



Eine Ausgabe des Wissenschaftlichen  
und Technischen Bauzentrums

## Inhaltsübersicht

Hinterlegungspostamt: Brüssel X –  
Zulassungsnummer: P 501329

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

Verantwortlicher Herausgeber: Carlo De Pauw  
WTB - Rue du Lombard 42, 1000 Brüssel

Dies ist eine Zeitschrift mit allgemein informativer  
Ausrichtung. Sie soll dazu beitragen, die Ergeb-  
nisse 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 Heraus-  
gebers zulässig.

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

|   |   |    |
|---|---|----|
|  | <b>Neuigkeiten – Aktuelles Geschehen</b>  |    |
|   | ViBo: eine einzigartige Bausoftwareplattform  | 2  |
|   | TechCom: ein (wieder) zu entdeckendes Tool unter <a href="http://www.wtb.be">www.wtb.be</a> | 2  |
|  | <b>Projekte – Studien</b>   |    |
|   | Risikomanagement im Bauwesen  | 3  |
|  | <b>Normierung – Bestimmungen – Zertifizierung</b>   |    |
|   | Die Feuerbeständigkeit von Holztreppen  | 4  |
|   | CE-Kennzeichnung von Fliesenklebern   | 5  |
|  | <b>Aus der Praxis</b>   |    |
|   | Schalldämmung von Fassaden  | 6  |
|   | Korrosion von Sanitärrohrleitungen aus verzinktem Stahl                                     | 7  |
|   | Dichtheit von eingegrabenen Bauwerken aus Stahlbeton  | 9  |
|   | Bestimmung des Wirkungsgrades von Heizungsanlagen   | 11 |
|   | Wärmedämmung von schweren Decken  | 13 |
|  | <b>Agenda</b>   | 16 |

**A**m 16. März 2007 fand auf der Bergwerksstätte von Heusden-Zolder, im WTB-Gebäude, wo auch das Zentrum für das nachhaltige Bauen unterbracht ist, die offizielle Eröffnung des Kompetenzzentrums ‚Virtuelles Bauen‘ (ViBo) statt. Die Auftragnehmer können dort in einer nichtkommerziellen Umgebung kostenlos Software- und Hardwareanwendungen für den Bau testen, und zwar sowohl individuell als auch mit der Unterstützung von einem unserer Mitarbeiter.

Der Erfolg, mit dem diese Einweihung einherging, verspricht eine schöne Zukunft für die Aktivitäten dieses neuen Zentrums, das alles daransetzt, um den Bausektor mit den bestehenden Hilfsmitteln und Informatikanwendungen besser vertraut zu machen.

Diese Technologie, die inzwischen ausgereift und genau auf die Bedürfnisse des Bauunternehmers zugeschnitten ist, bietet heute neue Perspektiven für jeden, der den mit dem Bauablauf verbundenen Organisationsprozess verbessern möchte:

- Unterstützung bei der Planung der infolge des Bauprozesses anfallenden Aufgaben

# ViBo: eine einzigartige Bausoftwareplattform



Planung von Baustellen, Dokumentenverwaltung, computergestützte Entwürfe und Simulationen, mobile Anwendungen, Projektportalsites, E-Business. Dies ist nur eine Auswahl von den Themen, die regelmäßig Gegenstand von Messeveranstaltungen oder Themennachmittagen und -abenden im Zentrum ViBo sind. Für weitere Informationen verweisen wir auf die Website [virtueelbouwen.cstc.be](http://virtueelbouwen.cstc.be). ■



## NÜTZLICHE INFORMATIONEN

Das Zentrum ViBo wurde in Zusammenarbeit mit und dank der finanziellen Unterstützung von FEDER, Hermes und der Provinz Limburg errichtet. Gegenwärtig erfolgen die in das Programm aufgenommenen Veranstaltungen ausschließlich in der niederländischen Sprache. Zukünftig wird das WTB darauf achten, dass die Aktivitäten dieses Zentrums erweitert werden, um den Bedürfnissen der französischsprachigen Baufachleute zu entsprechen.

- Verringerung der beträchtlichen Zeitverluste bei der Dokumentensuche
- Integration von numerischen Simulationen in das Tagesgeschäft des Bauunternehmers
- Fahrzeuglokalisierung in Echtzeit, Vor-Ort-Erstellung und -Unterzeichnung von Arbeitsaufträgen und Fernverwaltung der Aufgabenplanung
- Bereitstellung eines spezifischen Portals mit den letzten Versionen der Arbeitsdokumente
- Vorhandensein einer kommerziellen Austauschplattform: dem Internet.

**D**ie Online-Datenbank TechCom bietet Personen, die auf der Suche nach einem Bauprodukt oder einem Bausystem auf dem belgischen Markt sind, die Möglichkeit, die erforderlichen Bezugsdaten zu finden, und zwar sowohl was die Fabrikanten aus dem eigenen Land als auch die Importeure betrifft.

*✍ P. Coosemans, Ing., Berater, Dienst ‚Bauprodukte‘, WTB*

Dank der relationalen Bauproduktdatenbank TechCom, die sich über die Rubrik ‚Bauprodukte‘ unserer Website ([www.wtb.be](http://www.wtb.be)) nutzen lässt, erhält man Zugriff auf die Daten von nicht weniger als 7.050 Firmen und 13.900 Marken, die auf 5.770 Produktfamilien aufgeteilt sind. Diese Informationen werden in Form von 37.500 Relationen zwischen den Firmen, den Marken und den Produkten dargestellt. Für weitere technische Produktinformationen können die Interessenten danach mit den betreffenden Firmen Kontakt aufnehmen.

Die oben erwähnten, gegenseitigen Relationen, die das eigentliche Herzstück der Datenbank

# TechCom: ein (wieder) zu entdeckendes Tool unter [www.wtb.be](http://www.wtb.be)

ausmachen, ermöglichen es, mithilfe eines Stichwortsystems, eine spezifische Produktfamilie mit wenigen Mausklicks auszuwählen und auf dem Bildschirm die Kontaktdaten von allen Firmen, die diese Produkte anbieten, anzuzeigen. Durch die Suche einer bestimmten Firma oder Marke wird man übrigens – dank der Vielzahl von gegenseitigen Relationen – automatisch auch andere Firmen auffinden, die vergleichbare Produkte in ihrem Sortiment haben.

Es ist auch diesem System von Produktfamilien zu verdanken, durch das der unbegrenzte Verweis auf vergleichbare Produkte erfolgt, dass sich die Datenbank TechCom von anderen Bauproduktdatenbanken unterscheidet. Es ist daher nicht verwunderlich, dass die diesbe-

züglichen Abfragestatistiken eine exponentielle Zunahme verzeichnen. So wurde 2006 die Datenbank 1.200.000 Mal abgefragt.

In der TechCom wird außerdem unterschieden zwischen Produkten, die eine technische Zulassung (ATG) besitzen, die von der Belgischen Vereinigung für technische Zulassungen im Bauwesen (UBAtc) ausgestellt wurde, und Produkten ohne ein solches Qualitätszeichen. Im ersten Fall ist stets ein Link zur UBAtc-Website ([www.ubac.be](http://www.ubac.be)) vorgesehen.

Ferner ist hervorzuheben, dass die Datenbank ständig durch Hinzufügen neuer technischer Informationen vervollständigt wird und sie bald auch Verweise auf Softwareanwendungen für das Bauwesen enthalten wird. ■

# Risikomanagement im Bauwesen

Im Verlauf eines Bauprojektes können zahlreiche Risiken oder Unsicherheiten bezüglich des Projektes auftreten, die die aufgestellte Planung oder das vorgesehene Budget stören können. Die richtige Einschätzung dieser Risiken vor dem Start des Projektes, so dass diese während der Ausführung in ausreichendem Maße berücksichtigt werden können, bringt daher eine Reihe von Vorteilen. Das WTB möchte mit dem Forschungsprojekt 'Risikomanagement im Bauwesen' auf diese Problematik eingehen.

## ZIELVORGABE DES RISIKOMANAGEMENTS

Aus mehreren Studien und internationalen Berichten geht hervor, dass ein Großteil der Bauprojekte scheitert, weil hinsichtlich der Dauer, der Kosten und der Produktspezifikationen die Zielvorgaben nicht erreicht werden konnten. Die mangelhafte Beherrschung der Risiken und die Unsicherheiten, die in der internen und externen Produktumgebung auftreten, können dafür als die Hauptursachen angesehen werden.

Ziel des Risikomanagements ist es, die oben erwähnten Risiken auf einfache Weise zu identifizieren, einzuschätzen und zu quantifizieren. Dank der Verfolgung von verschiedenen Baustellen konnte das WTB in diesem Zusammenhang eine detaillierte Liste von quantifizierten Risiken aufstellen (\*):

- schlechtes Wetter
- später Erhalt der Pläne
- Fehler bei der Ausführung
- Probleme mit der Zulieferung der Materialien
- schlechtere Bodengüte als erwartet
- Abwesenheit des Unterauftragnehmers
- Nichteinhaltung der Ausführungstermine
- Maschinendefekte, ...

Anhand dieser Liste kann man für die wichtigsten Risiken zu ergreifende Maßnahmen festlegen, um zu vermeiden, dass diese Risiken auftreten (Risikovorwegnahme) und/oder um deren Auswirkung zu begrenzen.

## ERGEBNISSE DES FORSCHUNGSPROJEKTES

Die Risikomanagementverfahren, die man in

(\*) Die erwähnten Risiken werden nur für Aktivitäten eingeschätzt, bei denen sie tatsächlich auftreten können. Daher wird das Risiko in Bezug auf schlechtes Wetter nur für Arbeiten berücksichtigt, die durch die klimatischen Bedingungen beeinflusst werden können.

der Literatur findet, sind häufig sehr allgemein und in der Praxis schwer anwendbar. Um hier für Abhilfe zu sorgen, wurde innerhalb der Forschungsarbeit des WTB danach gestrebt, eine praktische Stufeneinteilung für den Risikomanagementprozess zu erstellen:

- Risikoidentifizierung
- Eingabe der Risiken in eine Datenbank
- Analyse und Quantifizierung der Risiken
- Reaktionsstrategie angesichts der Risiken: Annahme, Beseitigung, Begrenzung, Vorwegnahme und Übertragung der Risiken.

Für jede dieser Stufen wurden Methoden ausgearbeitet, um die korrekte Ausführung davon zuzulassen. Außerdem wurde die Risikodatenbank während der Forschungsarbeit dadurch ergänzt, dass pro Aktivitätengruppe die entsprechenden Wahrscheinlichkeiten und Auswirkungen hinzugefügt wurden.

### Beispiel

In der Aktivitätengruppe 'Gründungspfähle' gibt es nicht nur eine 10 %-ige Wahrscheinlichkeit, dass das Rammgerät ausfällt und dies eine Verzögerung von einem Tag mit sich bringt, sondern auch ein Risiko von 10 %, dass die Verzögerung bis zu 7 Werktagen beträgt.

## ALGORITHMUS FÜR EINE STABILE BASISPLANUNG

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde auch ein rudimentärer Algorithmus entwickelt, der es ermöglicht, eine stabile Basisplanung anhand der Risikoidentifizierung und -quantifizierung, unter Berücksichtigung der annehmbaren Risiken, zu erstellen. Diese Arbeitsweise wird gegenwärtig auf verschiedenen Baustellen erprobt. Es geht daraus hervor, dass die ausgearbeitete Methode bessere Ergebnisse liefert als die meisten bestehenden Algorithmen. ■



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

LES DOSSIERS DU CSTC Nr. 2/2007

In der langen Fassung dieses Artikels wird ausführlicher eingegangen auf:

- die Risikofaktoren, die während der Verfolgung von verschiedenen Baustellen identifiziert wurden
- den Risikomanagementprozess
- die Forschungsergebnisse
- den entwickelten Algorithmus.



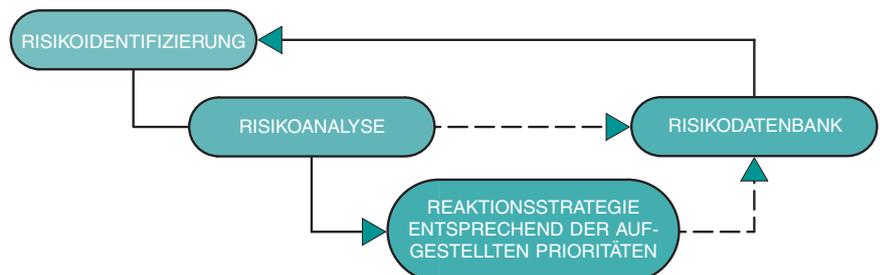
## NÜTZLICHE INFORMATIONEN

Dieser Artikel entstand im Rahmen eines Forschungsprojektes, in Zusammenarbeit mit dem IWT (Flämisches Institut für die Förderung der Innovation durch Wissenschaft und Technik) und der Forschungsgruppe 'Operations Management' der K.U.Leuven, das die folgenden primären Zielsetzungen anstrebt:

- die Entwicklung eines praktikablen Risikomanagementsystems, mit dem die Bauunternehmen die entscheidenden Risikofaktoren identifizieren, analysieren und quantifizieren können
- die Ausarbeitung eines Lastenheftes für ein computergestütztes, proaktives Planungssystem, das den Unternehmen die Möglichkeit bietet, eine effiziente Basisplanung zu entwickeln, die einerseits ausreichend gegen etwaige Störungen geschützt ist und die es andererseits zulässt, das Projekt termingerech und ohne Überschreitung des vorgesehenen Budgets fertigzustellen.

