (\*). Dabei werden vier Arten von Verglasungen berücksichtigt: Die ersten drei sind Standardverglasungen für Dachfenster, die vierte ist dies nicht.

Erste Feststellung: Außer für die selektive Doppelverglasung ist die Bilanz immer positiv (das heißt, dass die Sonnengewinne stets größer als die Wärmeverluste sind). Wir möchten darauf hinweisen, dass die Sonnengewinne im Winter sehr erwünscht sind, da

sie eine Verringerung des Heizbedarfs ermöglichen.

Zweite Feststellung: Für eine südliche Orientierung ist die Bilanz der Standard-Doppelverglasung günstiger als die der Standard-Dreifachverglasung; bei östlicher oder westlicher Orientierung sind diese zwei Verglasungen gleichwertig und bei nördlicher Orientierung zeigt die Dreifachverglasung eine bessere Bilanz als die Doppelverglasung. Hierbei muss jedoch angemerkt werden, dass die Wärmegewinne beschränkt sind und nur ungefähr 10 % der im Süden erreichten Gewinne repräsentieren. Die Bilanz der selektiven Doppelverglasung ist stets ungünstiger, während die Nichtstandard-Dreifachverglasung immer günstiger ist.



1 | Bilanz der Wärmeverluste und der Sonnengewinne im Winter, durch eine Verglasung von  $1 \text{ m}^2$  hindurch, bei einer Neigung der Verglasung von  $45^\circ$

Um den Verbrauch für die Heizung zu verringern, muss man vorzugsweise die Verglasung wählen, die am besten dämmt (niedrigstmöglicher  $U_g$ -Wert) und das meiste Sonnenlicht durchlässt (höchstmöglichster  $g$ -Wert), also die vierte analysierte Verglasung (siehe Tabelle auf der nächsten Seite). Bedauerlicherweise gehört diese Verglasung nicht zum üblichen Sortiment der Dachfensterhersteller. Wenn man nur die klassischen Verglasungen betrachtet, rechtfertigen die im Winter erreichbaren Energieeinsparungen alleine nicht den Einbau einer Dreifach- oder selektiven Doppelverglasung in einem Dach mit

(\*) Für weitere Details über die Berechnung dieser (vereinfachten) Bilanz verweisen wir auf die Langfassung dieses Artikels.



## Kennwerte der analysierten Verglasungen

Wert	Typ der Verglasung			
	Doppelverglasung	Dreifachverglasung	Selektive Doppelverglasung	Nichtstandard-Dreifachverglasung
$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	↗ 1,1	↘ 0,7	↗ 1,0	↘ 0,6
$g$ [-]	↗ 0,64	↘ 0,50	↘ 0,30	↗ 0,61

einer Neigung von 45° (oder 30°, siehe die Langfassung dieses Artikels).

### Thermischer Komfort im Sommer?

Im Sommer können zu große Sonnengewinne zu einer Überhitzung führen. Zur Bewertung dieses Risikos reicht es nicht aus, eine einfache Bilanz des Fensters vorzunehmen, sondern muss man auch die Entwicklung der Temperaturen in den Räumen selbst heranziehen. Dafür muss man folglich auf dynamische Simulationen zurückgreifen.

Abbildung 2 veranschaulicht die wichtigsten Feststellungen, die auf Simulationen an einer Reihe von Dachkammern basieren. Die Überhitzung wird anhand eines einfachen Kriteriums bewertet, nämlich der Anzahl der Stunden während der die Grenze von 25 °C im Sommer

überschritten wird. Diese Bewertung wurde für eine Kammer mit südlicher Orientierung ausgeführt. Auf die Details dieser Simulationen und die Ergebnisse für die anderen Orientierungen wird in der Langfassung dieses Artikels eingegangen.

Aus der Ausbildung 2 ergibt sich, dass für eine Doppelverglasung (1) ein reales Überhitzungsrisiko besteht. Dieses Risiko lässt sich begrenzen, indem man sich für eine andere Verglasung entscheidet; aber weder die Dreifachverglasungen (2 und 3), noch die selektive Verglasung (6) können dieses Risiko bei einem warmen Sommer wie dem von 2003 ganz ausschließen. Die beste Lösung zur Vermeidung einer Überhitzung besteht somit darin, auf eine Sonnenschutzeinrichtung zurückzugreifen. Das effizienteste System ist der automatische Rollladen (9).

## Bemerkung

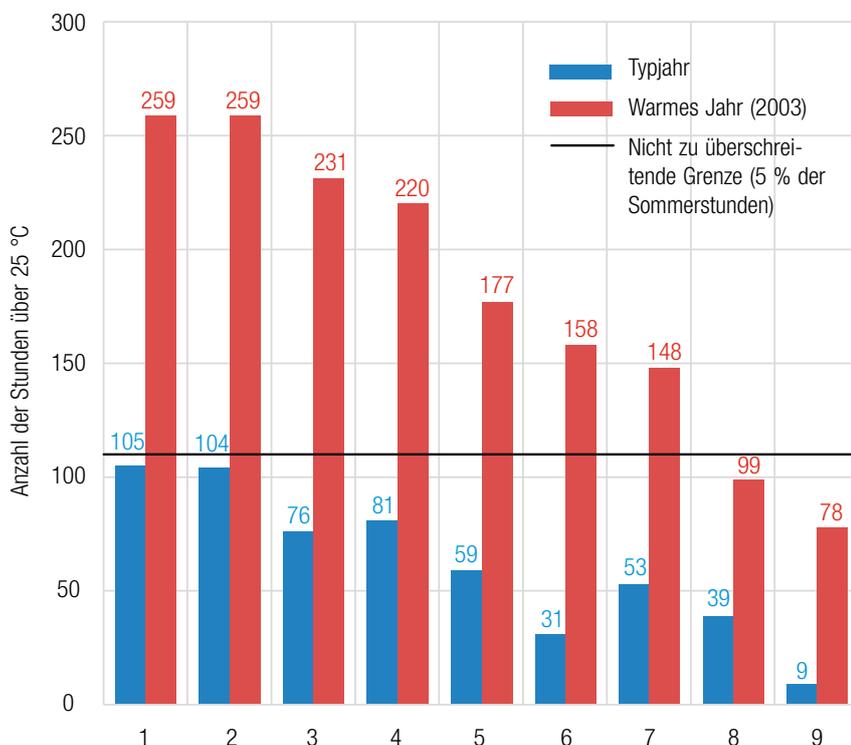
Die Berechnungen wurden auf der Grundlage einer Anzahl von Hypothesen ausgeführt, die in der Langfassung dieses Artikels angegeben werden. Die Ergebnisse lassen sich nicht notwendigerweise auf andere Situationen oder andere Verglasungen extrapolieren. Insbesondere sind sie weder auf vertikale oder horizontale Fenster, noch auf beschattete Fenster anwendbar.

### Schlussfolgerung

Das erste Wahlkriterium für ein Dachfenster ist der Tageslichteinfall. Es müssen jedoch auch andere Kriterien berücksichtigt werden. Was die Energie und den Komfort (Überhitzungsrisiko) betrifft, genießt unter Berücksichtigung des üblichen Sortiments der Dachfensterhersteller der Einsatz einer Doppelverglasung mit einer automatischen – oder wenigstens proaktiv betätigten – externen Sonnenschutzeinrichtung mit deutlichem Abstand den Vorzug.

*N. Heijmans, Ir., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Energieeigenschaften, WTB*  
*L. Lassoie, Ing., stellvertretender Leiter der Abteilung Kommunikation und Verwaltung, WTB*

1. Doppelverglasung, ohne Sonnenschutzeinrichtung
2. Nichtstandard-Dreifachverglasung, ohne Sonnenschutzeinrichtung
3. Dreifachverglasung, ohne Sonnenschutzeinrichtung
4. Doppelverglasung, interne Sonnenschutzeinrichtung, proaktive manuelle Betätigung
5. Doppelverglasung, Rollladen, weniger aktive manuelle Betätigung
6. Selektive Verglasung, ohne Sonnenschutzeinrichtung
7. Doppelverglasung, externe Sonnenschutzeinrichtung, proaktive manuelle Betätigung
8. Doppelverglasung, Rollladen, proaktive manuelle Betätigung
9. Doppelverglasung, Rollladen, automatische Betätigung



2 | Berechnung der Überhitzung im Sommer in einer Kammer mit südlicher Orientierung, einer Verglasung von 1,63 m<sup>2</sup> und einer Neigung von 45°



Via CSTC-Mail (siehe [www.cstc.be](http://www.cstc.be)) bleiben Sie, was das Erscheinen der Langfassung dieses Artikels betrifft, auf dem Laufenden: Les Dossiers du CSTC 2015/4-5



Die TI 215 ‚La toiture plate: composition – matériaux – réalisation – entretien‘ stellt auf ihrem Fachgebiet ein Nachschlagewerk dar. Es handelt sich außerdem um eines der am häufigsten heruntergeladenen Dokumente auf unserer Website. Aber ist dieses Dokument – angesichts der Tatsache, dass es im Jahr 2000 veröffentlicht wurde – noch stets auf dem neuesten Stand? Es erwies sich aufgrund der großen Anzahl von zu aktualisierenden Punkten, dass es Zeit war, eine Überarbeitung vorzunehmen. Eine 25 Mitglieder umfassende Arbeitsgruppe, die thematisch in Untergruppen unterteilt wurde, befasst sich gegenwärtig damit eingehend. In diesem Artikel folgt eine Übersicht über die hauptsächlichsten Entwicklungen und die schon realisierten Arbeiten.

## Das Flachdach: Überarbeitung der TI 215

Wir möchten zuallererst daran erinnern, dass die TI 215 seit ihrem Erscheinen schon durch verschiedene andere Technische Informationen ergänzt wurde, nämlich im Zusammenhang mit Gründächern (TI 229), mechanischer Befestigung (TI 239), Anschlussdetails (TI 244) und Parkdächern (TI 253).

In der Überarbeitung der TI 215 wurde der Verschärfung der Energieanforderungen, die unter anderem zu einer Zunahme der Dämmdicken führt (was wiederum einen Einfluss auf die Ausführungstechniken hat) und der Verbesserung der Luftdichtheit der Gebäudehülle (wobei die Einfachheit der Ausführung vom Typ des Untergrunds abhängig ist;

siehe [Les Dossiers du CSTC 2012/1.7](#)) besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

Eine andere wichtige Entwicklung betrifft die Erscheinung der Eurocodes über die Windbelastung (NBN EN 1991-1-4) als Ersatz für die belgische Norm. Der betreffende Text musste völlig überarbeitet werden und es wurden neue Tabellen zur Bestimmung der Windbelastung

hinzugefügt, mit einfachen Erklärungen für jeden der Parameter, die für ihren Einsatz erforderlich sind. Um dies alles zu illustrieren, wurden auch einige Beispiele bereitgestellt.

Auch die Brandverordnung wurde gründlich aktualisiert. So wurde die Anforderung bezüglich des Verhaltens im Brandfall von Dachverkleidungs-

Bei dieser Überarbeitung wurde den Windbelastungsaspekten auf Flachdächern besondere Aufmerksamkeit geschenkt.





systemen (Klasse A1 gemäß der belgischen Klassifizierung) ersetzt durch eine Anforderung zum Brandverhalten eines Daches, das einem externen Brand ausgesetzt ist ( $B_{\text{ROOF}}(t_1)$ ; siehe [Les Dossiers du CSTC 2014/4.6](#)). Es wurden auch einige Sätze im Zusammenhang mit den Brandgefahren während der Arbeiten hinzugefügt.

Ein anderer detaillierter Abschnitt ist den stets wichtiger werdenden Umweltaspekten gewidmet. Darin werden einerseits einige wichtige Grundbegriffe erklärt, wie z.B. ‚nachhaltiges Bauen‘, ‚Lebenszyklusanalyse (LCA)‘ und ‚Umweltproduktklärung (EDP)‘ und andererseits die Lebenszyklusanalysen einer Anzahl Flachdachaufbauten besprochen (siehe [Les Dossiers du CSTC 2013/3.6](#), ergänzt durch [Les Dossiers du CSTC 2015/2.19](#)). Auch der Aspekt des Auffangens von Regenwasser wird in diesem Zusammenhang behandelt.