A. Boone, Ing., Hauptberater, Abteilung 'Verwaltung, Qualität und Informationstechniken', WTB

### Vereinfachte Darstellung des Risikomanagementprozesses.



**F**luchttreppen sind im Falle eines Brandes unerlässlich. Sie lassen die Flucht der Bewohner und die Intervention der Feuerwehrdienste zu. Die Anforderungen bezüglich ihres Entwurfs sind demzufolge heute Bestandteil der geltenden Brandverordnungen. Eine von ihnen betrifft die Feuerbeständigkeit von Treppen. Dieser Artikel enthält Empfehlungen für den Entwurf von Holztreppen, mit denen es möglich ist, die Feuerbeständigkeitsanforderung zu erfüllen.

*Y. Martin, Ir., Leiter des Laboratoriums 'Dach- und Fassadenelemente', WTB  
A. Brüls, Dr. Ir., Direktor, ISIB*

In Belgien sind die Mindestanforderungen in Bezug auf die Brandverhütung, die alle neuen Gebäude erfüllen müssen, in den KE vom 7. Juli 1994 zur Festlegung der Grundnormen zur Brandverhütung aufgenommen, der durch die KE vom 19. Dezember 1997 und vom 4. April 2003 geändert wurde.

Was die Innenfluchttreppen betrifft, findet man darin Anforderungen bezüglich der Typen und der Abmessungen (Mindestbreite, maximale Stufenhöhe und maximale Neigung, ...), die in der NIT 198 im Detail dargelegt werden. Durch den oben erwähnten KE werden auch Anforderungen in Bezug auf die Feuerfestigkeit von Treppen auferlegt:

- einerseits für die Innenwände des Treppenhauses und für dessen Zutrittstüren
- andererseits für Fluchttreppen: Feuerbeständigkeit von 30 Minuten (R 30 für flache Gebäude) oder von 60 Minuten (R 60 für mittelhohe und hohe Gebäude).

Nach dem Löschen des Feuers ist es unerlässlich, dass die Treppe noch ihre Funktion erfüllen kann, damit die Intervention der Feuerwehrdienste und die Evakuierung der im Gebäude festsetzenden Bewohner möglich sind. Das ist genau das Ziel der Feuerbeständigkeitsanforderung für Treppen (R 30 und R 60): Nachdem die Treppe eine bestimmte Dauer lang einem Brand ausgesetzt war, muss sie noch ein ausreichendes Tragvermögen für die Intervention und die Evakuierung aufweisen.

Anhand des Teils 1-2 des Eurocode 5 kann man die Feuerfestigkeit von Holzkonstruktionen berechnen. Bei einem der Bemessungsverfahren für den Brandfall, die in diesem Eurocode aufgenommen sind, wird der Wirkungsquerschnitt als Kriterium herangezogen. Dieser kann als der reduzierte Querschnitt betrachtet werden, für den die ursprünglichen Festigkeitseigenschaften des Holzes (bei der Umgebungstemperatur) erhalten bleiben. Sie lässt sich ausgehend vom Anfangsquerschnitt erhalten, von dem man auf

# Die Feuerbeständigkeit von Holztreppen



**Eine Holztreppe muss auch nach einem Brand ihre Funktion weiterhin erfüllen.**

der gesamten, durch das Feuer angegriffenen Randzone (jede Seite des dem Feuer direkt ausgesetzten Holzelementes) eine Schicht abzieht, deren Dicke mit der Verkohlungstiefe übereinstimmt, die ggf. um einen bestimmten Faktor erhöht wird. Dieser Teil des Eurocode 5 enthält außerdem die Brenngeschwindigkeiten der Holzelemente in Abhängigkeit von dem Typ und der Dichte des verarbeiteten Holzes. Eine Holztreppe wird während eines Brandes ständig der progressiven Verkohlung ausgesetzt: Nach 30 Minuten Brand kann man einen Verlust erwarten in der Größenordnung von 27 mm

an den ausgesetzten Seiten eines Stückes aus Fichtenholz und von 22 mm, wenn es sich um Eichenholz handelt (ohne Berücksichtigung der Wirkung der Abrundungen).

Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht von den Minstdicken der Elemente einer Holztreppe, mit der die verlangte Feuerbeständigkeit (R 30 oder R 60) gewährleistet werden kann. Die angegebenen Werte gelten für eine Treppe mit einer Breite von 80 cm, die an der Unterseite geschützt ist (Schutz durch jede Decke, die eine Feuerfestigkeit von 30 bzw. 60 Minuten aufweist). ■



## NÜTZLICHE INFORMATIONEN

Dieser Artikel, dessen lange Fassung bald auf unserer Website ([www.wtb.be](http://www.wtb.be)) verfügbar sein wird, entstand im Rahmen der Aktivitäten der Normen-Außenstellen ‚Brandverhütung‘ und ‚Eurocodes‘, die innerhalb des WTB und mit der Unterstützung des FÖD Wirtschaft zugunsten der KMB durchgeführt werden. Für weitere Informationen verweisen wir auf die Website: <http://www.normes.be>.

**Tabelle 1 Minstdicke (mm) der Elemente einer an der Unterseite geschützten Holztreppe.**

| Feuerbeständigkeit von 30 Minuten (R 30) |                              |            |                       |            |
|--|------------------------------|------------|-----------------------|------------|
| Holzart                                  | Nadelholz (Fichte) und Buche |            | Laubholz (Eiche, ...) |            |
| Zu bemessendes Element                   | Tragendes Element            |            |                       |            |
|  | Trittstufen                  | Setzstufen | Trittstufen           | Setzstufen |
| Trittstufen                              | 44 mm                        | 35 mm      | 37 mm                 | 35 mm      |
| Setzstufen                               | 27 mm                        | 38 mm      | 22 mm                 | 32 mm      |
| Wange mit Schutz auf der Außenseite      | 56 mm                        | 56 mm      | 49 mm                 | 49 mm      |
| Wange ohne Schutz                        | 87 mm                        | 87 mm      | 72 mm                 | 72 mm      |
| Feuerbeständigkeit von 60 Minuten (R 60) |                              |            |                       |            |
| Holzart                                  | Nadelholz (Fichte) und Buche |            | Laubholz (Eiche, ...) |            |
| Zu bemessendes Element                   | Tragendes Element            |            |                       |            |
|  | Trittstufen                  | Setzstufen | Trittstufen           | Setzstufen |
| Trittstufen                              | 63 mm                        | 50 mm      | 52 mm                 | 42 mm      |
| Setzstufen                               | 46 mm                        | 56 mm      | 37 mm                 | 47 mm      |
| Wange mit Schutz auf der Außenseite      | 80 mm                        | 80 mm      | 65 mm                 | 65 mm      |
| Wange ohne Schutz                        | 135 mm                       | 135 mm     | 105 mm                | 105 mm     |

**D**ie CE-Kennzeichnung von Fliesenklebern gemäß der europäischen Norm EN 12004 ist seit dem 1. April 2004 vorgeschrieben. In diesem Artikel wird ausführlicher auf die Spezifikationen eingegangen, denen das Produkt entsprechen muss.

Die Norm EN 12004 (und ihre späteren ergänzenden Nachträge) definiert die Kennwerte von Fliesenklebern, die den normalen Nutzungsbeanspruchungen entsprechen. Sie spezifiziert Werte hinsichtlich der Leistungsanforderungen, enthält aber weder Spezifikationen noch Empfehlungen für den Entwurf oder die Verlegung von Keramikbelägen. Die betrachteten Fliesenbeläge sind Keramikfliesen, aber auch andere Typen von Fliesenbelägen, wenn die Kleber mit diesen Materialien verträglich sind.

Die Kleber werden, entsprechend der Zusammensetzung des Bindemittels, in drei große Typen eingeteilt und unter Berücksichtigung der in der Tabelle 1 definierten Klassen bezeichnet. Die Spezifikationen für diese Klebertypen unterscheiden sich durch grundlegende und optionale Kennwerte (Tabelle 2). Unter diesen Spezifikationen betreffen die im Rahmen der Bauproduktenrichtlinie (DPC – Mandat ‚Strukturkleber‘) berücksichtigten Kennwerte die Anfangshaftfestigkeit und die Dauerhaftigkeit (Haftfestigkeit nach der Wärmeeinwirkung, der Wassereinwirkung, der Frost-Tauereinwirkung, der chemischen Schädigung). Die erwähnten Kriterien gelten für Laborversuche, die mit ‚normierten‘ Referenzmaterialien ausgeführt wurden.

Der Hersteller kann im Hinblick auf eine bessere Information der Benutzer andere Leistungen deklarieren, wie das nach der EN 1347 gemessene Netzvermögen und, für die Mörtelkleber, die Zugehörigkeit zur Klasse S1 (verformbarer Mörtel) oder S2 (sehr verformbarer Mörtel), in Verbindung mit der nach der EN 12002 gemessenen Querverformung. Für die Reaktionskleber kann die nach der EN 12808-1 geprüfte Chemikalienfestigkeit unter Angabe der Art der Chemikalie und der Expositionsbedingungen deklariert werden.

Angesichts dessen, dass die harmonisierte Norm keine Verwendungsempfehlungen gemäß der Bezeichnung des Klebers gibt, werden diese in einem späteren Artikel angegeben. ■

# CE-Kennzeichnung von Fliesenklebern

**Tabelle 1 Typ des Klebers gemäß der Zusammensetzung des Bindemittels und der Klassenbezeichnung.**

| Typ                 | Zusammensetzung des Bindemittels   | Klasse   |
|---------------------|--|--|
| Mörtelkleber C      | Mischung aus hydraulischen Bindemitteln, mineralischen Füllstoffen und organischen Zusätzen  | 1 : Normaler Kleber<br>2 : Verbessertes Kleber   |
| Dispersionskleber D | Mischung aus organischen Bindemitteln in Form von Polymeren in wässriger Dispersion, organischen Zusätzen und feinen mineralischen Füllstoffen | F : Schnellhärtender Kleber<br>T : Kleber mit eingeschränkter Gleitung<br>E : Kleber mit verlängerter Verarbeitungsdauer (*) |
| Reaktionskleber R   | Mischung aus Kunstharzen, mineralischen Füllstoffen und organischen Zusätzen, die durch eine chemische Reaktion aushärten                      |  |

(\*) Nur für verbesserte Mörtelkleber und Dispersionskleber.

**Tabelle 2 Spezifikationen für die verschiedenen Klebertypen.**

|                       |    | Kennwerte   | Anforderungen  |
|-----------------------|----|---|--|
| Mörtelkleber (C)      | 1  | Haftfestigkeit bei einem Zugversuch:<br>– Anfangshaftfestigkeit<br>– nach Einwirkung von Wasser<br>– nach Einwirkung von Wärme<br>– nach Frost-Tauzyklen        | ≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup><br>≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup><br>≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> (oder NPD) (*)<br>≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> (oder NPD) (*) |
|                       |    | Haftfestigkeit bei einem Zugversuch – Verarbeitungsdauer  | ≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> , ≥ 20 min   |
|                       | 1F | Alle Anforderungen für C1   |  |
|                       |    | Haftfestigkeit bei einem Zugversuch nach verkürzter Zeitdauer   | ≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> , ≤ 24 Std.  |
|                       |    | Haftfestigkeit bei einem Zugversuch – Verarbeitungsdauer  | ≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> , ≥ 10 min   |
|                       | T  | Widerstand gegen vertikales Gleiten   | ≤ 0,5 mm   |
| Dispersionskleber (D) | 2  | Starke Haftfestigkeit bei einem Zugversuch:<br>– Anfangshaftfestigkeit<br>– nach Einwirkung von Wasser<br>– nach Einwirkung von Wärme<br>– nach Frost-Tauzyklen | ≥ 1 N/mm <sup>2</sup><br>≥ 1 N/mm <sup>2</sup><br>≥ 1 N/mm <sup>2</sup> (oder NPD) (*)<br>≥ 1 N/mm <sup>2</sup> (oder NPD) (*)         |
|                       |    | Haftfestigkeit bei einem Zugversuch – Verarbeitungsdauer  | ≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> , ≥ 30 min   |
|                       | E  | Haftfestigkeit bei einem Zugversuch – Verarbeitungsdauer  | ≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> , ≥ 30 min   |
| Reaktionskleber (R)   | 1  | Haftfestigkeit bei einem Scherversuch:<br>– Anfangshaftfestigkeit<br>– nach Einwirkung von Wärme  | ≥ 1 N/mm <sup>2</sup><br>≥ 1 N/mm <sup>2</sup>   |
|                       |    | Haftfestigkeit bei einem Zugversuch – Verarbeitungsdauer  | ≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup> , ≥ 20 min   |
|                       | T  | Widerstand gegen vertikales Gleiten   | ≤ 0,5 mm   |
|                       | 2  | Haftfestigkeit bei einem Scherversuch:<br>– nach Einwirkung von Wasser<br>– nach Einwirkung einer hohen Temperatur  | ≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup><br>≥ 1 N/mm <sup>2</sup>   |

(\*) NPD: keine Leistung bestimmt (*no performance determined*), für den Fall der Innenanwendung.  
■ : grundlegende Kennwerte     ■ : optionale Kennwerte

 [www.wtb.be](http://www.wtb.be)  
 LES DOSSIERS DU CSTC NR. 2/2007  
 Dieser Artikel, dessen lange Fassung bald auf unserer Website erscheinen wird, entstand im Rahmen der Normen-Außenstelle ‚Beton, Mörtel und Granulate‘ ([www.normes.be](http://www.normes.be)).

✍ Y. Grégoire, F. de Barquin und T. Vangheel, Abteilung ‚Materialien‘, WTB

# Schalldämmung von Fassaden

**A**ufgrund der neuen Norm NBN S 01-400-1, von der die Entwurfsfassung im Belgischen Staatsblatt vom 15. März 2007 erschienen ist, wurde dem Magazin WTB-Kontakt Nr. 13 ein Sonderheft über die akustischen Kriterien für Wohngebäude beigelegt. In diesem Artikel wird auf die Anforderungen aufmerksam gemacht, die in dieser Norm an die Schalldämmung von Fassaden gestellt werden.

Eine gute Fassadendämmung ist nicht nur wichtig, um den zunehmenden Umgebungslärm draußen zu halten, sondern auch, um die Privatsphäre im Inneren gewährleisten zu können oder um zu vermeiden, dass der indirekte Schall sich über die Fassade auf die Nachbarwohnungen überträgt.

## 1 VERMEIDEN VON AKUSTISCHEN LECKS

Eine mittlere Wohnung weist heutzutage einen typischen Fassadendämmwert von 27 dB auf. Aus einer Untersuchung hat sich jedoch ergeben, dass dieser Wert  $D_{Atr,w}$  durch das Abdichten aller Lecks und Spalten auf 30 dB steigen könnte. Akustische Lecks entstehen gewöhnlich an der Verbindung zwischen den sich öffnenden Teilen der Schreinerarbeit und einem jeweils feststehenden Rahmen, aber auch an der Verbindung zwischen den Bauelementen untereinander. In bestimmten Fällen sind sie ferner mit dem Bauelement selbst unzertrennlich verbunden.

Beim luftdichten Schließen von solchen akustischen Lecks muss man die Tatsache berücksichtigen, dass je größer das Leck ist, desto größer die flächenbezogene Masse des Dichtungsmaterials sein muss. Angesichts dessen, dass kleine Lecks vor allem zu hochfrequenten Schalldämmungsverlusten führen, kann die Luftschalldämmung in diesem Fall durch die Nutzung von leichten Materialien stark verbes-

sert werden. Spalten bis 6 mm können mit anderen Worten problemlos durch Kittfugen abgedichtet werden. Öffnungen von 6 bis 15 mm lassen jedoch mittelfrequenten Schall durch, so dass hier eine größere flächenbezogene Masse erforderlich ist, um die Schalldämmung zu gewährleisten. Wenn der Spalt noch breiter ist, empfiehlt es sich, zum Verkleiden mit Holz oder Putz überzugehen. Zwischen feststehenden und sich öffnenden Teilen muss man dann wieder komprimierbare Fugendichtungen anwenden. Neben dem Streben nach luftdichten Bauten muss man auch eine ausreichende Lüftung der Räume gewährleisten. Die Anwendung von Lüftungsanlagen kann jedoch Probleme für die Schalldämmung von Fassaden aufwerfen. Eine durchdachte Wahl des Lüftungssystems erweist sich in diesem Fall als unentbehrlich.

## 2 EINFLUSS VON SCHWEREN FASSADENMAUERN

Fassadenwände aus Mauerwerk bestehen gewöhnlich aus einer Außenwand, die mittels zahlreicher Drahtanker über den Hohlraum hinweg mit der Innenwand verbunden ist. Die gesamte Einheit wirkt somit nicht als eine doppelte Schallwand. Die Wahl der Wärmedämmung im Fassadenhohlraum hat daher keinen Einfluss auf die Leistungen solcher Wände. Die Schalldämmung von Fassaden aus massivem Mauerwerk ist jedoch an sich dermaßen hoch, dass die Schallübertragung durch sie hindurch vernachlässigbar ist. Der Einbau einer Blendwand auf der Innenseite einer Fassadenwand aus massivem Mauerwerk zur Verbesserung der Schalldämmung ist m.a.W. sinnlos, da die Schallübertragung hauptsächlich durch die vorhandenen Fassadenöffnungen erfolgt.

## 3 EIN GUTER ENTWURFER FORDERT EINE KORREKTE BERECHNUNG

Fenster, Lüftungsgitter, leichte Dachkonstruktionen und leichte Wände können sich auf die Fassadendämmung negativ auswirken. Denn die akustischen Leistungen dieser Bauelemente sind frequenzabhängig und werden im Laboratorium gemessen und sind durch ein Spektrum von Lärmdämpfungskenngrößen  $R$  gekennzeichnet. Diese Spektralinformation kann auf einen einzigen, so genannten ‚gewichteten‘ Wert  $R_w$  ( $C;C_{tr}$ ) reduziert werden.

Für die Berechnung der Fassadendämmung gemäß der belgischen Norm NBN S 01-400-1 ist der Wert  $R_w + C_{tr}$  sehr wichtig. Denn dank der Kenntnis des Wertes  $R_w + C_{tr}$  von jedem einzelnen Fassadenelement, ist es möglich, den resultierenden Dämmwert der gesamten Fassade ( $D_{Atr,w}$ ) zu bestimmen.

Der Planer muss für die verschiedenen Bauelemente dann auch die richtige Wahl treffen, um zu gewährleisten, dass die Berechnung einen Wert liefert, der die Anforderungen der neuen Norm erfüllt. ■

[www.wtb.be](http://www.wtb.be)  
LES DOSSIERS DU CSTC NR. 2/2007

In der langen Fassung dieses Artikels wird ausführlicher auf die Berechnung der Schalldämmung von Fassaden sowie die möglichen Lösungen zur Erfüllung der Anforderungen eingegangen.

✍ *B. Ingelaere, M. Van Damme, L. De Geetere, C. Crispin und D. Wuyts, Abteilung ‚Akustik‘, WTB*

**Tabelle 1 Anforderungen für die Fassadendämmung.**

| Art der Umgebung,<br>in Abhängigkeit der dem Außenlärm<br>ausgesetzten Fassadenoberfläche i   | Geforderter Fassadendämmwert (*)<br>$D_{Atr,w,i} = D_{2m,nT,w,i} + C_{tr}$ [dB] |                    |                     |                    |
|---|---|--------------------|---------------------|--------------------|
|   | Wohnzimmer, Küche   |                    | Schlafzimmer        |                    |
|   | Normaler<br>Komfort   | Höherer<br>Komfort | Normaler<br>Komfort | Höherer<br>Komfort |
| <b>Art 1:</b> $L_{A1,2m,i} \leq 60$ dB (z.B. ruhige Feldwege, Parzellierungen mit Ortsverkehr, verkehrsberuhigte Stadtstraßen, mit geschützten Fassadenflächen in anderen Umgebungen)   | ≥ 30 dB   | ≥ 30 dB            | ≥ 30 dB             | ≥ 30 dB            |
| <b>Art 2:</b> $60$ dB < $L_{A1,2m,i} \leq 65$ dB (z.B. asphaltierte Stadtstraßen mit normalem Verkehr auf einem Fahrstreifen in jeder Fahrtrichtung)  | ≥ 30 dB   | ≥ 32 dB            | ≥ 32 dB             | ≥ 35 dB            |
| <b>Art 3:</b> $65$ dB < $L_{A1,2m,i} \leq 70$ dB (z.B. starker Verkehr und Schwerverkehr)   | ≥ 34 dB   | ≥ 36 dB            | ≥ 36 dB             | ≥ 39 dB            |
| <b>Art 4:</b> $70$ dB < $L_{A1,2m,i}$ (z.B. Stadtstraßen mit sehr starkem Verkehr, Straßen mit einer Betonstraßendecke und mit starkem Verkehr, Fernverkehrsstraßen, Einfallstraßen nach größeren Städten, Verbindungsstraßen mit regelmäßigem Schwerverkehr nach Industriezonen) | ≥ 38 dB   | ≥ 40 dB            | ≥ 40 dB             | ≥ 42 dB            |

(\*) Dieser Wert muss um 2 dB erhöht werden, wenn der Raum mindestens zwei Fassadenoberflächen aufweist, die zu einer Umgebung der gleichen Art zeigen.

**B**ei Sanitäranlagen kommen noch regelmäßig Rohrleitungen aus Metall zur Anwendung. Diese werden nicht selten durch Korrosion angegriffen. Die Gründe hierfür sind fehlerhafte Entscheidungen bezüglich des Entwurfs, der Materialwahl und der Nutzung oder Wartung der Anlage. Ziel dieses Artikels ist es, eine Übersicht von den häufigsten Korrosionsfällen bei Sanitäranlagen aus verzinktem Stahl zu bieten.

✍ C. Callandt, Assistentin des Hauptingenieurs, Abteilung ‚Technische Gutachten‘, WTB

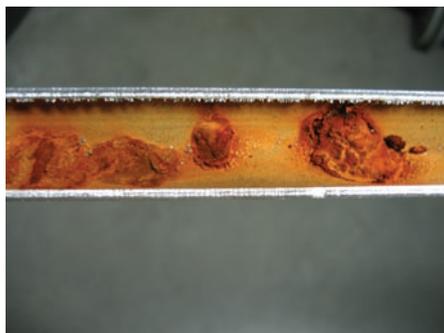
## 1 EINLEITUNG

Rohrleitungen aus Massenzink können nur für Sanitäranlagen verwendet werden, wenn sie mit einer Zinkschicht versehen sind. Ungeschützter Stahl, der mit sauerstoffreichem Wasser in Kontakt kommt, unterliegt sehr schnell der Rostbildung. Angesichts dessen, dass der Zink der ideale Partner bei der Bekämpfung der Stahlkorrosion ist, wird in der belgischen Norm NBN EN 10240 in diesem Zusammenhang eine Mindestverzinkungsdicke erwähnt.

Im Hinblick auf die Bildung der komplexen Patinaschutzschicht aus Zinkoxiden und -hydroxiden (Pentazinkhydroxycarbonat) auf der inneren Rohrwand, ist die Zusammensetzung des verteilten Wassers von ausschlaggebender Bedeutung.

Wenn bei der Inbetriebnahme der Sanitäranlage ungünstige Umstände auftreten, stellt die gebildete Zinkschicht den kathodischen Schutz des Stahls sicher. Dieser Schutz in Form der Opferanode ist möglich, weil Zink (das unedlere Metall) leichter als Stahl (edleres Metall) oxidierbar ist.

Angesichts der Tatsache, dass dieser Mechanismus voraussetzt, dass das Metall Zink teilweise aufgelöst wird, ist es wesentlich, diese Funktion



**Abb. 1** Rohrleitung aus verzinktem Stahl mit Korrosion unter Ablagerungen.

# Korrosion von Sanitärrohrleitungen aus verzinktem Stahl

des kathodischen Schutzes zeitlich zu begrenzen. Andernfalls beginnt der Stahl zu korrodieren, wodurch das Wasser rot gefärbt wird.

2004 erschien die europäische Normenreihe EN 12502 über den Schutz von Metallen gegen Korrosion, die seit Januar 2005 den Status einer belgischen Norm hat. Darin werden die diversen Korrosionsfaktoren (z.B. die Materialeigenschaften, die Wasserqualität, der Entwurf, die Inbetriebnahme, die Wartung und die Arbeitsweise der Anlage) sowie die verschiedenen Korrosionsformen klar dargelegt.

## 2 DIE HÄUFIGSTEN FORMEN VON KORROSION

### 2.1 KORROSION ALS FOLGE DER WASSERZUSAMMENSETZUNG

Die Zusammensetzung des verteilten Wassers muss der europäischen Trinkwasserrichtlinie 98/83/EWG (L330) entsprechen.

Wenn das verteilte Wasser in der Innenanlage des Gebäudes ankommt, erfährt es eine bestimmte Anzahl von physikalischen Veränderungen (bezüglich Druck, Temperatur, ...), die eine Auswirkung auf dessen chemische Zusammensetzung haben können. Die Wasserqualität kann sich auch als Folge von eventuellen Behandlungen (z.B. Enthärtung) ändern.

### 2.2 KORROSION UNTER ABLAGERUNGEN VON FESTSTOFFTEILCHEN

Das Eindringen von Feststoffteilchen (Sand, Ton, ...) in das Leitungswasser kann einen Einfluss auf das Entstehen eines bestimmten

Korrosionstyps haben. So kann die Menge an Feststoffteilchen, die in die Anlage eindringen, z.B. infolge von Arbeiten an der Hauptleitung, zunehmen. Sowohl durch die Montage und die Lagerung von Rohren in einer staubigen Umgebung als auch durch das Eindringen von Eisenfeilspänen bei ihrer Bearbeitung können Feststoffteilchen in die Anlage gelangen.