Was die Dachaufbauten betrifft, bleiben Warmdächer und Umkehrdächer die klassischen und bewährten Lösungen, während Kaltdächer und Dächer, bei denen die Dämmung unter der Dachdecke oder dem Gefällebeton angebracht wird, technisch inakzeptabel sind. Auch andere Dachaufbauten, die eine besondere Aufmerksamkeit erfordern, werden beschrieben. Denken wir hierbei nur einmal an die Dachaufbauten mit einer Dämmung oberhalb und unterhalb der Dachdecke (siehe [Infomerkblatt 26](#)), die sogenannten Kompaktdächer (siehe [Les Dossiers du CSTC 2012/2.6](#)) und die Dächer von Kühlzellen.

Dank der Erfahrung, die auf dem Gebiet der Gefälleschichten auf Zementbasis (Schaumbeton, Leichtbeton, ...) erworben wurde, konnte der betreffende Abschnitt ergänzt werden. Darin werden die Wichtigkeit der Ausführungsbedingungen sowie die Vorsichtsmaßnahmen besprochen, die ergriffen werden müssen, um die geforderten Leistungen (z.B. die Oberflächenkohäsion) erreichen zu können.

Die Renovierung macht einen wichtigen Teil der Arbeiten auf Flachdächern aus. Das diesbezügliche Kapitel wurde weiter ausgearbeitet und mit einer Anzahl konkreter Renovierungslösungen vervollständigt (z.B. zusätzliche Dämmung eines Umkehrdaches, Renovierung eines

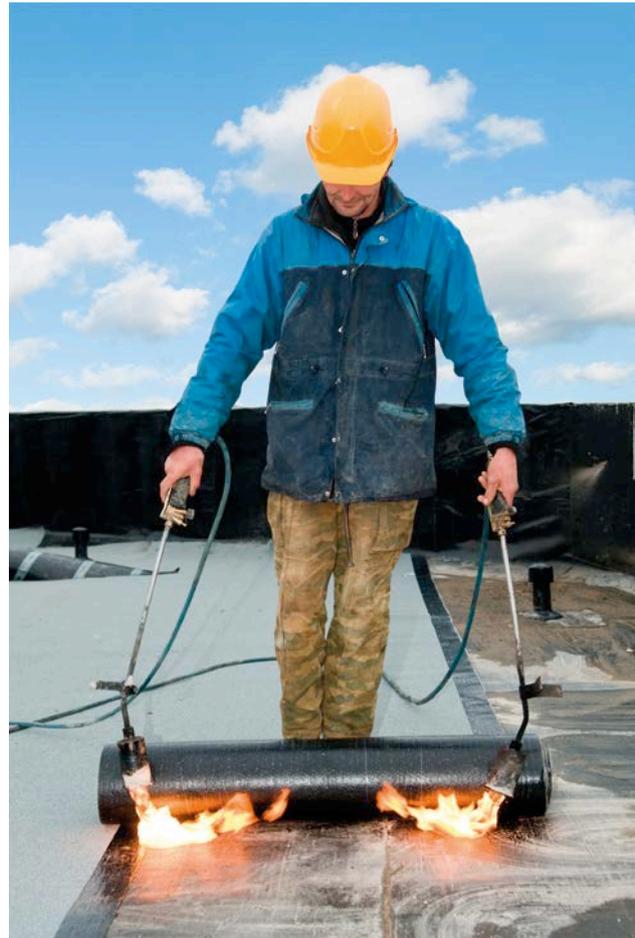
Kaltdaches, Verbesserung der Dachneigung). Es wurde auch ein mithilfe von zahlreichen Fotos illustriertes Kapitel über Schadenfälle hinzugefügt, in dem eine Tabelle aufgenommen ist, die die Symptome, möglichen Ursachen, Lösungen und Präventionsmaßnahmen auflistet.

Das Kapitel ‚Instandhaltung/Zugänglichkeit‘ wurde ebenfalls erweitert. So werden jetzt darin verschiedene Instandhaltungsphasen (Reinigung, Kontrolle, Reparatur und Renovierung) beschrieben. Ferner findet man dort einige Empfehlungen bezüglich des Instandhaltungsvertrages sowie einen Abschnitt, der zwei nicht zu vernachlässi-

genden Instandhaltungsaspekten eines Flachdaches, nämlich der Zugänglichkeit und der Sicherheit, gewidmet ist.

Verschiedene andere Kapitel, unter anderem hinsichtlich der Materialentwicklung (flüssig angebrachte Abdichtungen, selbstklebende oder reflektierende Membranen, innovative Dampfsperren, natürliche Dämmstoffe, neue Klebertypen, ...) und der neuen Anbringungstechniken befinden sich noch in der Überarbeitung. Fortsetzung folgt ...

*E. Noirfalisse, Ir., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Dämm- und Abdichtungsmaterialien, WTB*



Das Kapitel über die Renovierung wurde weiter ausgearbeitet und mit einer Anzahl konkreter Lösungen vervollständigt.

Der vorherige WTB-Kontakt enthielt einen Artikel über das Luftdichtmachen von Wänden mittels einer Membran (siehe auch Les Dossiers du CSTC 2015/3.8). Der vorliegende Artikel bespricht wiederum eine andere Technik, die auf der Nutzung von Platten auf Holzbasis mit luftdicht ausgeführten Anschlüssen basiert.

# Aus Platten auf Holzbasis bestehende Wände: Einfluss auf die Luftdichtheit und deren Dauerhaftigkeit

## Wahl der Holzplatten

Ein im Jahr 2009 in Les Dossiers du CSTC veröffentlichter Artikel (\*) behandelte die Wahl von Platten auf Holzbasis in Abhängigkeit von ihrer Nutzung. Der Umstand, dass die mechanische Festigkeit oder das Verhalten in Abhängigkeit der Risikoklassen günstig sind, bedeutet jedoch nicht automatisch, dass auch die Luftdichtheitsleistungen gut sein werden. Denn diese Letzteren sind auch von den Bindemitteln und den Abmessungen der Elemente (Fasern, Späne, ...) abhängig, aus denen die Platten aufgebaut sind.

Manche Hersteller geben die Leistungen ihrer Produkte an. Um gute Energieleistungen zu erreichen, wird üblicherweise empfohlen, dass der Luftvolumenstrom bei einem Druckunterschied von 50 Pa kleiner als 0,1 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup> ist.

Wir möchten ebenfalls darauf hinweisen, dass die Wasserdampfdichtheit für die meisten Platten auf Holzbasis nicht mit der Luftdichtheit verknüpft ist. Außerdem sorgt die Homogenität des Materials, aus der die Platte aufgebaut ist, dafür dass auch die Homogenität der

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

Gebäudehöhe	Geländerauigkeit (nach NBN EN 1991-1-4)			
	Stadt (IV)	Waldrreiches Gebiet (III)	Freies ebenes Gelände (II)	Meeresrand (I und o)
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.

zugehörigen Luftdichtheitsleistungen gewährleistet ist.

## Die kompletten Wände

Die Anbringungstechniken für die Platten und die Verfahren, die die Kontinuität der Luftdichtheit zwischen den Platten ermöglichen, können einen beträchtlichen Einfluss auf die globalen Leistungen der Wand haben. Angesichts der Verschiedenheit der Plattentypen (OSB-Platten, Faserplatten, Spanplatten, harzgebundene Platten, Faserzement-

platten, ...) und Anbringungstechniken können die geforderten Leistungen und deren Dauerhaftigkeit über die Zeit stark variieren. Wenn die Kontinuität der Luftdichtheit zwischen den Platten jedoch in keiner Weise sichergestellt wird, wird die Ausgangsluftdichtheit nicht ausreichend sein, um zu einem Gebäude mit guten Energieleistungen zu kommen. |

*C. Mees, Ir., Projektleiter, Abteilung Energie, WTB*

*B. Michaux, Ir., stellvertretender Leiter der Abteilung Gebäudehülle und Schreinerarbeit, WTB*

Die Wahl der Platten und deren Anschlüsse haben einen beträchtlichen Einfluss auf die Luftdichtheit einer Wand.

(\*) Dieser in Les Dossiers du CSTC 2009/3.8 veröffentlichte Artikel wurde kürzlich durch Les Dossiers du CSTC 2015/2.20 ersetzt.


**B | Skelettwände, bei denen die Luftdichtheit gewährleistet wird durch Holzplatten mit luftdicht ausgeführten Anschlüssen**

Montagetechnik	Maximale Wind-expositions-kategorie	Maximale Raum-klimaklasse
	C	II <sup>(1)</sup>
	B	II
	C	II
	A	II
	C	III, sogar IV <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Eine Anwendung in der Raumklimaklasse III ist, unter der Voraussetzung der Anwendung von geeigneten Platten und eines geeigneten Leims, möglich (z.B. eine OSB<sub>3</sub>-Platte und ein PU-Leim vom Typ D<sub>3</sub> oder höher).  
<sup>(2)</sup> Es existiert keine systematische Kennzeichnung für diese Klebebänder. Es muss deshalb kontrolliert werden, ob sie auf dem vorgesehenen Untergrund verwendet werden können.  
<sup>(3)</sup> Die Leistungen können nicht in der Raumklimaklasse IV garantiert werden. Für die Klimaklasse III ist eine Überprüfung erforderlich.  
<sup>(4)</sup> Nachdem sie Windbelastungen ausgesetzt waren, kann die Dicke der Platten einen Einfluss auf die Luftdichtheit haben. Für Pfosten mit einem Abstand von 60 cm sind Platten von 15 bis 18 mm die beste Wahl. Für einen Abstand von 40 cm ist eine Dicke von 12 bis 15 mm ausreichend.  
<sup>(5)</sup> Sofern die Platten und die Lattung mit diesen Raumklimaklassen verträglich sind.

Ihr WTB-Kontakt ist wieder um zwei neue Rubriken reicher. Die erste, die den Titel IM FOKUS bekommen hat, versetzt uns in die Lage, Sie über die letzten Neuigkeiten von Ihrem Forschungszentrum auf dem Laufenden zu halten.

Die zweite Rubrik ist wiederum vollständig den FAQ (*Frequently Asked Questions*) gewidmet. Diese Rubrik, von der Sie auf der nächsten Seite schon eine Kostprobe erhalten, gruppiert eine Anzahl häufig gestellter Fragen, deren Beantwortung im Allgemeinen nur wenige Zeilen erfordert. Diese FAQ findet man auch auf unserer Website, wo sie nach Baugewerken („Métiers“) oder Themen („Thèmes“) klassifiziert sind. Sie müssen somit bloß auf der Startseite der Website auf das gewünschte Baugewerk oder Thema klicken, um alle FAQ wiederzufinden, die diesem zugeordnet sind. Bei diesen kurzen Fragen und Antworten wird gewöhnlich auch auf andere Veröffentlichungen mit zusätzlichen Informationen verwiesen. Folglich eine einfache und benutzerfreundliche Art und Weise zum Entdecken unserer Publikationen.

*Wir hoffen, dass diese neuen Rubriken Ihre Lektüre künftig bereichern und es Ihnen ermöglichen, auf angenehme Weise den Schatz an praktischen Informationen zur Kenntnis zu nehmen, den das WTB Ihnen zu bieten hat.*

The screenshot displays the CSTC website interface. At the top left is the CSTC logo with the text 'cstc.be' and 'Fédération Royale Belge des Constructeurs d'Immeubles'. A search bar contains the text 'Que recherchez-vous? Publications du CSTC'. Below the search bar are two main navigation tabs: 'Information & Assistance' and 'Recherche, développement & Innovation'. Under 'Information & Assistance', there are two sub-sections: 'Métiers' and 'Thèmes'. 'Métiers' lists categories like 'Gros oeuvre et entreprises générales', 'Vitrerie', 'Pierre et marbre', 'Toitures plates et étanchéité', 'Travaux d'enduisage et de jointoyage', and 'Chauffage et climatisation'. 'Thèmes' lists 'Construction et rénovation durables', 'Performances énergétique', 'Confort acoustique', and 'Gestion, qualité et ICT'. Below these are three main content columns: 'Je recherche une information en ligne' (with links to publications, norms, calculation tools, technical details, videos, construction products, and software), 'Menuiserie' (with sub-sections for 'Publications', 'Notes d'information technique', 'Les Dossiers du CSTC', and 'Infofiches'), and 'FAQ' (with a list of questions about air gaps, acoustic insulation, thermal break, and humidity). A search bar at the bottom of the content area says 'Chercher d'autres publications'.