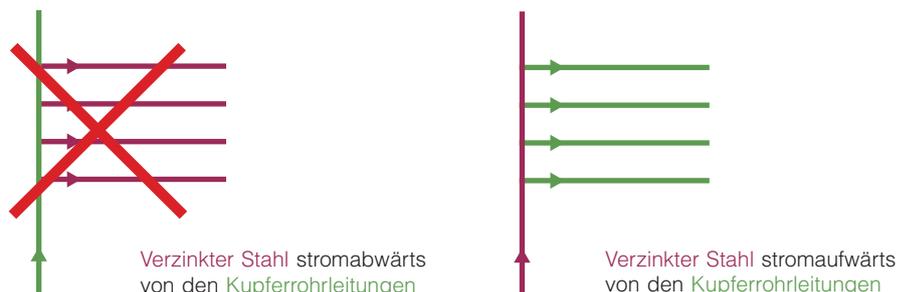
Diese Feststoffteilchen können sich auf der Innenwand des Rohres (und ganz speziell in den horizontalen Stücken) ablagern, was eine Korrosion durch unterschiedliche Belüftung, die auch Korrosion unter Ablagerungen genannt wird, zur Folge hat.

Im gegebenen Fall weist der untere Teil des Rohres örtliche Korrosionsknollen auf, die zur Durchlöcherung der Rohrwand führen können. Es handelt sich hier mit anderen Worten nicht um eine allgemeine Wanddickenverringerung, sondern vielmehr um eine schnelle und örtliche Durchlöcherung (Lochfraßkorrosion).

### 2.3 KORROSION DURCH BILDUNG EINES GALVANISCHEN ELEMENTES

Es kann auch Korrosion dadurch entstehen, dass Kupferelemente in einer Anlage mit verzinkten Rohrleitungen vorhanden sind. Aus dem Grund muss man bei der Ausführung von aus verzinktem Stahl und Kupfer bestehenden Sanitäranlagen darauf achten, dass das Kupfer immer stromabwärts von verzinktem Stahl verlegt wird. Denn die Korrosionsgefahr durch Bildung eines ‚galvanischen Elementes‘ existiert nur, wenn das Wasser von einer Rohrleitung aus edlem Metall (Kupfer) zu einer Rohrleitung abfließt, das aus einem unedleren Metall (verzinkter Stahl) besteht. Das bedeu-

**Abb. 2** Empfohlene Verlegung bei Verwendung von Leitungen aus Kupfer und verzinktem Stahl in der gleichen Sanitäranlage.



tet, dass in einem geschlossenen Kreislauf mit einer Rückleitung die Verwendung von Kupferrohrstücken ausgeschlossen ist.

In diesem Zusammenhang möchten wir auch darauf hinweisen, dass es ein Irrtum ist, zu denken, dass der Einbau einer Isoliermuffe zwischen dem verzinkten Stahl und dem Kupfer es gestatten würde, die oben erwähnte galvanische Korrosion zu vermeiden.

Das Vorsehen eines solchen isolierenden Zwischenstückes wird nur zur Vermeidung der Kontaktkorrosion an der Stelle, wo die beiden Metalle miteinander in Verbindung stehen, empfohlen. Bei Sanitäranlagen, bei denen in Durchflussrichtung Kupferrohrleitungen vor den verzinkten Rohrleitungen angeordnet sind, hat diese Isoliermuffe dagegen keinen Einfluss auf die galvanische Korrosion des Stahls.

#### 2.4 STREUSTRIMMUNGSKORROSION

Auch Stromquellen (wie z.B. schlecht isolierte elektrische Anlagen oder Streuströme, die von Straßenbahn-, Zug- oder U-Bahnlinien stammen, ...) können die Ursache für die Korrosion von aneinander angrenzenden Metallelementen sein. Diese Erscheinung wird als „Streustromkorrosion“ bezeichnet. Es handelt sich dabei um eine weniger häufig auftretende Form der äußeren Korrosion, die eine örtliche Lochfraßkorrosion auslöst.

#### 2.5 KORROSION ALS FOLGE VON POTENZIALDIFFERENZEN

Die Außenwände eines Metallelementes können durch örtliche Korrosionszellen angegriffen werden, wenn Potenzialdifferenzen durch einen Unterschied der Sauerstoffkonzentration erzeugt werden (unterschiedliche Belüftung).

So kann das schützende Klebeband, das um die eingebauten Rohre herum angebracht wird (z.B. in den Wänden oder in einem Estrich) während der Trocknungszeit einen Schutz gegen die Korrosion bieten. Dieses zur Ummantelung dienende Material weist jedoch nur eine begrenzte mechanische Festigkeit auf und



**Abb. 3 Äußere Korrosion als Folge einer unterschiedlichen Belüftung.**

ist während und nach der Verlegung der Rohrleitungen sehr beschädigungsanfällig.

Wenn in einem späteren Stadium noch stets Feuchtigkeit um die Rohrleitung herum vorhanden ist, kann an den Stellen, wo das Klebeband beschädigt wurde, eine Korrosion als Folge einer unterschiedlichen Belüftung auftreten. Aus diesem Grund müssen die Rohre, sogar wenn sie mit einem Schutz versehen sind, immer in einer trockenen Umgebung aufbewahrt werden.

#### 2.6 KORROSION ALS FOLGE VON METALLURGISCHEN FAKTOREN

Bei der Herstellung von Metallrohrleitungen kommen verschiedene Behandlungstechniken zur Anwendung, die zu bestimmten Unvollkommenheiten führen, wodurch der Korrosionsprozess gefördert werden kann.

#### 2.7 KORROSION DURCH MIKROORGANISMEN

Es handelt sich dabei um eine weniger bekannte Form von Korrosion, hervorgerufen durch Mikroorganismen (auch bezeichnet als MIC oder *microbiologically influenced corrosion*).

Das für das Trinkwassernetz bestimmte Wasser muss im Allgemeinen frei sein von Krankheitskeimen. Die Anzahl von Mikroorganismen in den Wasserrohrleitungen kann sich jedoch durch Nachwuchs auf einem geeigneten Nährboden oder durch Infektionen über Lecks erhöhen. Diese Keime heften sich an den Wänden in Form eines Biofilms fest, in dem sie leicht überleben und sich vermehren können.

Ein solcher Biofilm kann nicht nur für die Verstopfung der Leitungen und des Wärmeaustauschers verantwortlich sein, sondern kann auch zu deren Korrosion führen.

### 3 PRÄVENTIVE UND KURATIVE MASSNAHMEN

Die Korrosion kann in bestimmten Fällen vermieden werden, wenn man bereits, ab dem Entwurf, eine Reihe von allgemeinen Aspekten (Temperatur, Materialwahl, ...) berücksichtigt. Diese präventiven Maßnahmen werden im Detail in der langen Fassung dieses Artikels besprochen werden. Dennoch ist es trotz dieser Maßnahmen nicht immer möglich, das Risiko eines Korrosionsschadens vollständig auszuschließen.

So wird man manchmal gezwungen sein, zu einer chemischen Behandlung mit Inhibitoren überzugehen. Die Phosphatinjektion für Sanitäranwendungen, die auf der Bildung eines Schutzfilms auf der Metalloberfläche beruht, ist in diesem Zusammenhang hinreichend be-

kannt. Was andere, kleinere Bauteile der Anlage (z.B. schwer zugängliche Rohrteile) betrifft, lässt sich örtlich in den Rohren eine organische Beschichtung (z.B. Epoxid) anbringen.

## 4 SCHLUSSFOLGERUNG

Angesichts der Komplexität der Korrosionsproblematik von Sanitärrohrleitungen aus verzinktem Stahl und der verschiedenen Parameter, die in diesem Zusammenhang berücksichtigt werden müssen, ist es nicht erstaunlich, dass jeder einzelne Korrosionsfall eine den Gegebenheiten angemessene Ermittlung erfordert, um die Informationen zu sammeln, die für den Entwurf, den einwandfreien Betrieb und die Wartung der Anlage erforderlich sind.

Es ist in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, dass das WTB für seine Mitglieder ein Formular für die Anfrage eines technischen Gutachtens sowie ein Standardformular bezüglich der Korrosion in den Warm- und Kaltwasserleitungen zur Verfügung stellen kann. Bei Gutachtenanfragen in Bezug auf die Korrosion in Sanitärrohrleitungen werden die Auftragnehmer systematisch aufgefordert, ein Probestück der betreffenden Rohrleitung (das vorzugsweise ein Leck aufweist) mit einer Länge von etwa 50 cm zuzusenden, und zwar unter Angabe der Strömungsrichtung und der oberen Mantellinie der Rohrleitung (Oberseite des Rohres). ■



#### NÜTZLICHE DOKUMENTE

- NBN EN 10240 Revêtements intérieur et/ou extérieur des tubes en acier. Spécifications pour revêtements de galvanisation à chaud sur des lignes automatiques. Brüssel, NBN, 1998.
  - NBN EN 12502-1 bis 5 Protection des matériaux métalliques contre la corrosion. Recommandations pour l'évaluation du risque de corrosion dans les installations de distribution et de stockage d'eau. Brüssel, NBN, 2005.
- Partie 1: Généralités – Partie 2: Facteurs à considérer pour le cuivre et les alliages de cuivre – Partie 3: Facteurs à considérer pour les métaux ferreux galvanisés à chaud – Partie 4: Facteurs à considérer pour les aciers inoxydables – Partie 5: Facteurs à considérer pour la fonte, les aciers non alliés et faiblement alliés.



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

LES DOSSIERS DU CSTC Nr. 2/2007

In der langen Fassung dieses Artikels wird detaillierter auf die präventiven Maßnahmen eingegangen, die ergriffen werden können, um der Korrosion von Sanitärrohrleitungen aus verzinktem Stahl vorzubeugen.

# Dichtheit von eingegrabenen Bauwerken aus Stahlbeton

In Neubauten werden die eingegrabenen Räume immer häufiger als Garage, als Keller oder als bewohnbare Räume eingerichtet, die mit feuchtigkeitsempfindlichen Verkleidungen versehen sind. Dieser Artikel gibt eine Übersicht von den möglichen Schutzsystemen und insbesondere von der Dichtheit, die von eingegrabenen Bauwerken aus Stahlbeton geleistet werden kann.

✍ P. Montariol, Ing., Hauptberater, Abteilung 'Technische Gutachten', WTB  
 W. Van de Sande, Ing., Leiter der Abteilung 'Technische Gutachten und Beratung', WTB  
 B. Parmentier, Ir., Stellvertretender Leiter der Abteilung 'Geotechnik und Strukturen', WTB

## 1 EINLEITUNG

Bei Bauwerken, die das Erdreich berühren, ist dem Schutz gegen Feuchtigkeit eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Die Bestimmung und der Innenausbau der eingegrabenen Räume müssen klar definiert sein, damit man einen geeigneten Schutz vorsehen kann, und zwar sowohl während ihres Entwurfs als auch während ihrer Ausführung. Der Entwurf ist somit für eine eingegrabene Garage oder einen traditionellen Keller nicht mit dem für einen eingerichteten Raum (Büro, Arztpraxis, ...) identisch, dessen Innenausbau unweigerlich

feuchtigkeitsempfindlich sein wird. Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht von den möglichen Schutzsystemen für eingegrabene Bauwerke, in Abhängigkeit der Gegebenheiten.

Ziel dieses Artikels ist es, die Situation für die Wasserdichtheit von eingegrabenen Bauwerken aus Ortstahlbeton oder aus vorgefertigten Betonelementen zu klären, und zwar unter Berücksichtigung der Vorschriften des Eurocode 2 (NBN EN 1992-3).

## 2 DICHTHEITSKLASSEN

Um die verschiedenen Anwendungsbereiche abzudecken, definiert die Norm NBN EN 1992-3 vier Dichtheitsklassen (siehe Tabelle 2, S. 10).

Angesichts der bedeutenden Auswirkung, die diese auf den späteren Entwurf und die Bemessung hat, muss der Planer die Dichtheitsklasse eines eingegrabenen Bauwerkes immer im Voraus ermitteln.

Die Dichtheitsklasse 0 bezieht sich auf gewöhnlichen Stahlbeton und kann nur in Betracht gezogen werden, falls das unweigerlich eindringende Wasser keine Belästigung verursacht oder kanalisiert oder abgeleitet werden kann. Während man für die Klasse 1 davon ausgehen kann, dass die durchgehenden Risse (durch progressives Verschleicken) selbstheilend sind, lässt die Dichtheitsklasse 2 dagegen, außer wenn besondere Maßnahmen ergriffen wurden, keinen durchgehenden Riss zu. Die Dichtheitsklasse 3, für die überhaupt keine Lecks zulässig sind, wird gewöhnlich mithilfe von vorgespanntem Beton erreicht.

## 3 URSACHEN VON WASSERVERSICKERUNGEN QUER DURCH EIN BAUWERK AUS STAHLBETON

Obwohl Stahlbeton häufig als Basismaterial für die Ausführung von flüssigkeitsdichten Konstruktionen verwendet wird, ist es jedoch unerlässlich, zu berücksichtigen, dass solche Konstruktionen nicht nur ein flüssigkeitsdicht-

**Tabelle 1 Mögliche Systeme zum Schutz von eingegrabenen Bauwerken gegen Wasserinfiltrationen.**

| Zu kontrollierende Parameter  |  |  |  | Mögliche Schutzsysteme  |
|---|--|--|--|---|
| BAUGRUND-UNTERSUCHUNG   | DURCHLÄSSIGKEIT DES BODENS   | NEIGUNG DES GELÄNDES UM DAS GEBÄUDE HERUM  | FEUCHTIGKEITSEMPFINDLICHE INNENVERKLEIDUNG (*) |   |
| Das Niveau des Grundwassers befindet sich ständig unter dem Kellerfußboden            | Hoch (Sandboden über eine solche Höhe, dass jedes Wasserdruckrisiko an der Wand ausgeschlossen ist – diese Situation trifft man in der Praxis selten an) | Vom Gebäude weg  | Nein (siehe a)                                 | Zementputz an der Außenseite + Bitumenemulsion (a)  |
|   |  | Horizontal oder zum Gebäude hin  | Ja (siehe b)                                   |   |
|   | Gering (Tonboden über die gesamte Höhe des Kellers oder über einen Teil desselben)   | Horizontal oder zum Gebäude hin  | Nein (siehe c)                                 | Membran, die dem Feuchtigkeitstransport durch Kapillarität oder Diffusion entgegenwirkt (b) (3) |
|   |  |  | Ja (siehe b)                                   |   |
|   |  | Vom Gebäude weg  | Nein (siehe c)                                 | Zementputz an der Außenseite + horizontales und vertikales Drainagesystem (c)                   |
|   |  |  | Ja (siehe e)                                   |   |
| Horizontal oder zum Gebäude hin   | Nein (siehe c)   | Wasserdichte Wanne:<br>- Konstruktion aus Ortbeton, ggf. ergänzt durch Injektionen (d)<br>- steife Wanne (2) an der Innenseite (d) |  |   |
|   | Ja (siehe e)   |  |  |   |
| Das Niveau des Grundwassers befindet sich (vorübergehend) über dem Niveau des Kellers |  |  | Nein (siehe d)                                 | Flexible Wanne (4) (e)  |
|   |  |  | Ja (siehe e)                                   |   |

(1) Die Buchstaben in den Klammern verweisen auf den vorzusehenden Mindestschutz. Es ist klar, dass für eine gegebene Beanspruchung jede leistungsfähigere Schutzklasse ebenfalls zulässig ist. Vom Buchstaben ‚a‘ zum Buchstaben ‚d‘ erhöhen sich die Leistungen des Systems immer mehr.  
 (2) Es handelt sich um einen Putz aus mindestens zwei Schichten, der ständig sichtbar bleibt, um unvermeidliche Ausbesserungen (bedingt durch die Schwindung, Setzungen, ...) zu ermöglichen. Das Bindemittel kann eines auf Zement- oder Harzbasis sein. Der Untergrund muss sauber sein und eine ausreichende mechanische Festigkeit aufweisen.  
 (3) In bestimmten Fällen, bei denen der Keller sich ständig über dem Niveau des Grundwassers befindet und kein Wasserdruck vorhanden ist, kann es ausreichend sein, eine Membran vorzusehen, die dem Feuchtigkeitstransport (durch Kapillarität oder Diffusion) entgegenwirkt. Es müssen dann aber Maßnahmen getroffen werden, um zu vermeiden, dass diese Membran durch spätere Arbeiten beschädigt wird.  
 (4) In diesem Fall muss man wasser- und dampfdichte Membranen verwenden (z.B. mit geschweißten Nähten). Diese können außen an der wasserdicht zu machenden Konstruktion angebracht und anschließend gegen jede Beschädigung durch die Erdaufschüttung geschützt werden. Sie können auch innen angebracht werden, wenn die wasserdicht zu machende Konstruktion später ausgeführt wird.

**Tabelle 2 Klassifizierung der Dichtheit von Betonkonstruktionen nach der NBN EN 1992-3.**

| Dichtheitsklassen | Anforderungen bezüglich der Lecks   |
|-------------------|---|
| 0                 | Ein bestimmter Leckstrom oder das Auftreten von Lecks ohne Folgen ist zulässig.   |
| 1                 | Die Lecks müssen auf eine kleine Menge begrenzt bleiben. Einige Flecken oder Feuchtigkeitsstellen auf der Oberfläche sind zulässig. |
| 2                 | Es gibt nur minimale Lecks. Die Oberfläche darf keine Flecken aufweisen.  |
| 3                 | Es sind keine Lecks zulässig.   |

tes Material erfordern, sondern auch einen wasserdichten Gesamtentwurf, einschließlich der Arbeitsfugen und eventuellen Risse.

Es gibt drei mögliche Ursachen für den Feuchtigkeitstransport durch eine Betonkonstruktion hindurch:

- die Durchlässigkeit des Betons (obwohl diese im Allgemeinen begrenzt ist)
- eventuell vorhandene Risse
- die in der Konstruktion vorhandenen Fugen.

Die Tabelle 3 gibt eine vergleichende Übersicht von der Größenordnung des Leckstromes durch eine Wand aus Stahlbeton hindurch, in Abhängigkeit der Transportmethode. Daraus ergibt sich, dass es notwendig ist, beim Entwurf und bei der Ausführung des Bauwerkes in geeigneter Weise vorzugehen, und zwar in Abhängigkeit von der gewünschten Dichtheit.

Das Entstehen von Rissen ist, sogar bei Konstruktionen aus Stahlbeton, nicht anormal. Diese Erscheinung ist im Allgemeinen den unvermeidlich behinderten Verformungen (Trockenschwindung, ...) und den Zugspannungen zuzuschreiben, die in den auf Biegung belastenden Betondecken und -wänden entstehen. Diese Zugspannungen lassen sich beherrschen, indem die Betonkonstruktion mit einer wirksamen Armierung versehen wird, mit der sich die Breite der Risse verringern lässt. In der Praxis stellt man jedoch häufig fest, dass der Armierungsprozentsatz in den Betonwänden dermaßen gering ist (weniger als 0,15 %), dass der Ausdruck ‚Stahlbeton‘ nicht länger zutreffend ist. Ein Beton mit einem solchen Entwurf findet streng genommen sogar für die Dichtheitsklasse 0 keine Berücksichtigung.

Es ist somit äußerst wichtig, dass diese As-

**Tabelle 3 Größenordnung des Leckstromes durch eine Wand aus Stahlbeton hindurch, in Abhängigkeit der Transportmethode [Bomhard].**

| Transportmethode                     | Größenordnung |
|--------------------------------------|---------------|
| Über den Beton                       | 1             |
| Über die Risse                       | 10.000        |
| Über die schlecht ausgeführten Fugen | 10.000.000    |

pekte in die Studie einbezogen werden, die der Ausführung der Arbeiten vorausgeht.

#### 4 BEHERRSCHUNG DER DICHTHEIT

Obwohl diese Problematik Gegenstand einer zukünftigen NIT sein wird, die den Entwurf und die Ausführung von flüssigkeitsdichten Betonkonstruktionen behandelt, erscheint es uns sinnvoll, schon jetzt eine knappe Übersicht von einigen Maßnahmen zu geben, die zur Beherrschung der Dichtheit von Stahlbetonkonstruktionen ergriffen werden können.

##### 4.1 BETONTECHNOLOGIE

Wenn die Dichtheit des eingegrabenen Bauwerkes durch die alleinige Nutzung von Stahlbeton sichergestellt werden muss, ist es entscheidend, dem ordnungsgemäßen Entwurf und der korrekten Berechnung der Konstruktion eine ausreichende Aufmerksamkeit zu schenken, um die Anzahl der Betonierfugen und Rissbildungen zu begrenzen.

Im Artikel ‚Fissuration des murs en béton armé: causes et remèdes possibles‘ (CSTC-Magazine 4/1995) wurde schon ausführlich auf die diversen Parameter, die die Ursache von den charakteristischen, mehr oder weniger vertikalen Rissbildungen sind, die in den Wänden der Betonwannen auftreten, eingegangen. Die hieraus resultierenden präventiven Maßnahmen zielen hauptsächlich auf Folgendes ab:

- die Begrenzung des Schwindungsunterschiedes zwischen der Platte und den Wänden
- die Verringerung des Temperaturanstiegs des Betons während der Abbindung des Zements.

Zur Reduzierung des Schwindungsunterschiedes zwischen der Platte und den Wänden muss man die Zeitspanne zwischen deren Ausführung möglichst kurz halten. Im Verlauf dieses Zeitraumes muss man außerdem danach streben, die Schwindung von der zuerst betonierten Platte möglichst lange zu verzögern (z.B. indem man sie feucht hält). Nach deren Ausführung können die Wände ihrerseits auf einer Seite (z.B. mithilfe einer PE-Folie) so geschützt werden, dass sie, wie die Platte, nur auf einer Seite trocknen.

Die Wahl einer geeigneten Betonzusammensetzung sowie einer entsprechenden Verarbeitung sind bezüglich der Flüssigkeitsdichtheit wesentlich. Es wird deshalb empfohlen, sich für Zementsorten mit einer niedrigen Hydratationswärme zu entscheiden, um die Betontemperatur nicht unnötig zu erhöhen. Theoretisch geht man davon aus, dass ein Beton wasserdicht ist, wenn er einen W/Z-Wert von 0,45-0,50 und eine Druckfestigkeitsklasse von größer oder gleich C30/37 aufweist. Dank einer hohen Verarbeitbarkeit, die ggf. durch die Hinzufügung von geeigneten Zusatzmitteln erhalten wird, und einer energetischen Verdichtung des Betons ist es möglich, eine bessere Betondichte zu gewährleisten, was der Flüssigkeitsdichtheit natürlich zugute kommt.

Da die Fugen häufig eine Schwachstelle von Betonkonstruktionen bilden, muss man deren Anzahl auf ein Minimum beschränken und bei ihrer Ausführung geeignete Materialien verwenden. Unabhängig von dem Fugentyp und dem Konstruktionstyp muss man auf die ordnungsgemäße Arbeitsweise der Fugen während der Lebensdauer des Bauwerkes achten und dies sogar nach eventuellen zyklischen Öffnungs- und Schließbewegungen der Fuge. Die Materialien, die für die Ausführung der Dichtungsfugen angewendet werden, sind normalerweise aus Kunststoff, Metall oder Stoffen, die bei Kontakt mit Feuchtigkeit quellen. Bei der Bestimmung des Fugenabstandes kann man sich auf zwei Prinzipien stützen. Bei dem Prinzip, bei dem man den Abstand zwischen den Fugen begrenzt, zielt man darauf ab, die freie Verformung maximal zu begünstigen. Bei dem Prinzip der weit auseinander liegenden Fugen zielt man darauf ab, die Rissöffnung maximal zu begrenzen, was die Verwendung von Beton mit ausreichender Armierung erfordert.

##### 4.2 NUTZUNG VON ZUSÄTZLICHEN SCHUTZSYSTEMEN

Bezüglich der zusätzlichen Schutzvorrichtungen unterscheidet man zwischen den steifen Systemen (Zementierung, Harzputze, ...) und den flexiblen Systemen (Dichtungsmembranen und -bänder). Diese Systeme, die in den NIT 147, NIT 190 und NIT 210 des WTB vorgestellt werden, können in bestimmten Fällen mit einem Drainagesystem kombiniert werden, um den Wasserdruck an den eingegrabenen Bauwerken zu begrenzen. ■

 NÜTZLICHE DOKUMENTE

- Les Dossiers du CSTC, 2004/4, Cahier Nr. 11
- Les Dossiers du CSTC, 2005/4, Cahier Nr. 8
- Bomhard H., Concrete and environment. An introduction. Budapest, FIP-symposium, vol. 1, 1992.

**B**ei der Bestimmung der Energieleistung eines Gebäudes muss man die Energieverluste, die in der Heizungsanlage auftreten, berücksichtigen. In diesem Artikel wird erklärt, was man genau unter dem System-, Abgabe-, Verteilungs- und Speicherungswirkungsgrad der Anlage versteht und aufgezeigt, wie sich diese Wirkungsgrade mithilfe der PEB-Software (für Flandern) berechnen lassen.

# Bestimmung des Wirkungsgrades von Heizungsanlagen

## 1 DER SYSTEMWIRKUNGSGRAD: EINE KURZE EINORDNUNG

Die Arbeitsweise einer Heizungsanlage, die in einem bestimmten Energiebereich des Gebäudes aufgestellt ist, geht stets mit Energieverlusten einher, d.h. mit Verlusten, die nicht zur Heizung des betreffenden Bereichs beitragen.

Die Energieverluste, die im Rahmen der flämischen PEB-Verordnung (PEB = Energieleistung von Gebäuden) betrachtet werden, werden in drei Kategorien unterteilt:

- durch das Wärmeabgabesystem bedingte Verluste
- durch das Wärmeverteilungssystem verursachte Verluste
- auf das Wärmespeicherungssystem zurückzuführende Verluste.