Weitere Infos

Normen-Außenstelle Brandverhütung

## Was bedeuten die Begriffe ‚Brandverhalten‘ und ‚Feuerwiderstand‘?

Das Brandverhalten charakterisiert die Brennbarkeit eines Bauproduktes oder sein Vermögen, das Feuer aufrechtzuhalten. Der Feuerwiderstand eines Bauelementes ist die Zeitspanne, in der dieses Element seine Funktionen (Tragfähigkeit, Flammendichtheit und/oder Wärmedämmung) auf effiziente Weise bei einem Brand beibehalten kann. Die Elemente (Wände, Türen, Balken, Säulen, ...) müssen einen ausreichenden Feuerwiderstand aufweisen, um eine schnelle Brandausbreitung zu vermeiden, die Stabilität der Struktur sicherzustellen und die Evakuierung der Bewohner/Nutzer und die Intervention der Feuerwehrleute zu ermöglichen.

## Darf die Wärmedämmung bei einem geneigten Dach ohne Unterdach direkt unter der Dachdeckung angebracht werden?

Ein Unterdach erfüllt mehrere Funktionen, insbesondere die Regendichtheit (z.B. im Falle von sich gelösten Dachziegeln und bei fallendem feinem Pulverschnee) und die Winddichtheit des Dachaufbaus (um dafür zu sorgen, dass keine Zirkulation von Außenluft in den Dämmstoff und um diesen herum auftreten kann). Es wird daher wärmstens empfohlen, ein Unterdach bei einem bestehenden Dachaufbau, der zu dämmen ist, anzubringen, um Probleme wie Wasserinfiltrationen und eine Verringerung der Wärmeleistungen des Dämmstoffes zu vermeiden. Die Wahl des Unterdaches ist von der Raumklimaklasse und dem Typ der Dampfsperre abhängig.



Weitere Infos

Les Dossiers du CSTC 2009/3.6 und 2008/4.10, Infomerkblatt 12, TI 240

## In welchen Fällen muss bei einem Fenster mit sich öffnendem Rahmen auf dem Stockwerk ein Geländer vorgesehen werden?

Wenn die Schreinerarbeit mit sich öffnenden Teilen versehen ist, die eine Gefahr des Durchfallens für Personen darstellen, die sich in deren Nähe befinden und wenn das Geländer des Fensters kleiner als die Schutzhöhe ist, schreibt die Norm NBN B 25-002-1 vor, dass die Fensteröffnung mit einem Geländer ausgestattet werden muss, das den Anforderungen der Norm NBN B 03-004 entspricht. Die Geländerhöhe des Fensters wird gemessen vom Niveau des fertiggestellten Bodens bis zum höchsten Niveau des Blendrahmens der Schreinerarbeit. Die Schutzhöhe muss beim Entwurf festgelegt werden und darf nicht kleiner als 0,90 m sein.

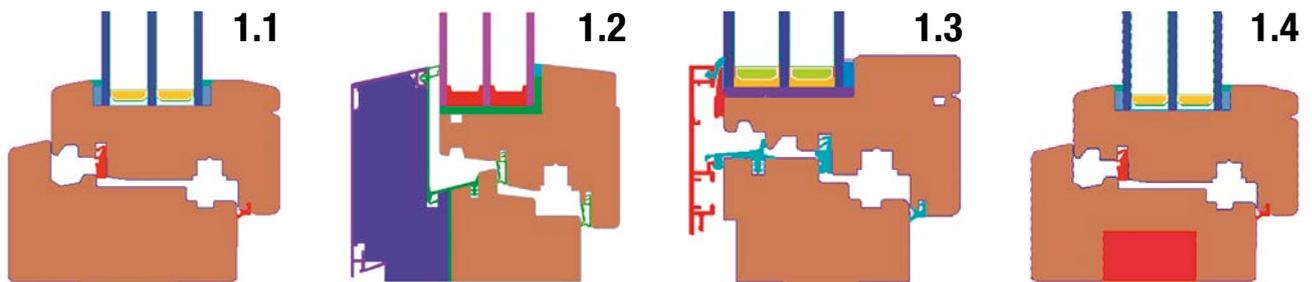


Weitere Infos

Les Dossiers du CSTC 2011/4.9, NBN B 25-002-1, NBN B 03-004

Dieser Artikel behandelt die verschiedenen zu beachtenden Punkte, die berücksichtigt werden müssen, um die Dauerhaftigkeit von Fenstern mit hohen Energieleistungen gewährleisten zu können. Es werden ferner einige Ergebnisse der von der Wallonischen Region (DG o6) finanzierten DuraPerf-Forschung besprochen (\*).

# Dauerhaftigkeit von Holzfenstern mit hohen Energieleistungen



1 | Typprofile, für die der Feuchtigkeitstransport numerisch untersucht wurde

## Wahl der Holzart

Die bei einer Außenschreinerarbeit zum Einsatz kommenden Holzarten müssen über eine ausreichende natürliche Dauerhaftigkeit verfügen. Falls dies nicht der Fall ist, muss das Holz eine geeignete Schutzbehandlung erhalten, damit es biologischen Angriffen (Pilzen und Insekten) einen Widerstand entgegenzusetzen kann.

Manchmal werden auch leichtere Holzarten mit einer niedrigen Wärmeleitfähigkeit zur Verbesserung der Wärmeleistungen der Schreinerarbeitselemente eingesetzt. Diese Holzarten sind im Allgemeinen weniger dauerhaft und in mechanischer Hinsicht weniger resistent, so dass sie einer geeigneten Schutzbehandlung (vom Typ C1 gemäß der STS 52.1) unterzogen werden müssen. Außerdem ist ein geeigneter Deckanstrich und dessen regelmäßige Erneuerung vorzusehen, um die Schwankungen des Feuchtigkeitsgehalts des Holzes – unter anderem als Folge von ablaufendem Wasser oder der relativen Luftfeuchtigkeit – zu begrenzen.

Fenster mit hohen Energieleistungen

sind im Allgemeinen aus Brettschichtholz aufgebaut, da es gestattet, Profile mit einer größeren Maßstabilität herzustellen. Was Außenschreinerarbeiten betrifft, wird empfohlen, für die Verbindung der verschiedenen Lamellen einen Leim der Klasse D4 nach der Norm NBN EN 204 zu wählen.

## Das Profil

Für die Zusammensetzung von Schreinerarbeitssystemen mit hohen Energieleistungen wird üblicherweise Gebrauch gemacht von Profilen aus:

- Brettschichtholz und einem Dämmstoff (Kork, PUR, PIR, ...)
- Massivholz mit mehreren Kammern, ggf. versehen mit einer Einrahmung aus Aluminium oder PVC
- Massivholz, dessen Außenseite aus einem Dämmstoff aufgebaut ist, der eine Schutzschicht aufweist.

Die Einrahmung schützt das Holz gegen die Klimaeinflüsse. Angesichts dessen, dass diese Einrahmung dampfdicht ist, muss zwischen diesem Element und dem Profil eine Lüftung vorgesehen werden. Falls diese nicht gewährleistet werden

kann, darf die Einrahmung nicht direkt auf dem Holz angebracht werden, sondern ist auf einer ausreichend dicken und dampfdichten Dämmschicht anzubringen, um zu vermeiden, dass das Holz befeuchtet werden könnte.

Im Rahmen der DuraPerf-Forschung wurden hygrothermische Simulationen an Typprofilen ausgeführt, wobei die Auswirkung des Regens nicht berücksichtigt wurde (siehe Abbildung 1). Für ein mittleres belgisches Außenklima und eine Raumklimaklasse III weisen sowohl das Profil aus Massivholz (1.1), das Profil mit einem PUR-Dämmstoff an der Außenseite (1.2) als auch das mit einer gelüfteten Aluminiumeinrahmung (1.3) einen niedrigen und akzeptierbaren Feuchtigkeitsgehalt auf. Die Auswirkung einer teilweisen thermischen Unterbrechung wurde ebenfalls bewertet (1.4). Diese teilweise Unterbrechung hat auch keinen beträchtlichen Einfluss auf den Feuchtigkeitsgehalt des Holzes.

## Die Funktion des Deckanstrichs

Der Deckanstrich bietet nicht nur Schutz gegen ultraviolette Strahlen. Dadurch,

(\*) Die Auswirkung der Lösungen zur Verbesserung der Wärmeleistungen von Holzfenstern war bereits Gegenstand der [Dossiers du CSTC 2014/2.7](#).



dass er für die Wasserabsorption an der Außenseite und den Wasserdampftransport zwischen der Schreinerarbeit und der Innen- und Außenumgebung (Trocknung nach außen hin oder Befeuchtung längs der Innenseite) ausschlaggebend ist, hat er auch eine beträchtliche Auswirkung auf die Schwankungen des Feuchtigkeitsgehalts des Holzes und die damit einhergehenden Dimensionsverformungen der Schreinerarbeit.

Es wurden verschiedene Deckanstriche für ein 109 mm dickes Profil aus Massivholz mit einer teilweisen thermischen Unterbrechung (siehe Abbildung 1.4) verglichen. Dies erfolgte anhand numerischer Simulationen, wobei dieses Mal auch die Auswirkung des Regens und somit die Wasserabsorption durch Kapillarität an der Außenseite berücksichtigt wurde. Aus den Ergebnissen hat sich ergeben, dass der Feuchtigkeitsgehalt für ein Profil mit einem nicht beschädigten und durchgängigen Deckanstrich – ungeachtet dem Ausführungstyp – akzeptabel bleibt, sogar wenn der Außendeckanstrich viel dampfdichter ist als der Innendeckanstrich (Verhältnis 8 zu 1).

Für ein identisches Schreinerarbeitsselement, dessen Außenseite Risse oder dessen Deckanstrich Haftungsprobleme aufwies (simuliert durch drei Risse von je 1 mm), lag der Feuchtigkeitsgehalt dagegen ein Stück höher. Dies weist auf die Wichtigkeit der Instandhaltung der Schreinerarbeit und allgemeiner auf den Umstand hin, dass die Wasserabsorption durch Kapillarität wichtiger ist als die anderen Feuchtigkeitsquellen (Wasserdampf).

Die Versuche zur beschleunigten Alterung, die zur Ergänzung der hygrothermischen Simulationen im Rahmen der DuraPerf-Forschung ausgeführt wurden, haben gezeigt, dass – bei einem sehr feuchten Raumklima (z.B. Schwimmbad) – Beschädigungen am Innendeckanstrich zu einer alarmierenden Zunahme des Feuchtigkeitsgehalts des Profils führen können.

## Das Fenster

Die Schreinerarbeitsselemente mit hohen Energieleistungen müssen so konzipiert werden, dass sie eine ausreichende

## Das Nichtvorhandensein oder die Beschädigung des Innendeckanstrichs ist nur bei einem sehr feuchten Raumklima schädlich.

mechanische Festigkeit gegen die Belastungen bieten, deren sie ausgesetzt werden können. Dazu muss man nicht nur eine gute Materialwahl treffen, sondern auch für einen optimalen Entwurf des Profils und der Eckverbindungen sorgen.

Der verwendete Profiltyp hat einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die mechanische Festigkeit der Ecken. Dieser kann ziemlich begrenzt sein, wie es beispielsweise bei Schreinerarbeiten der Fall ist, die mithilfe von Profilen aus Brettschichtholz und einem Dämmstoff ausgeführt sind (denken wir hierbei nur einmal an – sogar teilweise – im Dämmstoff angebrachte Keilzink- oder Zapfenverbindungen). Außerdem erschwert dieser Typ von Profilen nicht selten die Ausführung der Bearbeitungen, die für die Realisierung der Beschläge und der Dichtungsfugen erforderlich sind.

Die Eckverbindungen müssen geschlossen (abgedichtet) sein und die Verleimung muss vorzugsweise mithilfe eines D4-Leims (nach der Norm NBN EN 204) erfolgen. Aus den ausgeführten Versuchen zur beschleunigten Alterung hat sich auch die Wichtigkeit der Verleimungsqualität der Eckverbindungen

ergeben. So wurden örtliche Holzbeschädigungen festgestellt, die auf eine nicht optimale Verleimung zurückzuführen waren (siehe Abbildung 2).

## Die Verglasung

Die Verwendung von weicherem Holz und Dämmstoffen bei der Zusammensetzung von Profilen aus Brettschichtholz kann in bestimmten Fällen die Aufnahme des Eigengewichts der Dreifachverglasung, mit der die Fenster mit hohen Energieleistungen im Allgemeinen ausgestattet sind, beeinträchtigen. Eine gute Verkeilung der Verglasung (ausreichend breite Keile, Verkeilung im widerstandsbietenden Teil des Profils, ...) lässt eine Übertragung des Eigengewichts auf das Profil zu, ohne dass ein Absicherungsrisiko für die Dichtungsfuge der Isolierverglasung besteht.

V. Detremmerie, Ir., Leiter des Laboratoriums Dach- und Fassadenelemente, WTB  
A. Tilmans, Ir., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Energieeigenschaften, WTB  
B. Michaux, Ir., stellvertretender Leiter der Abteilung Gebäudehülle und Schreinerarbeit, WTB



2 | Beschädigung der Ecken als Folge einer nicht optimalen Verleimung





Verbundsysteme, die aus *in situ* verklebten harten Belägen auf einer Außendämmung bestehen (ETICS-Systeme mit harten Belägen), verzeichnen einen wachsenden Erfolg (siehe Les Dossiers du CSTC 2011/4.11). Das WTB hat auf Anfrage verschiedener technischer Komitees mit einer Anzahl von Studien und Untersuchungen begonnen, um sich über die Leistungen dieser Systeme eine Übersicht zu verschaffen und um zur Erstellung eines Referenzdokuments beizutragen, dessen Gegenstand sowohl die an das System und seine Bestandteile zu stellenden Leistungsanforderungen als auch die Entwurfs- und Ausführungsempfehlungen sein wird. Dieser Artikel stellt einen Teil der Forschungsergebnisse in Form von Empfehlungen vor.

## ETICS-Systeme mit harten Belägen

Die betrachteten Systeme bestehen aus Befestigungsmitteln (Tellerdübel und Klebprodukt), steifen Dämmplatten und einer Verkleidung, aufgebaut aus einem ggf. armierten Grundputz, der die Wasserdichtheit sicherstellt, einem Fliesenkleber (in der Regel ein Mörtelkleber, C' nach der Norm NBN EN 12004), einem harten Belag und einem Fugenprodukt.

Die Verklebung muss über mindestens 60 % der Fläche der Dämmplatten und über den gesamten Umfang der Legefläche realisiert werden. Falls ein armierter Grundputz vorhanden ist, muss der Teller der mechanischen Befestigung auf der Oberseite des Armierungsnetzes angebracht werden, das in den frischen Grundputz eingearbeitet ist. Der harte Belag wird mittels eines doppelten Klebeauftrags angebracht, um eine nahezu 100 %-ige Verklebung zu gewährleisten.

Diese ETICS-Systeme sind ‚geschlossene‘ Systeme. Das heißt, dass nur die

Bestandteile, die vom Systeminhaber (im Folgenden ‚Hersteller‘ genannt) in der technischen Dokumentation oder in der ATG ([www.ubatc.be](http://www.ubatc.be)) beschrieben sind, verwendet werden dürfen. Es ist untersagt, Materialien verschiedener Systeme miteinander zu kombinieren.

Bisher gibt es nur wenige Systeme die über eine technische Zulassung verfügen. Die Leistungsanforderungen werden daher im Detail beschrieben, da sie als Basis für die Zulassungsstelle, den Systemhersteller und den Bauunternehmer, der mit einer spezifischen Baustelle konfrontiert wird, dienen können.

### Wahl des harten Belags

Es gibt verschiedene harte Beläge, die in diesem Zusammenhang zur Anwendung kommen können, unter anderem Riemchen aus gebranntem Ton (NBN B 23-004), keramische Fliesen (NBN

EN 14411) und Natursteinplatten (NBN EN 12057 und 1469). Auch die Anwendung anderer Verkleidungstypen, wie z.B. Agglomeratplatten (Klasse A, NBN EN 15286), ist nicht ausgeschlossen.

Der harte Belag muss zahlreiche Spezifikationen und/oder Anforderungen erfüllen, die beispielsweise im Zusammenhang stehen mit der Frostbeständigkeit und/oder der Wärmeschockfestigkeit, der Maßstabilität oder dem Wasserdampfdiffusionswiderstand.

Dunkelfarbige Beläge, die durch einen hohen Sonnenenergie-Absorptionsfaktor  $\alpha_s$  (\*) (NBN EN 410) gekennzeichnet sind, können, wenn sie der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt sind, Temperaturen von mehr als 70 °C erreichen. Die Leistungen des Systems und seiner Bestandteile werden jedoch nur bis zu einer Temperatur von 70 °C bewertet. Demzufolge wird für eine solche Exposition von der Verwendung eines

Begrenzung der Fassadenhöhe in Abhängigkeit des Formats und der Oberflächenmasse des harten Belags sowie der Ausführungsklasse

Fassadenhöhe	Format und Oberflächenmasse <sup>(1)</sup> des harten Belags					Geforderte minimale Ausführungsklasse
	≤ 150 cm <sup>2</sup>	> 150 cm <sup>2</sup> und ≤ 900 cm <sup>2</sup>	> 900 cm <sup>2</sup> und ≤ 1.800 cm <sup>2</sup>		> 1.800 cm <sup>2</sup> <sup>(2)</sup>	
	≤ 60 kg /m <sup>2</sup>	≤ 40 kg/m <sup>2</sup>	≤ 20 kg/m <sup>2</sup>	≤ 40 kg/m <sup>2</sup>	≤ 20 kg /m <sup>2</sup>	
Begrenzung der Fassadenhöhe h	h ≤ 10 m	h ≤ 6 m		h ≤ 3 m		Klasse N
	(h ≤ 25 m <sup>(3)</sup> )	(h ≤ 15 m <sup>(3)</sup> )		(h ≤ 6 m <sup>(3)</sup> )		Klasse S
<sup>(1)</sup> Einige Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 60 kg/m<sup>2</sup>: 30 mm dickes Riemchen aus gebranntem Ton von 2.000 kg/m<sup>3</sup> (NBN B 23-004)</li> <li>• 40 kg/m<sup>2</sup>: 15 mm dicke Natursteinplatte von 2.700 kg/m<sup>3</sup> (NBN EN 1469)</li> <li>• 20 kg/m<sup>2</sup>: 8 mm dicke keramische Fliese der Gruppe Bla von 2.500 kg/m<sup>3</sup> (NBN EN 14411).</li> </ul> <sup>(2)</sup> Zu Informationszwecken, da die gegenwärtige Erfahrung auf Formate ≤ 1.800 cm <sup>2</sup> beschränkt ist. <sup>(3)</sup> Es betrifft hier die nicht zu überschreitende, empfohlene Gebäudehöhe. Die Auferlegung einer Begrenzung muss durch die unabhängige Prüfstelle erfolgen.						

(\*) Dieser Faktor stimmt nicht mit dem Helligkeitsindex (Quantifizierung der Lichtreflexion) überein, der häufig für Putze verwendet wird.



1 | Versuchsmodell für ETICS-Systeme mit harten Belägen



2 | Prüfstand zur Bewertung der Dauerhaftigkeit

Belags mit einem Energieabsorptionskoeffizienten von mehr als 0,7 (70 %) abgeraten, es sei denn dass eine spezifische Studie für die gegebene Lage ausgeführt wird. Denn der Hersteller kann die Verwendung von dunkleren Farben ( $\alpha_e > 0,7$ ) rechtfertigen, wenn der Belag ausreichend dick ist und/oder seine Wärmeleitfähigkeit ziemlich niedrig ist (in dieser Hinsicht weniger ungünstig).

So wie bereits in [Les Dossiers du CSTC 2015/2.11](#) erwähnt wurde, kommen bei Fliesenarbeiten immer häufiger größere – und folglich schwieriger zu verlegende – Fliesen zur Anwendung. Wir möchten jedoch darauf hinweisen, dass die gegenwärtige Erfahrung mit den oben erwähnten ETICS-Systemen – insbesondere wenn der Belag aus großformatigen Fliesen besteht – eher begrenzt ist.

### Beständigkeit gegen klimatische Belastungen (Dauerhaftigkeit)

Das Risiko hinsichtlich einer Ablösung und des Verlustes der funktionellen Eigenschaften (wie der Wasserdichtheit) als Folge der klimatischen Belastungen (hygrothermische Schwankungen, Wärmeschocks, Schlagregen, Frost-Tau-Wechsel) muss begrenzt werden. Dazu muss die Beständigkeit gegen klimatische Belastungen des Systems gemäß der belgischen Entwurfsnorm prNBN B 62-400 (Umsetzung des UBAtc-Verfahrens BA-521-1) bewertet werden.

Diese Norm sieht vor, dass ein repräsentatives Modell (siehe Abbildung 1) in

einer Klimakammer (siehe Abbildung 2) einer Reihe von Alterungszyklen unterzogen werden muss, um das Risiko hinsichtlich des Ablösens oder eines beträchtlichen Schadens am System einerseits und der Haftung der Verkleidung an der Dämmung und zwischen den Schichten untereinander andererseits zu bestimmen. Es wurden nicht nur Kriterien für visuelle Feststellungen (Nichtvorhandensein eines Schadens) auferlegt, sondern auch für die minimal zu erreichende Haftfestigkeit und deren maximale Abnahme (siehe Entwurfsnorm). Das Verfahren und die Kriterien basieren auf der gegenwärtigen Erfahrung und dem derzeitigen Wissen. Es ist nicht ausgeschlossen, dass andere Versuchsverfahren (plötzlichere Wärmeschocks, Frostprüfungen mit höheren Imprägniergraden) strenger sind.

### Begrenzung der Fassadenhöhe

Angesichts der fehlenden Erfahrung hinsichtlich des Verhaltens der Technik (Dauerhaftigkeit der Verkleidungshaftung und Risiko eines schädlichen Falls), der Risiken bei der Verwendung sehr großer Elemente, der Entwicklung der Verordnungen (z.B. Brandverhütung), des Einflusses der Ausführung und der klimatischen Bedingungen, unter denen diese stattfindet, ist es von äußerster Wichtigkeit, die Ausführungsklasse einzuhalten und – falls erforderlich – das Anwendungsgebiet einzuschränken.

Die Ausführungsklassen, die von der Ausführungskontrolle auf der Baustelle

abhängig sind, sind wie folgt definiert:

- Ausführungsklasse N (normal): Die Ausführung erfolgt unter kontinuierlicher Überwachung von qualifiziertem und erfahrenem Personal des Unternehmens, das die Arbeiten ausführt und ist Gegenstand einer normalen Überwachung durch den Planer
- Ausführungsklasse S (speziell): Die Ausführung erfolgt unter kontinuierlicher Überwachung von qualifiziertem und erfahrenem Personal des Unternehmens, das die Arbeiten ausführt. Die normale Überwachung wird ergänzt durch eine regelmäßige und häufige Überwachung durch qualifiziertes Personal, das nicht zum Unternehmen gehört, das die Arbeiten ausführt.

Die Tabelle auf der vorherigen Seite gibt eine Übersicht über die Fassadenhöhen, die man mit diesem System nicht überschreiten sollte.

In Abhängigkeit der Leistungen und Kennwerte des Systems und seiner Bestandteile können auch noch andere Einschränkungen auferlegt werden (siehe Langfassung dieses Artikels). ■

*Y. Grégoire, Ir., Abteilungsleiter, I. Dirckx, Ir., Projektleiter, und S. Mertens, Ir., Forscher, Abteilung Materialien, WTB*

*Dieser Artikel wurde verfasst mit der Unterstützung:*

- von InnovIRIS, im Rahmen des „INNOV-ETICS“-Projekts
- der DGO6, im Rahmen des Technologischen Beratungsdienstes COM-MAT „Matériaux et techniques de construction durables“.



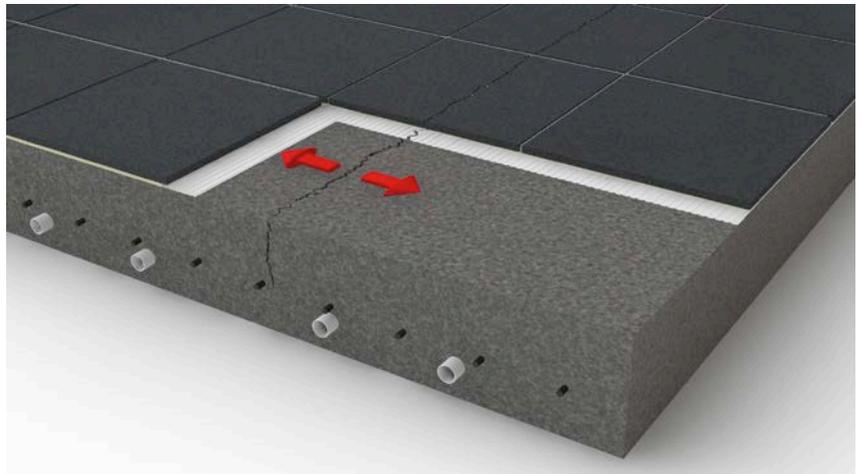
Gegenwärtig werden im Deckenaufbau zwischen dem Untergrund und den Fliesen immer häufiger Systeme für die Entkopplung, Rissüberbrückung, Spannungsverteilung, akustische oder thermische Verbesserung, Drainage und/oder Wasserabdichtung (\*) eingesetzt. Denn diese Systeme müssten es ermöglichen, die Anzahl von Schadenfällen zu verringern und – da man für das Anbringen einer Deckschicht den Herstellern zufolge nicht bis zur vollständig erfolgten Schwindung des Estrichs warten muss – die Gesamtbauzeit zu verkürzen.