Für jede dieser Kategorien kann man einen Teilwirkungsgrad bestimmen, nämlich den Abgabewirkungsgrad  $\eta_{em}$ , den Verteilungswirkungsgrad  $\eta_{distr}$  und den Speicherungswirkungsgrad  $\eta_{stor}$ , deren Produkt später in den Berechnungen als ein saisongemittelter konstanter Term eingeht, der auch bezeichnet wird als Systemwirkungsgrad  $\eta_{sys}$ :

$$\eta_{sys} = \eta_{em} \times \eta_{distr} \times \eta_{stor}$$

## 2 BERECHNUNG DES SYSTEMWIRKUNGSGRADES MIT DER PEB-SOFTWARE

Um den Systemwirkungsgrad mithilfe der PEB-Software zu bestimmen, muss der Planer in dem dafür vorgesehenen Bildschirm vier Felder ausfüllen, von denen der Inhalt und das Berechnungsergebnis dem Auftragnehmer vom Berichterstatter mittels des ELW-Formulars (ELW = Energieleistung von Wohnungen) mitgeteilt werden. Diese Felder werden nachstehend ausführlich beschrieben.

*J. Schietecat, Ing., Leiter des Laboratoriums 'Techniken für Heizung und Klimatisierung', WTB*

**Tabelle 1** Berechnungswerte des Abgabewirkungsgrades für eine Zentralheizung.

| Regelung der Innentemperatur                    | Regelung der Vorlauftemperatur des Wärmeträgers |                        |
|---|---|------------------------|
|   | Konstanter Einstellwert                         | Variabler Einstellwert |
| Dezentralisiert (pro Raum)                      | 0,87  | 0,89                   |
| Zentralisiert (für den gesamten Energiebereich) | 0,85  | 0,87                   |

### 2.1 ART DES HEIZUNGSSYSTEMS

In das erste Feld muss die Art des Heizungssystems eingegeben werden. Man unterscheidet:

- die örtliche (dezentralisierte) Heizung: Hierbei wird die Wärme in dem Raum abgegeben, wo sie erzeugt wird (z.B. Heizöfen, Elektrokonvektoren, ...)
- die Zentralheizung: Hierbei wird die Wärme zentral erzeugt (z.B. Heizkessel) und mittels eines Wärmeträgers (Wasser oder Luft) zu allen Räumen innerhalb des Energiebereiches transportiert
- die Gemeinschaftsheizung: Diese Systeme funktionieren genau so wie eine Zentralheizung, können aber mehrere Energiebereiche gleichzeitig bedienen (z.B. Gemeinschaftsheizung in einem Appartementhaus).

Falls verschiedene Heizungssysteme kombiniert werden, muss man den niedrigsten Wirkungsgrad berücksichtigen.

### 2.2 ABGABEWIRKUNGSGRAD DES SYSTEMS ( $\eta_{em}$ )

Der Abgabewirkungsgrad kann als das saisongemittelte Verhältnis von der Nutzwärme, die von den Heizelementen eines gegebenen Energiebereiches abgegeben wird, zu ihrer Gesamtwärmeabgabe definiert werden.

Dieser Wirkungsgrad umfasst nicht nur die nutzlosen Wärmeverluste dieser Heizelemente, sondern auch die Verluste infolge einer Falscheinstellung und ist von den nachstehend beschriebenen Parametern abhängig.

### 2.2.1 Art des Abgabesystems

Im Falle der örtlichen (dezentralisierten) Heizung wird der Berechnungswert des Abgabewirkungsgrades ( $\eta_{em}$ ) pauschal bestimmt, und zwar gemäß dem gewählten Apparat (z.B. 0,82 für einen Holz- oder Kohleofen, 0,87 für einen Gasheiz- oder Ölheizofen, 0,96 für einen Elektroradiator oder einen Konvektor mit elektronischer Regelung, ...).

Bei einer Zentralheizung kann der Berechnungswert des Abgabewirkungsgrades auf zwei verschiedene Weisen bestimmt werden:

- entweder pauschal, unter Berücksichtigung der Regelung der Innentemperatur und der Vorlauftemperatur des Wärmeträgers (siehe Tabelle 1)
- oder mit einer detaillierten Berechnung.

Für eine vorhandene Gemeinschaftsheizung wird der Berechnungswert des Abgabewirkungsgrades schließlich genau so bestimmt wie für die Zentralheizung, aber man muss außerdem das Heizkostenverteilungssystem (siehe § 2.2.4) berücksichtigen.

### 2.2.2 Berechnungswerte des Abgabewirkungsgrades für eine Zentralheizung

In der Tabelle 1 sind die Berechnungswerte des Abgabewirkungsgrades für eine Zentralheizung zusammengefasst. Die darin aufgeführten Elemente werden in der Fortsetzung des Textes erläutert.

□ *Regelung der Innentemperatur*

Bei Vorhandensein einer Luft- oder Wasserzentralheizung muss angegeben werden, ob die Regelung der Innentemperatur zentral (für den gesamten Energiebereich) oder dezentralisiert (pro Raum) erfolgt.

Eine dezentralisierte Regelung bedeutet, dass die Wärmeabgabe in allen Räumen des betreffenden Energiebereichs so geregelt ist, dass die Wärmezufuhr automatisch verringert oder gestoppt wird, sobald der Einstellwert der Innentemperatur erreicht ist.

Eine zentralisierte Regelung setzt voraus, dass die Innentemperatur nur von einem zentralen (in einem Referenzraum befindlichen) Thermostat geregelt wird und dass in den übrigen Räumen keine Regelmöglichkeiten vorgesehen sind. Dies ergibt einen weniger günstigen Abgabewirkungsgrad als im Falle der dezentralisierten Regelung.

□ *Einstellwert der Vorlauftemperatur*

Bei einer Zentralheizung ist der Einstellwert der Vorlauftemperatur im Verteilungssystem variabel, wenn dieser mit der Außentemperatur schwankt. Dies ergibt einen besseren Abgabewirkungsgrad als bei einem konstanten Einstellwert.

2.2.3 *Aufstellung eines Heizelementes vor einer Verglasung*

Wenn ein Heizelement aus dem Energiebereich ganz oder teilweise vor einer Verglasung aufgestellt steht, dann kann ein beträchtlicher Teil der Wärme auf diesem Weg in die Außenumgebung entweichen.

Dieser Effekt wird von der Software automatisch dadurch berücksichtigt, dass die in Tabelle 1 aufgeführten Wärmeabgabewirkungsgrade um einen festen Wert von 0,08 verringert werden.

2.2.4 *Verteilung der Heizkosten anhand eines individuell gemessenen, tatsächlichen Verbrauchs*

Bei einer Gemeinschaftsheizung wird der Berechnungswert des Abgabewirkungsgrades genau so wie für eine Zentralheizung bestimmt.

In diesem Falle berücksichtigt man auch das benutzte System der Heizkostenverteilung (das ggf. eine individuelle Messung des tatsächlichen Verbrauchs in jeder Wohneinheit umfasst).

Die Pauschalwerte des in Tabelle 1 angegebenen Abgabewirkungsgrades werden deshalb

dadurch verringert, dass sie multipliziert werden mit:

- einem Faktor von 0,95, wenn die individuelle Heizkostenverteilung in jeder Wohneinheit anhand eines akzeptierten Messsystems ausgeführt wird
- einem Faktor von 0,85, wenn keine solche Kostenverteilung erfolgt.

2.3 *VERTEILUNGSWIRKUNGSGRAD DES SYSTEMS ( $\eta_{distr}$ )*

Der Verteilungswirkungsgrad ( $\eta_{distr}$ ) repräsentiert das saisongemittelte Verhältnis zwischen der Gesamtwärme, die von den Heizelementen an den Energiebereich abgegeben wird und der Wärme, die die Wärmeerzeugungsanlage und (oder) der Speicherbehälter auf das Verteilungssystem übertragen (überträgt). Dieser Verteilungswirkungsgrad kann sowohl pauschal bestimmt als auch berechnet werden.

Wenn alle Rohrleitungen oder Leitungen einer Zentralheizung sich bezüglich der Wärmedämmschicht innerhalb des geschützten Volumens befinden, kommen alle Leitungsverluste dem betrachteten Energiebereich zugute ( $\eta_{distr} = 1$ ). Wenn ein Teil der Rohrleitungen sich in der Außenumgebung oder in einem angrenzenden, nicht geheizten Raum befindet, wird pauschal ein Wirkungsgradverlust von 5 % für das Verteilungssystem vorgesehen ( $\eta_{distr} = 0,95$ ). Dies gilt ebenfalls, wenn die Heizleitungen in die Dicke der Wärmedämmschicht integriert sind.

Bei einer örtlichen Heizung kommt dieser Faktor nicht zur Anwendung, angesichts dessen, dass in diesem Fall keine Verteilungsverluste auftreten. Die pauschalen Berechnungswerte des Verteilungswirkungsgrades sind in der Tabelle 2 zusammengefasst.

**Tabelle 2 Pauschale Berechnungswerte des Verteilungswirkungsgrades.**

| Art der Heizungsanlage   | Verteilungswirkungsgrad $\eta_{distr}$ |
|--|--|
| Dezentralisierte Heizung   | 1,00                                   |
| Zentralheizung und Gemeinschaftsheizung:<br>– alle Leitungen befinden sich in dem geschützten Volumen (¹)<br>– ein Teil der Leitungen befindet sich außerhalb des geschützten Volumens (²) | 1,00<br>0,95                           |

(¹) In diesem Fall befinden sich alle Leitungen zwischen der geschützten Innenumgebung und der Bauschicht mit dem größten Wärmewiderstand, die zu einer Wand der Gebäudehülle gehört.  
 (²) Dieser Fall kommt auch zur Anwendung, wenn die außerhalb des geschützten Volumens liegenden Leitungen, isoliert sind. Alternativ dazu kann man eine detaillierte Berechnung ausführen, um den günstigsten Verteilungswirkungsgrad zu erhalten.

**Tabelle 3 Pauschale Berechnungswerte des Speicherungswirkungsgrades.**

| Speicherung in einem oder mehreren Pufferbehältern                                       | Speicherungswirkungsgrad $\eta_{stor}$ |
|--|--|
| Nicht zutreffend   | 1,00                                   |
| Zutreffend: – innerhalb des geschützten Volumens<br>– außerhalb des geschützten Volumens | 1,00<br>0,97                           |

2.4 *SPEICHERUNGSWIRKUNGSGRAD DES SYSTEMS ( $\eta_{stor}$ )*

Wenn die Wärmeenergie vorübergehend in einem Pufferbehälter gespeichert wird, repräsentiert der Speicherungswirkungsgrad das saisongemittelte Verhältnis zwischen der Wärme, die an das Verteilungssystem abgegeben wird und der Wärme, die das Wärmeerzeugungssystem auf den Speicherbehälter überträgt.

Das Vorhandensein von solchen Pufferbehältern für die Speicherung von Wärme zur Raumheizung, die vom Heizkessel getrennt ausgeführt oder in diesen integriert sein können, muss gemeldet werden.

Wenn alle Pufferbehälter innerhalb des geschützten Volumens aufgestellt sind, kommen die Wärmeverluste integral dem betrachteten Energiebereich zugute ( $\eta_{stor} = 1$ ).

Wenn dagegen mindestens ein Pufferbehälter sich außerhalb des geschützten Volumens (in der Außenumgebung oder in einem angrenzenden, nicht geheizten Raum) befindet, wird pauschal ein Wirkungsgradverlust von 3 % für das Speicherungssystem vorgesehen ( $\eta_{stor} = 0,97$ ). Die pauschalen Berechnungswerte des Speicherungswirkungsgrades sind in der Tabelle 3 zusammengefasst.

3 *DIE WALLONISCHE UND DIE FLÄMISCHE ENERGIEPORTALSITE*

Für weitere Informationen über die Anwendung der PEB-Verordnung in der Wallonischen Region und der Flämischen Region, verweisen wir den interessierten Leser auf die jeweiligen Energieportalsites: [energie.wallonie.be](http://energie.wallonie.be) und [www.energiesparen.be](http://www.energiesparen.be). ■

# Wärmedämmung von schweren Decken

Um den regionalen Verordnungen über die Energieleistung von Gebäuden entsprechen zu können, die bereits oder bald zur Anwendung kommen, wird in diesem Artikel die Problematik der Wärmedämmung von so genannten ‚schweren‘ Decken untersucht.

## 1 EINLEITUNG

Ganz allgemein existiert eine große Diversität an Dämmstoffen, mit denen eine schwere Decke isoliert werden kann. Es kann sich dabei sowohl um Produkte in Form von Platten (Mineralwolle, Schaumglas, ...), als auch in Form eines gespritzten Schaumstoffes (z.B. Polyurethan), eines Leichtbetons (z.B. Beton auf Basis von Polystyrengranulat) oder aber auch in Form von wenig oder nicht gebundenen Körnern (z.B. Blähton) handeln. In all diesen Fällen muss auf den Zustand der Trockenheit des Dämmstoffes geachtet werden, denn dessen Leistungen werden durch die ggf. vorhandene Feuchtigkeit verringert. Diese Feuchtigkeit kann die Wärmeleitfähigkeit der Materialien stark beeinflussen. Sie kann von den darunter liegenden Schichten kommen und durch die Kapillarität innerhalb der Dämmschicht wandern oder sich aus dem Wasser ergeben, das für das Anmachen eines Leichtbetons verwendet wurde. In beiden oben erwähnten Fällen müssen konstruktive Maßnahmen ergriffen werden, um den Wärmewiderstand des Deckenaufbaus nicht zu beeinträchtigen. So ist es angezeigt, die Decken auf ebenerdigem Erdreich von anderen Deckentypen zu unterscheiden.