# Entkopplungssysteme für Fliesenböden

## Entkopplungsmatten und -membranen

Entkopplungssysteme bestehen im Allgemeinen aus Matten oder Membranen, die zwischen den Bodenbelag (z.B. Fliesen) und den Estrich gelegt werden. Obwohl deren Anwendung nicht obligatorisch vorgeschrieben ist, bieten sie in der Praxis wichtige Vorteile, vor allem wenn große Bewegungen oder Spannungen im Deckenaufbau erwartet werden (z.B. bei beheizten Böden oder Außenböden, bei der Anwendung von großformatigen Fliesen oder langen Stäben von Parkettimitat oder einer zueinander versetzten Verlegung mit sich kreuzenden Fugen). Denn diese Entkopplung sorgt dafür, dass die Spannungen, horizontalen und vertikalen Bewegungen, Verschiebungen und Vibrationen nicht (oder nur teilweise) von der einen auf die andere Schicht übertragen werden, wodurch sie abgeschwächt oder sogar vollständig absorbiert werden und das Risiko in Bezug auf die Rissbildung und Ablösung begrenzt wird (siehe Abbildung 1).

Auf dem belgischen Markt sind Dutzende Arten von Entkopplungssystemen für Fliesenböden erhältlich, meistens in Form von dünnen Membranen und strukturierten Matten.



1 | Ohne Entkopplungssystem setzt sich die Rissbildung im Estrich auch im Bodenbelag fort.

Diese Systeme können manchmal mehrere Funktionen gleichzeitig erfüllen. So findet man nicht selten Systeme, die sowohl eine entkoppelnde als auch eine rissüberbrückende Funktion aufweisen.

Die Dicke der Entkopplungsschichten variiert von einigen Zehnteln eines Millimeters für die flachen Membranen bis zu einigen Millimetern für die strukturierten Matten. Wenn die Entkopplungsschicht auch eine Drainagefunktion sicherstellt, kann diese Dicke mehr als einen Zentimeter betragen.

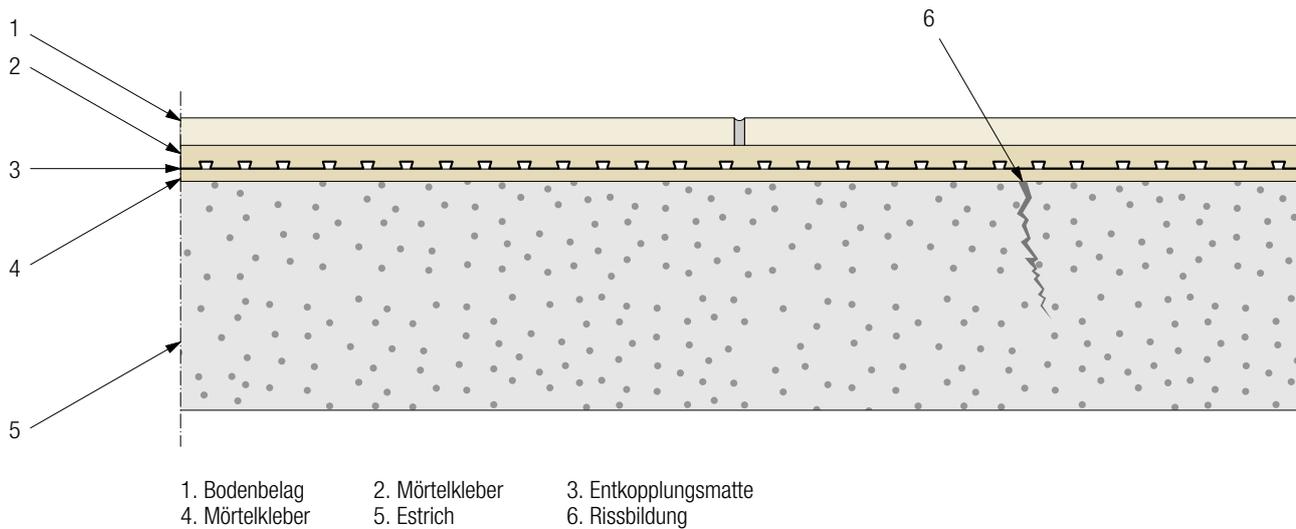
Die Membranen und Matten sind im Allgemeinen aus einem synthetischen Grundmaterial (häufig aus PP oder PE) aufgebaut, das ggf. eine bestimmte Struktur (z.B. leicht wellig, mit Noppen oder schwalbenschwanzförmig) aufweist und mit einem (PP- oder PE-)Vlies, der gewebt sein kann, versehen ist.

## Fehlender normativer Rahmen

Entkopplungssysteme werden bisher nicht von einer Norm reglementiert, die ihre Eigenschaften definiert, eine Klas-

Entkopplungssysteme sorgen dafür, dass Spannungen nicht von der einen auf die andere Schicht übertragen werden.

(\*) Diese Wasserabdichtung ist nicht mit der für Flachdächer identisch.



## 2 | Schematische Darstellung eines Fliesenbodens mit einer Entkopplungsmatte

sifizierung aufstellt und Prüfverfahren vorschreibt. Demzufolge ist es schwierig, die verschiedenen verfügbaren Systeme untereinander zu vergleichen und ihre Entkopplungsfunktion zu bewerten.

Bauunternehmer und Architekten, die die Systeme einsetzen möchten, können daher nur auf die vom Hersteller für den technischen Vertrieb zur Verfügung gestellten Informationen oder auf die ausländischen Zulassungen zurückgreifen, über die manche dieser Produkte verfügen. Darin wird das Entkopplungsverhalten jedoch häufig nicht erwähnt.

### Derzeitige WTB-Ausführungsrichtlinien

Die **TI 237** ‚Revêtements de sol intérieurs en carreaux céramiques‘ bespricht unter anderem die Verlegung von Fliesen auf einer Entkopplungsmatte oder

-membran. In diesem Dokument wird erklärt, dass man die Matte in den auf dem Estrich aufgetragenen und gekämmten Mörtelkleber drückt (siehe Abbildung 2) und danach mithilfe einer flachen Putzkelle oder einer Druckrolle von der Mitte nach außen hin andrücken muss. Anschließend muss man auf der Matte eine zweite – gekämmte – Schicht Mörtelkleber anbringen, auf der die Fliesen mit einer leichten Schiebebewegung zu verlegen sind.

Man muss bei der Verlegung natürlich die Vorschriften des Herstellers berücksichtigen. Denn diese geben häufig spezifisch zu beachtende Punkte bezüglich des Anwendungsgebiets und/oder der Ausführung an. In diesem Zusammenhang werden beispielsweise Informationen geliefert:

- ob das Produkt im Außenbereich angewendet werden darf oder nicht
- über die möglichen Einschränkungen

hinsichtlich der Anwendung von dünnen oder sehr kleinen Fliesen (z.B. Mosaikfliesen)

- über die empfohlene Verlegungsweise der Matte oder der Membran: durchlaufend oder nicht und ohne Unterbrechung in Höhe der spezifischen Verteilerfugen; überlappend oder versetzt verlegt, mit oder ohne Dichtungsbänder.

*T. Vangheel, Ir., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Rohbau- und Ausbaumaterialien, WTB*

*S. Mertens, Ir., Forscher, Abteilung Materialien, WTB*

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

*Dieser Artikel wurde im Rahmen des vom IWT geleiteten VIS/TR-IV-Projekts und des Technologischen Beratungsdienstes COM-MAT verfasst.*

## Pränormative Studie

Da es bisher keinen normativen Rahmen gibt, hat das WTB dieses Jahr mit einer pränormativen Studie über die Entkopplungssysteme begonnen, um einen diesbezüglichen Normvorschlag auszuarbeiten, ein Prüfverfahren zur Bewertung des Entkopplungsverhaltens zu etablieren und den technischen Bericht CEN/TR 13548 ‚General rules for the installation and design of ceramic tiling‘ zu vervollständigen. Ziel dieser Studie ist es auch, die Ausführungsrichtlinien für Entkopplungssysteme zu verfeinern.



In den letzten Jahren sind zahllose neue Anstrichfarben auf dem Markt erschienen, die vorgeben, reflektierende, dämmende, kondensationsverhindernde oder Niedrigemissivitätseigenschaften zu besitzen. Um die wirklichen Leistungen dieser Anstrichfarben zu bewerten, wurden verschiedene numerische Simulationen an Reproduktionen von existierenden Konstruktionen oder Gebäuden ausgeführt. Dieser Artikel bespricht die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchung.

## Können Anstrichfarben den thermischen Komfort verbessern?

Die Anwendung einer Anstrichfarbe kann die thermischen Oberflächeneigenschaften eines Materials ändern. Ausgehend von diesem Prinzip wurden neue Anstrichfarben im Hinblick auf die Verringerung des Energieverbrauchs von Gebäuden, die Verbesserung des thermischen Komforts oder das Vermeiden von Kondensationserscheinungen entwickelt. Wir unterscheiden zwei Kategorien von Anstrichfarben:

- Anstrichfarben für den Außenbereich, häufig reflektierende Anstrichfarben genannt
- Anstrichfarben für den Innenbereich, worunter die wärmedämmenden Deckanstriche und die Niedrigemissivitätsanstrichfarben fallen.

### Reflektierende Anstrichfarben

Diese im Allgemeinen weißen Anstrichfarben werden bei Außenanwendungen (meistens auf Dächern) eingesetzt und reflektieren einen beträchtlichen Teil der Sonnenstrahlung. Indem die aufgenommene Menge an Strahlungsenergie verringert wird, erwärmt sich die Gebäudewand weniger und es wird eine kleinere Wärmemenge an die Innenumgebung des Gebäudes übertragen. Dies ermöglicht es einerseits, den Kühlbedarf zu verringern und andererseits den thermischen Komfort der Bewohner im Sommer zu verbessern (1).

Obwohl die Anwendung dieser Anstrich-

farben in sehr sonnigen Gebieten gewöhnlich hervorragende Ergebnisse liefert, ist dies in Ländern wie Belgien nicht immer selbstverständlich. Denn aus numerischen Simulationen von verschiedenen Dach- (Beton-, Holz- und Metaldächern) und Dämmkonfigurationen (keine Dämmung, 6 cm und 18 cm dicker Dämmstoff) hat sich ergeben, dass diese Anstrichfarben die Sonnengewinne bei uns während des Winters sinken lassen, was mit einem Anstieg des Energieverbrauchs einhergeht. Die Berechnungen zeigen, dass der Anstieg der Verluste durch die behandelte Wand hindurch – im Vergleich zu einer nicht behandelten Wand mit identischem Wärmedämmniveau – stets in der Größenordnung von 14 % liegt (siehe die Langfassung dieses Artikels für die Hypothesen und die vollständigen Ergebnisse).

Im Sommer sorgen die reflektierenden Anstrichfarben den numerischen Simulationen zufolge durchaus für eine Verringerung des Energieverbrauchs, sofern auch eine aktive Kühlung vorhanden ist. Falls überhaupt keine Klimatisierung installiert ist, sorgen sie außerdem für eine Verbesserung des thermischen Komforts. Diese Wirkung nimmt jedoch in dem Maße ab, wie das Dämmniveau des Gebäudes zunimmt.

Für das in unserer Untersuchung analysierte **Bürogebäude** galt, dass die Verringerung des Kühlbedarfs in der

Sommerzeit durch den Anstieg des Heizungsbedarfs in der Winterzeit kompensiert wurde. Angesichts der Jahresbilanz hatte es somit wenig Sinn, eine reflektierende Anstrichfarbe anzuwenden. Die Verbesserung der Wärmedämmung sorgte dagegen sowohl für eine Verringerung des Energieverbrauchs im Winter als auch für eine Verbesserung des thermischen Komforts im Sommer. Diese Lösung erhielt daher den Vorzug.