## 2 DECKEN AUF EBENERDIGEM ERDREICH

Bei Decken auf ebenerdigem Erdreich müssen kapillarbrechende Membranen unter und auf dem Dämmstoff angeordnet werden, damit die Wanderung der Feuchtigkeit gedrosselt wird und das Risiko auf direkte Befeuchtung verringert wird (siehe Abbildungen 1 und 2). Dieses Prinzip muss auch eingehalten werden, wenn der Dämmstoff direkt unter dem Estrich (schwimmender Estrich) verlegt wird. Diese Maßnahmen gelten jedoch nicht bei Vorhandensein von gespritztem PUR, das auf seinem Träger haftend angebracht sein muss.

## 3 SELBSTTRAGENDE DECKEN

Das Risiko der Befeuchtung ist bei einem solchen Entwurf geringer, insbesondere wenn der Dämmstoff die Form von Platten aufweist, die an die Unterseite der selbsttragenden Platte oder der Hohlplatten geklebt und/oder an derselben mechanisch befestigt werden. Für diesen Fall muss man keine besonderen Maßnahmen ergreifen, vorausgesetzt, dass die Trocknung

Abb. 1 Beispiel für die Wanderung von Feuchtigkeit aus dem Boden oder den oberen Schichten.

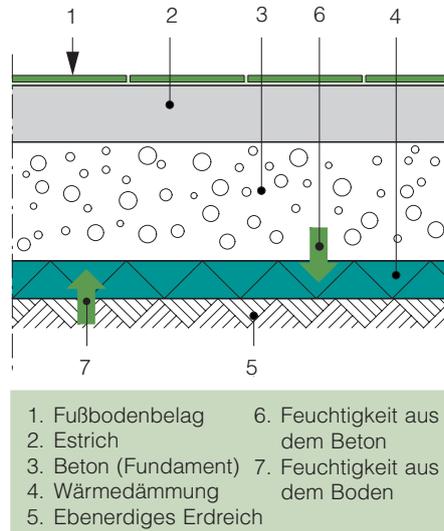
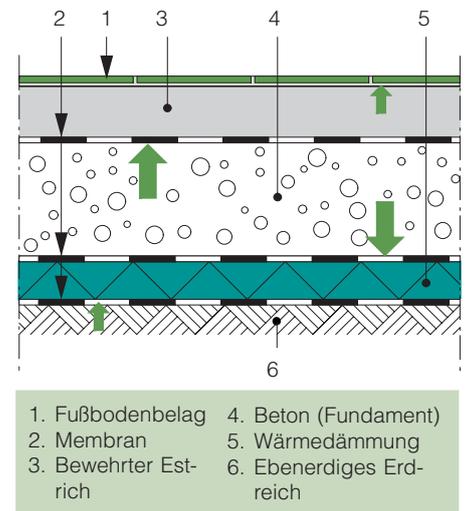


Abb. 2 Mögliche Lage der kapillarbrechenden Membranen zum Drosseln der Feuchtigkeitswanderung.



der oberen Schichten keineswegs behindert wird. Die Erfordernis, trotzdem eine kapillarbrechende Membran zwischen dem Dämmstoff und einem schwimmenden Estrich vorzusehen, ergibt sich eher durch den Wunsch, den Estrich vom Untergrund unabhängig zu machen, um die Eindringung von Zementmilch in den Dämmstoff oder in die Fugen zwischen den Platten zu vermeiden bzw. das Risiko der späteren Be-

feuchtung des Fußbodenbelags zu verringern. Wenn die Trocknungsmöglichkeiten der darunterliegenden Platte eingeschränkt sind (z.B. bei einer dampfdichten Ausführung an der Unterseite) oder aber wenn ein hoher Dampfdruck in den darunterliegenden Räumen herrscht (z.B. bei einem Schwimmbad), kann die Anbringung einer kapillarbrechenden Membran unter dem Dämmstoff dennoch nötig sein.

## BEMERKUNGEN

- Eine besondere Aufmerksamkeit ist der Behandlung des Anschlusses der Decke an die senkrechten Wänden zu schenken. In Abhängigkeit des gewählten Bausystems kann sich die Anbringung eines dämmenden Blockes am Fuße der Mauern als notwendig erweisen, um das Entstehen von Wärmebrücken an dieser Stelle zu vermeiden.
- Obwohl Leichtbeton im trockenen Zustand eine ziemlich geringe Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  aufweisen kann, ist er meistens ungeeignet, um als alleiniges Material die Wärmedämmung eines Deckenaufbaus sicherzustellen und die Anforderungen der Verordnungen zu erfüllen:
  - Bei gleichwertigem Wärmewiderstand (cf. Formel § 6) ist die Dicke des trockenen Leichtbetons, im besten Falle, 3- bis 4-mal höher als die eines traditionellen Dämmstoffes
  - Für das Einbringen des Leichtbetons ist häufig eine beträchtliche Wassermenge erforderlich und auch die Zeit, die zum Erreichen des gewünschten Trocknungsgrades erforderlich ist, ist nicht zu unterschätzen. Diese Zeit ist stark abhängig von der Dampfdurchlässigkeit der oberen und unteren Schichten und wird bei Vorhandensein von kapillarbrechenden Membranen besonders lang sein.
- Die kapillarbrechenden Membranen können aus Polyethylenfolien mit einer Mindestdicke von 0,2 mm bestehen, die mit einer Überlappung von 20 cm verlegt werden. Sie bilden jedoch keine wirksame Barriere gegen Wasserdruck.
- Wenn der Dämmstoff Belastungen unterworfen ist (z.B. schwimmender Estrich), muss man die Empfehlungen einhalten, die in der NIT 189 bezüglich der Verformung unter Belastung und dem Durchstanzwiderstand angegeben sind.
- Bestimmte Dämmplatten für schwimmende Estriche sind, ab dem Zeitpunkt ihrer Herstellung, mit einer Schutzschicht versehen, so dass man sich auf die Behandlung der Fugen mithilfe von Klebeband beschränken kann. Wenn es sich um einen gespritzten Dämmstoff handelt, kann man entsprechend den in der technischen Zulassung (ATG) angegebenen Vorschriften ggf. eine Schutzschicht anbringen.

#### 4 VON DER DECKE ZU ERREICHENDES WÄRMEDÄMMNIVEAU

In den drei Regionen werden die Anforderungen bezüglich der Wärmedämmung von Decken mithilfe der maximalen Wärmedurchgangszahlen  $U$  ( $W/m^2K$ ) oder eines minimalen Wärmewiderstandes  $R$  ( $m^2K/W$ ) angegeben, die nach der Norm NBN B 62-002 berechnet werden. Die in der Tabelle 1 aufgenommenen Grenzwerte sind jedoch nicht immer untereinander vergleichbar. In der Flämischen Region wird der Wärmewiderstand des Bodens (gemäß der Norm NBN EN 13-370 oder dem CSTC-Rapport Nr. 7) tatsächlich bei der Berechnung der Decken auf ebenerdigem Erdreich berücksichtigt, während dies in Wallonien oder in Brüssel nicht der Fall ist. Die geforderten maximalen  $U$ -Werte sind somit in den beiden letzten Regionen logischerweise anders.

#### 5 WAHLMÖGLICHKEITEN DES PLANERS UND DES AUSZUFÜHREN DEN AUFTRAGNEHMERS

Die Wärmeverordnungen gehen jeden etwas an. Deshalb ist es notwendig, dass der Informationsaustausch zwischen den Baupartnern optimal verläuft. Unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen Aufträge schlagen wir nachstehend einige Richtlinien vor:

- Der Planer muss:
  - je nach vorliegender Situation, einen Deckenaufbau vorschlagen, der mindestens die Anforderungen der Verordnung erfüllt. Für die detaillierte Berechnung der Wärmeleistung dieses Aufbaus und eine Überprüfung von dessen Konformität in Bezug auf die Anforderungen kann er spezifische Computerprogramme in Anspruch nehmen
  - dem ausführenden Auftragnehmer mitteilen, für welchen Aufbau er sich entschieden hat und zugleich die Art der Materialien und den Wärmewiderstand der verschiedenen, den Aufbau bildenden Schichten der Decke angeben
  - die Konformität in Bezug auf die Verordnung von jedem alternativen Aufbau überprüfen, der von dem Auftragnehmer oder dem Auftraggeber vorgeschlagen wird
  - die Qualität der Ausführung und die Konformität der Ausführung in Bezug auf

- seine Vorschriften und/oder die Vertragsklauseln kontrollieren
- Der ausführende Auftragnehmer:
  - muss den Vorschriften der besonderen Verdingungsunterlagen entsprechen, indem er Materialien anwendet, die mit den darin spezifizierten Vorgaben übereinstimmen, und zwar in den vorgeschriebenen Dicken
  - kann ggf. einen alternativen Aufbau vorschlagen (siehe § 6), mit dem es möglich ist, die vom Planer zugrunde gelegte minimale Wärmeleistung zu erreichen, wobei dieser Aufbau dem Planer zur Genehmigung vorzulegen ist.

#### 6 VOM AUFTRAGNEHMER VORGESCHLAGENE VARIANTE

Wenn der Auftragnehmer hierzu die Möglichkeit erhalten hat, kann dieser dem Planer einen alternativen Aufbau vorschlagen, dessen Wärmeleistungsniveau, d.h. dessen Wärmedurchgangszahl  $U$  oder dessen Wärmewiderstand  $R$ , jeweils kleiner oder höher ist als das, das dem Entwurf zugrunde gelegt wurde.

Die folgende Formel dient dazu, die Berechnung des Gesamtwärmewiderstandes der Decke ausgehend von den Einzelwärmewiderständen einer jeder einzelnen Schicht zu ermöglichen:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

- $R_T$ : Gesamtwärmewiderstand der Decke (in  $m^2K/W$ )
- $R_{si}$  und  $R_{se}$ : Übergangswärmewiderstände, jeweils an der Innenseite und an der Außenseite der Decke (in  $m^2K/W$ )
- $R_1, R_2, \dots, R_n$ : Wärmewiderstände der verschiedenen, den Aufbau bildenden Schichten des Deckenaufbaus (in  $m^2K/W$ )
- $R_i = d/\lambda_i$ : Der Wärmewiderstand einer homogenen Schicht  $i$  wird berechnet, indem ihre Dicke ( $d$ , angegeben in  $m$ ) durch den Wert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_i$  ( $W/mK$ ) des Materials geteilt wird, aus dem sie aufgebaut ist.

Die Alternativen, die vorgeschlagen werden können, beinhalten im Wesentlichen den Ersatz des und/oder die Änderung der Dicke des Dämmstoffes bzw. einer eventuell vorhandenen Schicht aus Leichtbeton, beziehen sich aber normalerweise nicht auf das tragende Element.

Der Auftragnehmer kann sich demzufolge darauf beschränken, zu überprüfen, ob der Wärmewiderstand der Schicht, die er ersetzen möchte, höher ist als der Wert, der für dieselbe Schicht vom Planer vorgeschlagen wurde. Dazu teilt er die Dicke  $d$  durch den Koeffizienten  $\lambda$ .

Zur Information haben wir in der Tabelle 2 für die verschiedenen Wärmedämmstoffe, die bei Decken zur Anwendung kommen können, die  $\lambda$ -Werte angegeben, und zwar unter Berücksichtigung des Zertifizierungsniveaus des gewählten Materials. Um den Baufachleuten beim Treffen ihrer Wahl zu helfen, sind in der Tabelle 3 die Wärmewiderstände der Dämmstoffe in Abhängigkeit von ihrer Wärmeleitfähigkeit und ihrer Dicke aufgeführt.

Falls der Auftragnehmer eine Alternative für zwei oder mehrere Schichten bezüglich des Deckenaufbaus vorschlägt, muss er darauf achten, dass die Summe der Wärmewiderstände dieser verschiedenen Schichten höher ist als jene, die beim Entwurf ausgewählt wurde.

#### BEMERKUNGEN

- Falls mechanische Befestigungen aus Metall durch den Dämmstoff hindurchgehen (z.B. Befestigung des Dämmstoffes an der Unterseite der Tragdecke), muss man berechnen, welchen Einfluss diese Befestigungen auf den Wärmewiderstand der Dämmschicht haben werden. Diese Berechnung ist nicht erforderlich, wenn die mechanischen Befestigungen aus Kunststoff sind.
- Die Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ ) eines Leichtbetons ist besonders von seiner Volumenmasse und seinem Trockenheitsgrad abhängig. Wenn eine der Schichten der Decke aus Leichtbeton besteht, muss man folglich eine solche Zusammensetzung wählen, dass die Volumenmasse des Betons mit dem in den Berechnungen berücksichtigten  $\lambda$ -Wert übereinstimmt (siehe zu erscheinendes Infomerkblatt).
- Es empfiehlt sich, auf Zusammensetzungen von Leichtbeton zurückzugreifen, die über einen Prüfbericht verfügen, in dem der zu verwendende  $\lambda$ -Wert angegeben wird, je nachdem ob, der Beton trocken (und das auch über die Zeit bleibt) oder feucht ist (z.B. Beton, der direkt das Erdreich berührt oder zwischen zwei undurchlässigen Schichten eingeschlossen ist).

**Tabelle 1 Grenzwerte für die Wärmedämmung von Decken.**

| Deckentyp  | Flandern   | Wallonien                          | Brüssel                            |
|--|--|------------------------------------|------------------------------------|
| Decken in Kontakt mit der Außenumgebung  | $U_{max} = 0,6$  | $U_{max} = 0,6$                    | $U_{max} = 0,6$                    |
| Decken auf ebenerdigem Erdreich  | $U_{max} = 0,4$ oder $R_{min} = 1,0$ (*)   | $U_{max} = 1,2$                    | $U_{max} = 1,2$                    |
| Andere Decken (oberhalb eines Hohlräumens oder eines Kellers außerhalb des geschützten Volumens, Decken von eingegrabenen Räumen):<br>– nicht gegen Frost geschützt<br>– gegen Frost geschützt | $U_{max} = 0,4$ oder $R_{min} = 1,0$ (*)<br>$U_{max} = 0,4$ oder $R_{min} = 1,0$ (*) | $U_{max} = 0,6$<br>$U_{max} = 0,9$ | $U_{max} = 0,6$<br>$U_{max} = 0,9$ |

(\*) Bei der Berechnung von  $R_{min}$  werden die Übergangswiderstände  $R_{si}$  und  $R_{se}$  unberücksichtigt gelassen.  $R_{min}$  stimmt somit mit der Summe der Wärmewiderstände der verschiedenen Schichten überein, aus denen sich der Deckenaufbau zusammensetzt.

**Tabelle 2 λ-Werte für die Wärmedämmstoffe.**

| Dämmstoff                               | Spezifische Wärme | Zertifiziertes bekanntes Produkt   | Zertifizierte Materialien (¹) | Nicht zertifizierte Materialien |
|---|-------------------|--|-------------------------------|---------------------------------|
|   | c [J/kg.K]        | λ <sub>ui</sub> [W/m.K]  | λ <sub>ui</sub> [W/m.K]       | λ <sub>ui</sub> [W/m.K]         |
| Kork (ICB)                              | 1560              | Diese Informationen müssen vom Hersteller oder Lieferanten angegeben werden.<br><br>Für Produkte mit einer ATG ist der Berechnungswert im Prinzip günstiger. | –                             | 0,050                           |
| Mineralwolle (MW)                       | 1030              |  | 0,041                         | 0,045                           |
| Polystyrolschaum (EPS)                  | 1450              |  | 0,040                         | 0,045                           |
| Polyethylenschaum (PEF)                 | 1450              |  | –                             | 0,045                           |
| Phenolschaum – mit Deckschicht (PF)     | 1400              |  | 0,025                         | 0,045 (²)                       |
| Polyurethan – mit Deckschicht (PUR/PIR) | 1400              |  | 0,028                         | 0,035                           |
| Extrudiertes Polystyrol (XPS)           | 1450              |  | 0,034                         | 0,040                           |
| Schaumglas (CG)                         | 1000              |  | 0,048                         | 0,055                           |
| Perlit (EPB)                            | 900               |  | 0,055                         | 0,060                           |
| Vermiculit                              | 1080              |  | –                             | 0,065                           |
| Platten aus geblähtem Vermiculit        | 900               | –  | 0,090                         |                                 |

(¹) Es handelt sich um zertifizierte Materialien, von denen nur die Art bekannt ist (Standardvorgabe).

(²) Für Dämmplatten aus geschlossenzelligem Phenolschaum mit Deckschicht wird dieser Wert auf 0,030 W/(m.K) verringert.

**Tabelle 3 Wärmewiderstände der Dämmstoffe (in m²K/W) in Abhängigkeit von ihrer Wärmeleitfähigkeit λ und ihrer Dicke.**

| λ [W/mK] | Dicke [cm] |      |      |      |      |      |
|----------|------------|------|------|------|------|------|
|          | 2          | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| 0,025    | 0,80       | 1,20 | 1,60 | 2,00 | 2,40 | 2,80 |
| 0,026    | 0,77       | 1,15 | 1,54 | 1,92 | 2,31 | 2,69 |
| 0,027    | 0,74       | 1,11 | 1,48 | 1,85 | 2,22 | 2,59 |
| 0,028    | 0,71       | 1,07 | 1,43 | 1,79 | 2,14 | 2,50 |
| 0,029    | 0,69       | 1,03 | 1,38 | 1,72 | 2,07 | 2,41 |
| 0,030    | 0,67       | 1,00 | 1,33 | 1,67 | 2,00 | 2,33 |
| 0,031    | 0,65       | 0,97 | 1,29 | 1,61 | 1,94 | 2,26 |
| 0,032    | 0,63       | 0,94 | 1,25 | 1,56 | 1,88 | 2,19 |
| 0,033    | 0,61       | 0,91 | 1,21 | 1,52 | 1,82 | 2,12 |
| 0,034    | 0,59       | 0,88 | 1,18 | 1,47 | 1,76 | 2,06 |
| 0,035    | 0,57       | 0,86 | 1,14 | 1,43 | 1,71 | 2,00 |
| 0,036    | 0,56       | 0,83 | 1,11 | 1,39 | 1,67 | 1,94 |
| 0,037    | 0,54       | 0,81 | 1,08 | 1,35 | 1,62 | 1,89 |
| 0,038    | 0,53       | 0,79 | 1,05 | 1,32 | 1,58 | 1,84 |
| 0,039    | 0,51       | 0,77 | 1,03 | 1,28 | 1,54 | 1,79 |
| 0,040    | 0,50       | 0,75 | 1,00 | 1,25 | 1,50 | 1,75 |
| 0,041    | 0,49       | 0,73 | 0,98 | 1,22 | 1,46 | 1,71 |
| 0,042    | 0,48       | 0,71 | 0,95 | 1,19 | 1,43 | 1,67 |
| 0,043    | 0,47       | 0,70 | 0,93 | 1,16 | 1,40 | 1,63 |
| 0,044    | 0,45       | 0,68 | 0,91 | 1,14 | 1,36 | 1,59 |
| 0,045    | 0,44       | 0,67 | 0,89 | 1,11 | 1,33 | 1,56 |
| 0,046    | 0,43       | 0,65 | 0,87 | 1,09 | 1,30 | 1,52 |
| 0,047    | 0,43       | 0,64 | 0,85 | 1,06 | 1,28 | 1,49 |
| 0,048    | 0,42       | 0,63 | 0,83 | 1,04 | 1,25 | 1,46 |
| 0,049    | 0,41       | 0,61 | 0,82 | 1,02 | 1,22 | 1,43 |
| 0,050    | 0,40       | 0,60 | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,40 |

**7 OPTIONEN, DIE VOM AUSFÜHREN DEN AUFTRAGNEHMER GEWÄHLT WERDEN KÖNNEN**

Die Möglichkeiten, aus denen der ausführende Auftragnehmer wählen kann, sind vielfältig (siehe Tabelle 4). In allen Fällen, in denen der Auftragnehmer Änderungen an dem im Entwurf vorgesehenen Aufbau vornehmen möchte, muss er diese dem Planer zur Genehmigung vorlegen. ■

**Tabelle 4 Optionen, die vom ausführenden Auftragnehmer gewählt werden können.**

|   | Materialien (¹) | Dicke (¹) | λ (¹)                           |
|---|-----------------|-----------|---------------------------------|
| 1 | V               | V         | V                               |
| 2 | V               | V         | günstiger oder gleichwertig (²) |
| 3 | X               | V         | V                               |
| 4 | X               | V         | günstiger oder gleichwertig     |
| 5 | V               | kleiner   | günstiger (³)                   |

(¹) V: in Übereinstimmung mit den Vorschriften des Planers; X: Abweichend von den Vorschriften des Planers.

(²) Kleinerer λ-Wert.

(³) Kleinerer λ-Wert, so dass der Wärmewiderstand R höher ist.

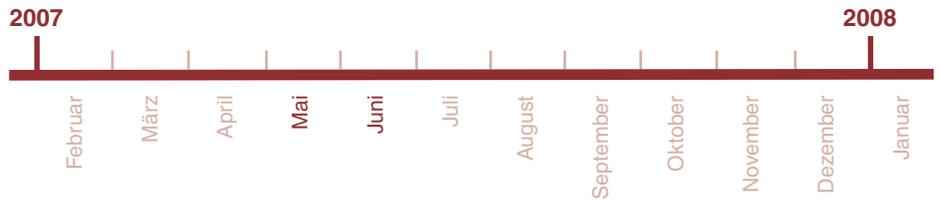
✉ M. Wagneur, Ing., Leiter für Information, WTB  
O. Vandooren, Ing., Leiter der Abteilung ‚Kommunikation und Verwaltung‘, WTB

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

Die in diesem Artikel angesprochenen Themen werden in einem Infomerkblatt detaillierter behandelt, das bald auf unserer Website erscheinen wird.

# Bauagenda

Die Vermittlung von dank der Forschungsarbeit erworbenen Kenntnissen ist eine der wichtigsten Aufgaben des WTB. Die organisierten Kurse und Studienabende, die sowohl bei uns als auch an über unser Land verteilten Orten stattfinden, richten sich an Bauunternehmer, aber auch an Architekten, an Lehrer des technischen Unterrichtswesens und an Fachleute, die am Bauprozess beteiligt sind.



## Planungsprogramm MS Project auf Windows – Basiskurs

- **Kurze Beschreibung:**  
Arbeitsweise des Programms (2000, 2002 und 2003), Konzipieren von Projekten, Schaffung der Aktivitäten und Beziehungen, Erstellen von Berichten
- **Zielgruppe:**  
Baustellenleiter, Projektleiter oder Firmenchefs, die beabsichtigen die Überwachung ihrer Projekte mithilfe von MS Project durchzuführen
- **Wo und wann?**  
WTB, Lozenberg 7, 1932 Sint-Stevens-Woluwe, am 30. Mai und am 6., 13. und 20. Juni 2007, von 9.00 bis 16.00 Uhr.

## MS Project – Fortgeschrittenkurs

- **Kurze Beschreibung:**
  - Zuordnen von mehreren Ressourcen sowie Kosten zu Aufgaben
  - Importieren und Exportieren von Daten nach Excel
  - Vereinigen von Unternehmensprojekten in einer Multiprojekt-Datei
- **Zielgruppe:**  
Baustellenleiter, Projektleiter oder Firmenchefs
- **Wo und wann?**  
WTB, Lozenberg 7, 1932 Sint-Stevens-Woluwe, am 22. und 29. Juni 2007, von 9.00 bis 16.00 Uhr.

- **Zielgruppe:**  
Sanitärinstallateure und Heizungstechniker, Planungsbüros, Wartungsunternehmen, technische Dienste, Verwalter von großen Gebäuden, Hygieniker von Krankenhäusern und von Unterbringungseinrichtungen für ältere Menschen
- **Wo und wann?**  
WTB, Avenue P. Holoffe 21, 1342 Limelette, am 29. Mai 2007, von 14.30 bis 18.00 Uhr. ■



## Die Legionellenkrankheit

- **Kurze Beschreibung:**
  - Legionellen und Legionärskrankheit
  - Gefahrenstellen in den Wasserleitungen
  - Behandlungen gegen die Legionellenbildung in den Sanitäranlagen
  - Beherrschung des Legionellenproblems durch einen guten Entwurf und eine geeignete Organisation der Wassererzeugungsrohnetze
  - Wasseruntersuchung
  - Legionellengesetzgebung in Belgien



### NÜTZLICHE INFORMATIONEN

**Kontakte** (info@bbri.be)  
 • Planungstechniken:  
 Tel.: 02/716.42.11  
 Fax: 02/653.07.29  
 • Andere Kurse: J.-P. Ginsberg  
 Tel.: 02/655.77.11  
 Fax: 02/725.32.12

**Nützlicher Link**  
[www.wtb.be](http://www.wtb.be) (Rubrik ‚Agenda‘)

| BRÜSSEL   | ZAVENTEM  | LIMELETTE  |
|---|---|--|
| <p><b>Firmensitz</b></p> Rue du Lombard 42<br>B-1000 Brüssel<br>E-mail : <a href="mailto:info@bbri.be">info@bbri.be</a> <p><b>Generaldirektion</b></p> 02/502 66 90<br>02/502 81 80 | <p><b>Büros</b></p> Lozenberg 7<br>B-1932 Sint-Stevens-Woluwe <p><b>Allgemeine Nr.</b>      <b>Nr. Veröffentlichungen</b></p> 02/716 42 11       02/529 81 00<br>02/725 32 12       02/529 81 10 <p>Technische Gutachten<br/>                     Kommunikation - Qualität<br/>                     Angewandte Informatik Bau<br/>                     Planungstechniken<br/>                     Entwicklung &amp; Valorisierung</p> | <p><b>Versuchsgelände</b></p> Avenue Pierre Holoffe 21<br>B-1342 Limelette <p> 02/655 77 11<br/>  02/653 07 29</p> <p>Forschung &amp; Innovation<br/>                     Laboratorien<br/>                     Bildung<br/>                     Dokumentation<br/>                     Bibliothek</p> |