Für **bestehende Gebäude** ist die Nutzungsbilanz dieser Anstrichfarben von zahlreichen Parametern, wie der Gebäudebestimmung (Büros, Geschäfte, Unternehmen, ...), dem Dämmniveau oder dem Heizungsbedarf, abhängig. So kann der Anstieg der Wärmeverluste beispielsweise bezogen auf den Gesamtverbrauch des Gebäudes zu vernachlässigen sein. Diese Bilanz muss somit von Fall zu Fall bewertet werden, um den Nutzen der Anwendung dieser Anstrichfarben zu überprüfen. Es muss ferner ein Vergleich mit anderen Lösungen, wie einer besseren Dämmung, angestellt werden, die in Belgien unserer Meinung nach noch immer vorzuziehen ist.

### Wärmedämmende und Niedrigemissivitätsanstrichfarben

Ziel dieser Anstrichfarben für Innenanwendungen ist es, den thermischen Komfort zu verbessern und den Energieverbrauch im Winter zu verringern.

(1) Diese Anstrichfarben würden es auch ermöglichen, die thermischen Spannungen in Baumaterialien zu reduzieren. Dieser Punkt wurde bereits in [Les Dossiers du CSTC 2012/4.13](#) beschrieben und wird nicht weiter Gegenstand dieses Artikels sein.



Wärmedämmende Anstrichfarben enthalten hohle Glaskugeln oder poröse keramische Füllstoffe. Sie beruhen darauf, dass sie das Dämmniveau der Wände erhöhen, indem sie örtlich die Wärmeleitfähigkeit absenken. Man geht auch häufig davon aus, dass durch die Anwendung dieser Anstrichfarben die Kondensationserscheinungen abnehmen. Niedrigemissivitätsanstrichfarben basieren wiederum auf einem anderen Arbeitsprinzip: Sie weisen eine angepasste Zusammensetzung auf, um die Wärmeübertragung durch Strahlung zu begrenzen, wodurch der Wärmewiderstand der Wandoberfläche zunimmt.

Um die Leistungen dieser Deckanstriche zu bewerten, wurden numerische Simulationen hinsichtlich des Verhaltens eines mit einem Fenster ausgestatteten Innenraums ausgeführt, und zwar für verschiedene Dämmniveaus (keine Dämmung, 6 cm oder 18 cm dicker Dämmstoff). Die thermischen Eigenschaften der für die Berechnungen verwendeten Anstrichfarben wurden den technischen Merkblättern der Hersteller entnommen. Die Wärmeverluste sowie die Wirkungen auf die Komforttempera-

tur und die Oberflächentemperatur der Wände wurden berechnet.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Auswirkung dieser Deckanstriche auf den thermischen Komfort stark von der betrachteten Konfiguration abhängt. So haben die wärmedämmenden Anstrichfarben nur eine Wirkung (Erhöhung des Wärmewiderstandes um 7 %), wenn sie in größeren Dicken (mindestens 3 mm) an einer nicht gedämmten Wand angebracht werden. Für die Niedrigemissivitätsanstrichfarben gilt die gleiche Feststellung (siehe Abbildung 1).

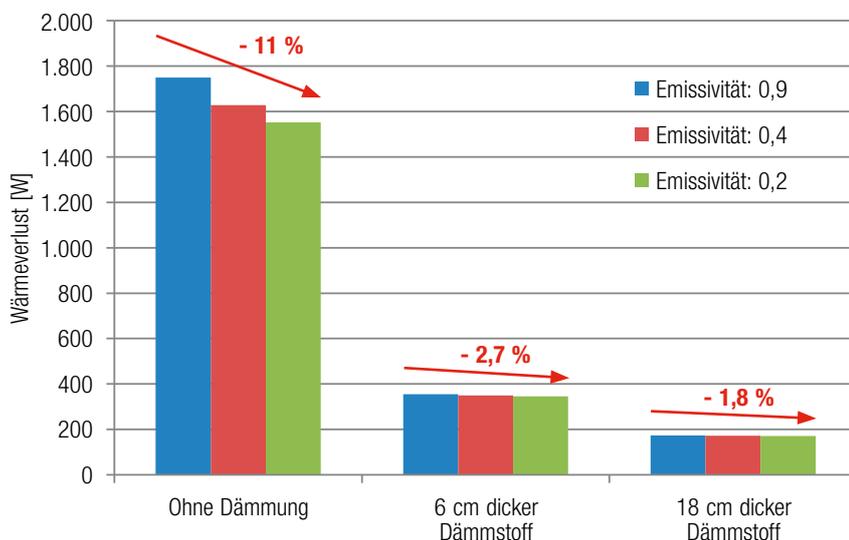
Die Wärmeverluste werden nur im Falle nicht gedämmter Wände beträchtlich reduziert (Größenordnung 11 %). Ein Deckanstrich mit einer solchen Anstrichfarbe ermöglicht es auch, die Komforttemperatur um mehr als 1 °C (2) steigen zu lassen, was auf eine Verringerung der Auswirkung der Wand auf das Kältegefühl hinweist, das von den Bewohnern empfunden wird. Wenn die Wand jedoch gedämmt ist, werden die Wirkungen der Niedrigemissivitätsanstrichfarben vernachlässigbar. Außerdem bringen sie eine Absenkung der

Oberflächentemperatur der Wand mit sich. In bestimmten Fällen ist dies ausreichend, um den Temperaturfaktor (3) bis unter die Schwelle von 0,7 sinken zu lassen, was zu einem erhöhten Risiko in Bezug auf Kondensation und Schimmelbildung führt.

Schließlich ergibt sich aus den Berechnungen, dass das Anbringen oder das Verbessern der Dämmung zu einer stärkeren Begrenzung der Wärmeverluste und einem größeren Anstieg der Komforttemperatur führt als die Anwendung der oben erwähnten Anstrichfarbtypen. Die Anwendung einer Dämmung genießt folglich stets den Vorzug. |

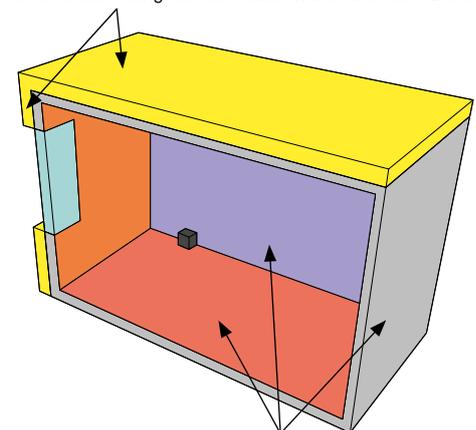
*G. Flamant, Ir., Ex-WTB-Mitarbeiter  
A. Tilmans, Ir., und N. Heijmans, Ir.,  
stellvertretende Leiter des Laboratoriums  
Energieeigenschaften, WTB  
E. Cailleux, Dr., stellvertretender Leiter des  
Laboratoriums Holz und Coatings, WTB*

*Dieser Artikel wurde im Rahmen der  
Technologischen Beratungsdienste  
SUREMAT und COM-MAT verfasst, die  
durch die Wallonische Region bezuschusst  
werden.*



1 | Entwicklung der Wärmeverluste bei der Anwendung von Niedrigemissivitätsanstrichfarben in Kombination mit verschiedenen Wärmedämmniveaus

Wärmedämmung auf der Außenwand und dem Dach



Innenwände ohne Wärmeübertragung

2 | Modell eines bei den numerischen Simulationen verwendeten Innenraums

(2) Mittelwert zwischen der Lufttemperatur und der Strahlungstemperatur der Wände.

(3) Dieser Faktor schwankt zwischen 0 und 1 und gibt die Innentemperatur einer Wand bezogen auf die Innen- und Außentemperaturen an. Wenn dieser Wert gleich 1 ist, ist die Oberflächentemperatur der Wand gleich der Innentemperatur des Raums (günstigste Situation). Ein Wert von 0 gibt an, dass die Oberflächentemperatur gleich der Außentemperatur ist (ungünstigste Situation).



Die Norm NBN B 62-003 über die Berechnung der Wärmeverluste von Gebäuden, die für die Dimensionierung von Heizungsanlagen benötigt wird, hat nach fast dreißig Jahren ihren Platz für die aus dem Jahr 2003 datierende europäische Norm NBN EN 12831 und ihren im Juni 2015 veröffentlichten nationalen Anhang geräumt.

# Berechnung der **Wärmeverluste**: Ersatz der Norm NBN B 62-003 durch die Norm NBN EN 12831

## Erwärmungsleistung

Obwohl das Prinzip zur Berechnung der Wärmeverluste größtenteils unverändert bleibt, sind doch einige wichtige Unterschiede hervorzuheben. Um die Anwendung der neuen Methode zu erleichtern, wurde ein kostenloses Rechentool für Baufachleute auf unserer Website ([www.cstc.be](http://www.cstc.be), Rubrik, Outils de calcul\*) zur Verfügung gestellt.

Eine der wichtigsten Änderungen, die in der Norm NBN EN 12831 durchgeführt wurden, betrifft die Erwärmungsleistung. Dies ist die Leistung, die notwendig ist, um schnell erneut die Nenninnentemperatur nach einem Zeitraum des Betriebs mit verringerter Heizungsanlageleistung zu erreichen (z.B. nachts in einer Woh-

nung oder während des Wochenendes in einem Schulgebäude).

Obwohl dieses Thema Gegenstand eines wenig bekannten Anhangs der Norm NBN B 62-003 war, wurde es in der Praxis fast nie berücksichtigt. Angesichts der Verschärfung der Energieleistungen von Gebäuden muss man künftig jedoch der Erwärmungsleistung, die gegenüber den Wärmeverlusten durch Transmission und durch Lüftung an Bedeutung gewinnt, eine besondere Aufmerksamkeit schenken. Dies ist der Grund, warum dieser Aspekt in das normierte Rechenverfahren aufgenommen wurde. Die Nutzung von Tabellenwerten erleichtert diese Berechnung.

In bestimmten Fällen, vor allem wenn das Regelsystem während der kältesten Tage

automatisch den Betrieb mit verringerter Leistung abschalten kann, ist es nicht notwendigerweise bei der Dimensionierungsberechnung der Heizungsanlagen erforderlich, die Erwärmungsleistung zu berücksichtigen. Es ist jedoch empfehlenswert, hierüber klare Vereinbarungen mit dem Kunden zu treffen.

## Lüftungsverluste

Eine zweite Änderung betrifft die detailliertere Berechnung der Lüftungsverluste und die Berücksichtigung der Luftdichtheit von Gebäuden. Man muss mit anderen Worten über genaue Informationen bezüglich der Lüftungsvolumenströme und der Temperatur der zugeführten Luft bei einer mechanischen Doppellüftung verfügen. Außerdem kann die Leistung der Heizungsanlagen durch das Entwerfen und Bauen von luftdichteren Gebäuden reduziert werden. Wir möchten darauf hinweisen, dass die Verwendung von Vorgabewerten es ermöglicht, einerseits eine Berechnung der Wärmeverluste – sogar beim Fehlen bestimmter Daten – vorzunehmen und andererseits eine Unterdimensionierung durch die Anwendung von zu niedrigen Luftdurchflüssen zu vermeiden. Dazu muss man jedoch die Nettodeckenfläche und das Innenvolumen der verschiedenen Räume kennen.

## Transmissionsverluste

Eine dritte wichtige Änderung betrifft die Berechnung der Transmissionsverluste





## Eine der wichtigsten Änderungen, die in der Norm NBN EN 12831 durchgeführt wurden, betrifft die Erwärmungsleistung.

über den Boden. Denn man muss nicht länger die Wärmeverluste in Richtung des Bodens, sondern die nach außen berechnen, die sich durch den Boden hindurch ergeben. Das bedeutet, dass man eine Korrektur hinsichtlich des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) der Decken und der Wände vornehmen muss, die mit dem Boden in Kontakt stehen. Dazu kann man die Tabellen und Grafiken benutzen, die in der Norm vorliegen. Wenn man das WTB-Rechentool verwendet, wird diese Korrektur automatisch durchgeführt. Die Bruttodeckenfläche und der exponierte Umfang der Räume, die mit dem Boden in Kontakt stehen, müssen dazu bekannt sein.

Bei existierenden Gebäuden ist es nicht immer selbstverständlich, dass man Kenntnis über den U-Wert der verschiedenen Wände erhält. Obwohl

eine gründliche Kenntnis der Wandzusammensetzung und eine genaue Berechnung des zugehörigen U-Werts in diesem Zusammenhang mit aller Entschiedenheit empfohlen werden, muss man sich dessen bewusst sein, dass dies in der Praxis nicht immer möglich ist. Um dieses Problem zu beseitigen, wurde der Katalog der indikativen U-Werte von einer Anzahl gängiger Wände aktualisiert und ebenfalls auf unserer Website

([www.cstc.be](http://www.cstc.be), Rubrik ‚Outils de calcul‘) kostenlos zur Verfügung gestellt. **I**

C. Delmotte, Ir., Leiter des Laboratoriums  
Leistungsmessungen technischer Anlagen,  
WTB

Dieser Artikel wurde im Rahmen der  
Aktivitäten der Normen-Außenstelle  
‚Energie und Raumklima‘ verfasst, die vom  
FÖD Wirtschaft bezuschusst wird.

## Nützliche Informationen

Künftig benutzt man besser den Ausdruck ‚Wärmebelastung‘ statt von ‚Wärmeverlusten‘ zu sprechen. Denn dieser Ausdruck umfasst sowohl die Wärmeverluste durch Transmission und durch Lüftung als auch die Erwärmungsleistung.

Charges thermique nominale			
<b>Bâtiment</b>			
Dépense par transmission $\Phi_{Tj}$ W	Dépense par renouvellement d'air $\Phi_{Rj}$ W	Surpense de relance $\Phi_{Sj}$ W	Dépense calorifique totale $\Phi_{Cj}$ W
6214	4086	6419	16719
<b>Espaces chauffés</b>			
Dépense par transmission $\Phi_{Tj}$	Dépense de base par renouvellement d'air		
1 Séjour 218	Séjour Cuisine Buanderie Remise rez Bureau WC 1 Entrée Hall de nuit Chambre 3 Chambre 2 Chambre 1 Dressing Remise ét. WC 2 Salle de bains Grenier		
19 2 Cuisine 983	Volume intérieur $V_i$		
20 3 Buanderie -57	Température extérieure $\theta_{e}$		
21 4 Remise rez -61	Température intérieure $\theta_{i}$		
22 5 Bureau 524	<b>Ventilation de base minimale</b>		
23 6 WC 1 7	Taux minimal de renouvellement $n_{min}$		
24 7 Entrée 356	Débit d'air minimal $V_{min}$		
25 8 Hall de nuit -7	<b>Infiltration d'air</b>		
26 9 Chambre 3 25	Taux de renouvellement à 50 Pa $n_{50}$		
27 10 Chambre 2 404	Coefficient d'exposition $e$		
28 11 Chambre 1 38	Facteur correctif de hauteur $a$		
29 12 Dressing 3	Débit d'infiltration $V_{inf}$		
30 13 Remise étage -22	<b>Système de ventilation</b>		
31 14 WC 2 -63	Air extrait $V_{ext}$		
32 15 Salle de bains 725	Air fourni $V_{fou}$		
33 16 Grenier 58	Température de l'air fourni $\theta_{fou}$		
34 17 27	Facteur de réduction $f_{r1}$		
35 18 28	Air transféré $V_{tra}$		
36 19 29	Température de l'air transféré $\theta_{tra}$		
37 20 30	Facteur de réduction $f_{r2}$		
38 31	Débit d'air excédentaire $V_{exc}$		
39 32	Débit d'air excédentaire (espace) $V_{exc,e}$		
40 33	<b>Dépense par renouvellement d'air</b>		
41 34	Débit d'air réduit $V_i$		
42 35	Coefficient de déperdition $H_{Dj}$		
	Ecart de température $\theta_{int}/\theta_e$		
	Dépense (espace) $\Phi_{Rj}$		

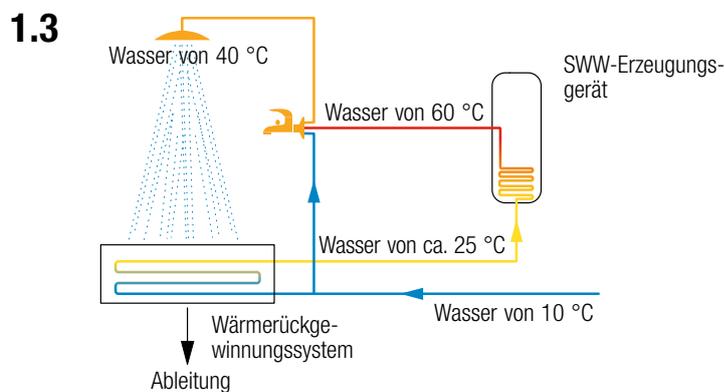
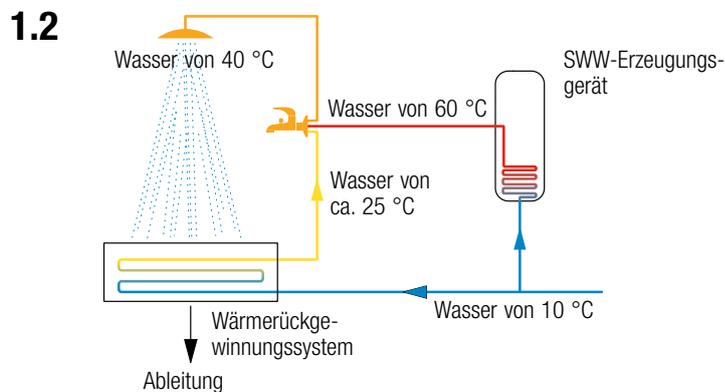
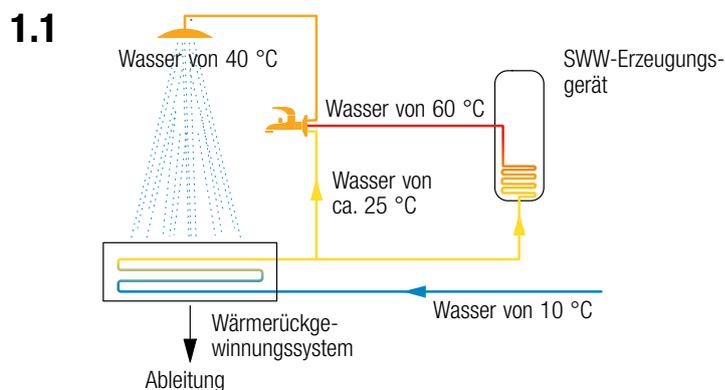
  

Données relatives aux espaces					
<b>Données climatiques</b>					
Température extérieure de base $\theta_{e}$ °C	-8				
Moyenne annuelle de la température extérieure $\theta_{m,a}$ °C	10				
<b>Données sur les espaces chauffés</b>					
Nom de l'espace	Température de base $\theta_{int}$ °C	Aire nette de plancher $A_n$ m <sup>2</sup>	Volume intérieur $V_i$ m <sup>3</sup>	Aire brute de plancher $A_b$ m <sup>2</sup>	Périmètre exposé $P$ m
1 Séjour	20	39.3	96.3	44.3	13.5
2 Cuisine	20	12.8	31.4	15.4	5.9
3 Buanderie	16	8.0	19.7	9.1	0.0
4 Remise rez	16	5.0	12.3	5.9	0.0
5 Bureau	20	14.6	35.8	16.9	3.6
6 WC 1	16	1.8	4.4	2.4	1.0
7 Entrée	16	7.5	18.5	9.8	6.5
8 Hall de nuit	16	14.3	34.3		
9 Chambre 3	18	17.0	40.7		
10 Chambre 2	18	16.7	40.0		
11 Chambre 1	18	16.1	38.8		
12 Dressing	18	5.7	13.6		
13 Remise étage	16	0.9	2.2		
14 WC 2	16	1.2	2.8		
15 Salle de bains	24	10.1	24.1		
16 Grenier	18	85.8	105.6		
Total		256.8	520.4	103.7	30.5
<b>Données sur le sol</b>					
Aire brute $A_b$ m <sup>2</sup>		103.7			
Périmètre $P$ m		30.5			

Auf unserer Website wird ein kostenloses Rechentool für Baufachleute zur Verfügung gestellt.

Damit bis zum Jahr 2020 das Ziel der fast energieneutralen Gebäude (NZEB bzw. *Nearly Zero Energy Buildings*) erreicht wird, wurde die Jagd auf die Energieverschwendung eröffnet. Sanitäres Warmwasser (SWW) wird im Allgemeinen auf 60 °C erwärmt und nach der Nutzung direkt in die Kanalisation eingeleitet, mit allen damit verbundenen Wärmeverlusten. Wärmerückgewinnungssysteme für Duschen können in diesem Zusammenhang eine nützliche Lösung sein. Obwohl die Anwendung dieser Systeme im Ausland schon sehr verbreitet ist, werden sie in Belgien noch immer nicht oder selten eingesetzt.

# Wärmerückgewinnung aus Abwasser



1 | Drei Anschlussmöglichkeiten zwischen dem Wärmerückgewinnungssystem, dem Mischventil und dem SWW-Erzeugungsgerät

Die Systeme für die Wärmerückgewinnung aus Abwasser gibt es schon seit dem Beginn der 1990er Jahre. Trotz der Erfahrung von 25 Jahren mit dieser Technologie und des in diesem Zusammenhang verzeichneten Fortschritts hat deren Einsatz bisher noch nicht bei den belgischen Planern und Installateuren Eingang gefunden. Dennoch werden diese Geräte – in Anbetracht der allmählichen Entwicklung hin zu fast energieneutralen Gebäuden – zweifellos ihren Platz in der Palette der technischen Lösungen finden. Deshalb ist es wichtig, ihre Funktionsweise zu kennen.

## Arbeitsprinzip

Das Wärmerückgewinnungssystem besteht aus einem Wärmetauscher, der aus einem konzentrischen oder untergetauchten Röhrensystem aufgebaut ist, das die Wärmeübertragung zwischen dem abgeleiteten Abwasser (30 bis 35 °C) und dem zugeführten kalten Wasser (10 bis 20 °C) durch eine einfache oder eine doppelte Wand hindurch sicherstellt. Dieses System hat im Allgemeinen zur Folge, dass die Zufuhr des Warmwassers und die Ableitung des Abwassers gleichzeitig stattfinden. Im Falle von Einfamilienhäusern wird es in der Regel nur für die Dusche genutzt. Bei großen Gebäuden kann man dagegen die Wärmerückgewinnung aus dem gesamten Grauwasser in Erwägung ziehen.

## Anschluss

Es gibt drei Anschlussmöglichkeiten (siehe Abbildung 1):

- 1.1: Das vorgewärmte Wasser strömt sowohl zum SWW-Erzeugungsgerät als auch zum Mischventil der Dusche
- 1.2: Das vorgewärmte Wasser strömt nur zum Mischventil
- 1.3: Das vorgewärmte Wasser strömt nur zum SWW-Erzeugungsgerät.



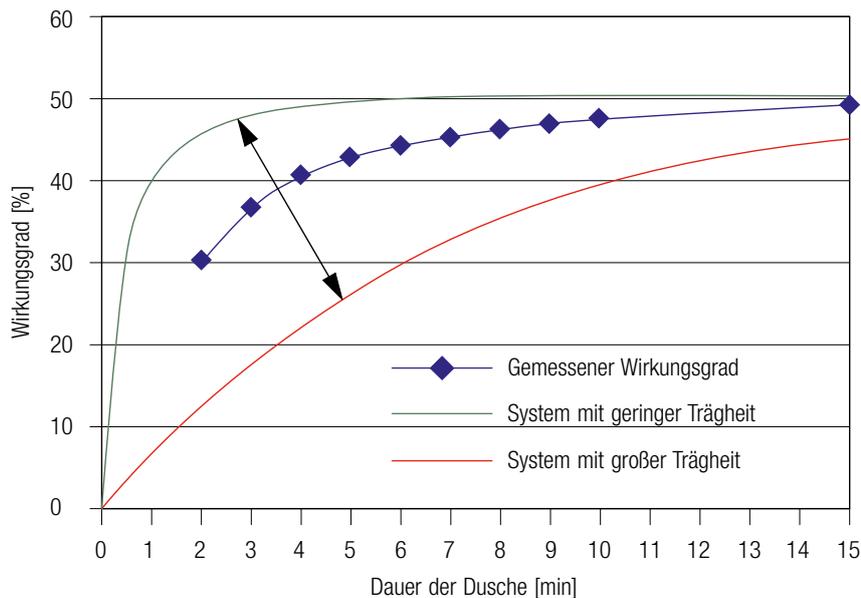
## Wirkungsgrade

Der thermische Wirkungsgrad des Wärmerückgewinnungssystems ist das Verhältnis zwischen dem Wärmeverlust des Abwassers und dem Unterschied zwischen der Eingangstemperatur des Abwassers und der Eingangstemperatur des kalten Wassers im Gerät. Die meisten auf dem Markt erhältlichen Modelle verfügen über ein von der gleichnamigen Zertifizierungsstelle ausgestelltes Kiwa-Zertifikat, das die Wirkungsgrade für verschiedene Nutzungsdurchflüsse angibt. Die derzeitigen Modelle erreichen thermische Wirkungsgrade von 25 bis 70 %.

## Einflussparameter

In der Praxis gibt es zahlreiche, mit der Ausführung und Nutzung verbundene Faktoren, die die Temperatur des Wassers am Eingang des Wärmerückgewinnungssystems beeinflussen und den Wirkungsgrad verringern (realer Wirkungsgrad, unter Berücksichtigung all dieser anderen Faktoren). Einige davon sind schon allgemein bekannt, eine Anzahl anderer waren es dagegen bis vor kurzem noch nicht:

- der Anschlusstyp (siehe Abbildung 1): Der Anschluss 1.2 bringt gegenüber dem Anschluss 1.1 im Allgemeinen einen Wirkungsgradverlust von ca. 20 % mit sich (und beim Anschluss 1.3 erhöht sich dieser sogar auf bis zu ca. 30 %)
- der Duschkopf – aus Metall oder Kunststoff (Trägheit der Materialien) – und sein Nutzungsdurchfluss
- der Typ der Dusche – ohne Tür, mit Vorhang oder als geschlossene Kabine – sowie die offenen Zwischenräume unten und oben an der Tür haben einen beträchtlichen Einfluss auf die Wasserverdampfung. Diese verursacht wiederum eine nicht zu vernachlässigende Abkühlung des Wassers am Eingang des Wärmerückgewinnungssystems
- das Duschbecken: Trägheit der Materialien und Schnelligkeit der Abwasserableitung. Jede Verzögerung hinsichtlich der Übertragung führt zu einer zusätzlichen Abkühlung des Wassers
- der Abstand zwischen dem Wärmerückgewinnungssystem und dem Duschbecken: Es kann ein Wärmeverlust in Höhe der Abflussleitung und



2 | Entwicklung des Wirkungsgrads in Abhängigkeit von der Dauer der Dusche und der allmählichen Verschmutzung des Systems

des eventuellen Estrichs auftreten. Das Wärmerückgewinnungssystem muss somit möglichst nahe an der Dusche installiert werden und die Abflussleitung muss bis zu diesem System wärmedämmend werden

- der Typ des Wärmerückgewinnungssystems: nach dem Mitstrom- oder dem Gegenstromprinzip arbeitend und Trägheit der Trennwand
- die Nutzungsdauer der Dusche: Wie es die blaue Kurve in Abbildung 2 zeigt, ist der Systemwirkungsgrad auch von der Nutzungsdauer abhängig. Denn das System benötigt eine gewisse Zeit, um seinen maximalen Wirkungsgrad zu erreichen
- die allmähliche Verschmutzung der Innenwand (der Abwasserabflussleitung): Diese verzögert die Wärmeübertragung und erhöht die Trägheit des Systems. Es wird eine regelmäßige Wartung empfohlen, um die Ausgangsleistungen beizubehalten.

Angesichts der Duschhäufigkeit und der möglichst kurzen Nutzungsdauer von Duschen (1 bis 3 Minuten) wird empfohlen, sich für ein System mit einer

geringen Trägheit (dünne Trennwand zwischen den beiden Flüssigkeiten, die eine gute Wärmeleitfähigkeit und eine geringe Wärmekapazität aufweist) zu entscheiden, wodurch man einen Wirkungsgradverlauf wie bei der (theoretischen) grünen Kurve in Abbildung 2 erhält. Bei einem System mit einer großen Trägheit oder einer verschmutzten Austauschoberfläche entwickelt sich der Wirkungsgrad entsprechend dem Verlauf der (theoretischen) roten Kurve.

## Erhoffte Einsparungen

Im Lichte der oben erwähnten Punkte stellen wir fest, dass die Bewertung des Potenzials eines solchen Systems in einem konkreten Projekt eine schwierige Angelegenheit bleibt, und zwar als Folge der zahlreichen Parameter, die die Menge an wirklich rückgewinnbarer Energie beeinflussen. In der Langfassung dieses Artikels wird auf den relativen Einfluss der wichtigsten Parameter eingegangen. |

*O. Gerin, Ir., Forscher, Laboratorium Wassertechniken, WTB*

Zahlreiche Faktoren beeinflussen die Wassertemperatur am Eingang des Systems und bewirken eine Abnahme des Wirkungsgrads.



Via CSTC-Mail (siehe [www.cstc.be](http://www.cstc.be)) bleiben Sie, was das Erscheinen der Langfassung dieses Artikels betrifft, auf dem Laufenden: Les Dossiers du CSTC 2015/4.13

Die Norm ISO 9001 ist mit ihren bis heute mehr als 1,2 Millionen ausgestellten Zertifikaten weltweit das am häufigsten eingesetzte Hilfsmittel zum erfolgreichen Führen einer Organisation. Denn sie bietet einen Rahmen für die ständige Verbesserung und sorgt dafür, dass die Bedürfnisse der Kunden in einer angepassten und effizienten Weise befriedigt werden.

# Fassung 2015 der Norm ISO 9001: kontinuierliche Verbesserung Ihres Qualitätsmanagementsystems

## Durchgeführte Änderungen

Ziel der Überarbeitung der Norm ISO 9001 ist es, die Konkurrenzfähigkeit der Unternehmen weiter zu stärken. Denn es kommt nicht nur darauf an, die Funktionsweise des Unternehmens zu verbessern, sondern es sind auch Produkte oder Dienstleistungen anzubieten, die mit den Wünschen des Kunden und den gesetzlichen und verordnungsrechtlichen Anforderungen übereinstimmen. Dazu werden der neuen Fassung der Norm vier wichtige Neuheiten hinzugefügt.

Die erste Neuheit muss die Unternehmen in die Lage versetzen, die Risiken und Chancen zu antizipieren; unter dem Ausdruck ‚Risiko‘ versteht man die Wirkung einer Unsicherheit in Bezug auf ein erhofftes Ergebnis. Es handelt sich mit anderen Worten um mögliche Ereignisse und ihre potenziellen Folgen. Das Unternehmen muss die Risiken identifizieren und die erforderlichen Maßnahmen ergreifen, um dafür gewappnet zu sein. Diese Maßnahmen und der Umfang der Kontrollen werden von den identifizierten Risiken (Mehrkosten, längere Termine, geringere Qualität, Sicherheitsprobleme, ...) und deren potenzieller Wirkung abhängen, sei es in technischer Hinsicht (fachmännische Regeln) oder in Bezug auf verschiedene Prozesse (Angebot, Bestellung, Vorbereitung, Einkauf, Ausführung, Lieferung).

Um die Unternehmen für den Nutzen einer solchen Risikoanalyse zu sensibilisieren und sie dazu zu bringen, diese Analyse auf ihre eigene Organisation und den spezifischen Charakter ihrer Baustellen abzustimmen, entwickelt das

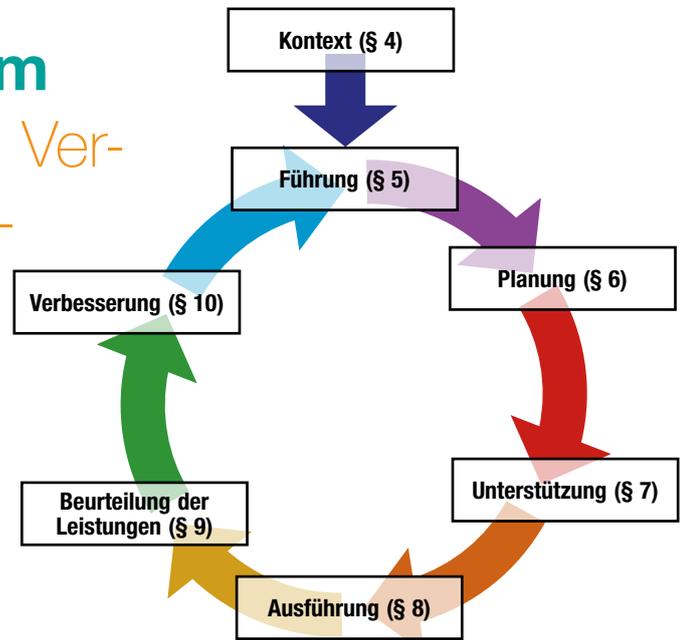
WTB gegenwärtig die Applikation C-RISK.

Ziel der zweiten Neuheit in der überarbeiteten Norm ist es, das Qualitätsmanagement mit dem Kontext und der Strategie des Unternehmens in Übereinstimmung zu bringen. Dazu hat das Unternehmen nicht nur die Herausforderungen auf dem Gebiet der Werte, der Kultur, des Wissens und der Leistungen, sondern auch die juristischen, technologischen, konkurrierenden, sozialen und wirtschaftlichen Aspekten zu berücksichtigen.

Die dritte Neuheit müsste es ermöglichen, den Prozessansatz effizienter verlaufen zu lassen, unter anderem dank der Bewertung und der Verbesserung der Leistungen des Qualitätsmanagementsystems. So muss für jeden Prozess angegeben werden, wo die Verantwortlichkeiten liegen. Die gute Funktionsweise der Prozesse soll durch dokumentierte Informationen und eine prozessorientierte Denkweise unterstützt werden.

Die letzte Neuheit betrifft die Berücksichtigung der interessierten Parteien, die eine Auswirkung auf das Managementsystem (Bauherr, Planer, Nutzer, Anlieger, ...) haben.

Um die Synergie zwischen den verschiedenen Managementsystemen (Qualität, Sicherheit, Umwelt, ...) zu vereinfachen und zu beschleunigen, hat die Norm



Neue Struktur der Norm ISO 9001

ISO 9001 eine neue Struktur angenommen, die im obigen Schema vorgestellt wird.

Die Überarbeitung aus dem Jahr 2015 enthält keine Anforderungen mehr in Bezug auf das Qualitätshandbuch, die Qualitätsregistrierungen und die dokumentierten Verfahren, sondern schreibt vor, dass das Unternehmen seine dokumentierten Informationen aufbewahren (vgl. frühere Registrierungen) und aktualisieren muss (vgl. frühere Verfahren). Der frühere Unterschied zwischen Verfahren, Dokument und Registrierung wurde somit abgeschafft.

## Übergangszeit

Die neue Fassung der Norm ist am 18. September 2015 erschienen. Die Unternehmen verfügen über eine Übergangszeit von drei Jahren, um die darin aufgenommenen Änderungen in ihrem Managementsystem durchzuführen. Sobald ihr System vollständig auf dem neuesten Stand ist, können sie nach einem positiven Audit das ISO 9001:2015-Zertifikat erhalten. |

# WTB-Winterkurse



## Anbringung von ETICS-Systemen

Dieser Kurs findet an zwei Abenden statt, jeweils von 18.45 bis 21.45 Uhr, in:

**Gembloux** (IFAPME): Mittwoch, den 13. und 20. Januar 2016

**Mons** (IFAPME): Dienstag, den 19. und 26. Januar 2016

**Brüssel** (ECAM): Mittwoch, den 3. und 17. Februar 2016

**Verviers** (IFAPME): Montag, den 11. und 18. April 2016



## Luftdichtheit von Gebäuden:

ein wesentlicher Aspekt der Energieleistungen von Gebäuden

Dieser Kurs findet an zwei Abenden statt, jeweils von 18.45 bis 21.45 Uhr, in:

**Perwez** (IFAPME): Donnerstag, den 28. Januar und 4. Februar 2016

**Brüssel** (ECAM): Montag, den 14. und 21. März 2016

**Mons** (IFAPME): Mittwoch, den 16. und 23. März 2016

**Grâce-Hollogne** (Construform): Mittwoch, den 20. und 27. April 2016

Die Anmeldung erfolgt vorzugsweise über die Website [www.cstc.be](http://www.cstc.be) (Rubrik ‚Agenda‘).

## 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](http://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](mailto: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](mailto:info@bbri.be)) an J.-P. Ginsberg.
- Nützlicher Link: [www.cstc.be](http://www.cstc.be) (Rubrik ‚Agenda‘).



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

Verantwortlicher Herausgeber: Jan Venstermans, WTB, Rue du Lombard 42, 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](http://www.wtb.be)

## 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 Industrieraufgabe 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