



wtb.be
Forscht • Entwickelt • Informiert

Kontakt

EINE AUSGABE DES WISSENSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN BAUZENTRUMS

2016/2



**Anker für
Hohlmauern**
S. 8-9

**Begrünte
Fassaden**
S. 12-13

Farbmessungen
S. 20-21

Hängerinnen
S. 28-29

Quelle: Van Vlierden Groenbedrijf



Inhalt 2016/2

Die Google-Suchmaschine zum nachhaltigen Bauen steht online! 3

 Zufällige Einspannungen bei der Anwendung von Hohlplatten 4

 Bewertungstool für untiefe Geothermie 6

 Anker für Hohlmauern 8

 Windbelastungen auf Flachdächern 10

 Begrünte Fassaden für nachhaltige Gebäude und Städte 12

  Läufer an Schreinerarbeiten und Fassadenverglasungen 14

  Enzymatische Reinigung von biologisch verschmutzten Bauelementen 16

Im Fokus + FAQ 18

 Farbmessungen als Hilfsmittel bei der Abnahme von Naturstein 20

 Innovative Fußbodenheizungssysteme 22

 Kritische Bewertung der Maßhaltigkeitsleistungen von elastischen Bodenbelägen 24

 Einfluss des Schmiermittels beim Einbau von konzentrischen Kaminsystemen 26

 Ablaufleistung von Hängerinnen 28

 Luftdichtheitsmessungen im Rahmen der PEB: Behandlung der Lüftungseinrichtungen 30

 Neue Holzbaumethoden: erste akustische Ergebnisse *in situ* 32

 Risikoanalyse eines Projekts 34

Die Google-Suchmaschine zum nachhaltigen Bauen steht online!

Ziel dieser neuen Portalsite ist es, alle verfügbaren Informationen über das nachhaltige Bauen zu sammeln und **allen Fachleuten aus dem Bausektor**, seien es nun Bauunternehmer, Planer, Ingenieure von Planungsbüros, Materialhändler ... **zur Verfügung zu stellen**. Dieses Portal zielt nicht hauptsächlich darauf ab, Informationen zu generieren, sondern deren Zugang dank einer Suchmaschine zu erleichtern, die die Spezifitäten der Zielgruppe berücksichtigt. Diese Portalsite bietet somit viel mehr als eine bloße Linkliste: Denn sie verweist auf den Inhalt von Quell-Websites.

Dieses **einfache, schnelle und intuitive Tool** ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit zwischen dem WTB, *Bruxelles Environnement*, der *Confédération Construction* und dem *Service public de Wallonie*. Die Suchmaschine vereinigt die verschiedenen Informationstypen bezüglich der nachhaltigen Renovierung und des Errichtens von nachhaltigen Gebäuden: technische Informationen, technologische Überwachung, Unternehmensunterstützung, Verordnungen und schließlich auch Schulungs- und Veranstaltungsagenda.

Das Tool wurde entworfen, um **die Informationen zu zentralisieren und leichter zugänglich zu machen**. Die Suchmethode kann beispielsweise an die Bedürfnisse des Nutzers angepasst werden.

- Suche nach Baugewerken (Bauunternehmen, Architekten und Planungsbüros, Bauträger ...)
- Suche nach Themen (Projektmanagement, Mobilität, Materialien, Energie, Wasser ...)
- Suche nach Informationstypen (technische Information, Verordnung, nachhaltige Beispiele ...).

Der Inhalt wird von einem Gremium von Vertretern aus dem Sektor ausgewählt, wodurch die verfügbaren Informationen garantiert **zielgerichtet und relevant** sind.

Dieses Tool ist außerdem **entwicklungsfähig und lebt von Ihrer Teilnahme**. Zögern Sie folglich nicht, sich anzumelden und auch selbst inhaltliche Vorschläge zu machen.

Das *Portail Construction Durable*, für den Entwurf und die Ausführung der Gebäude von morgen!



Hohldeckenelemente oder Hohlplatten sind dafür bestimmt, als isostatische Elemente zu fungieren, wobei an der Stelle des Auflagerepunkts eine freie Drehung auftreten kann. Dies lässt sich durch die freie Auflage der Hohlplatten (z.B. auf Konsolen von Balken oder Wänden) realisieren. Wenn die tragenden Wände des darüber liegenden Stockwerks auf den Enden der Deckenelemente aufliegen, treten Einspannmomente auf, die – in Abhängigkeit der vertikalen Belastungen – beträchtlich sein können (siehe die TI 223, § 7.7.4). Wenn die Rotation der Elemente am Auflager durch die Auflagerverbindung stark behindert wird, kann es im Endbereich der Elemente zu einer Rissbildung kommen, die wieder mit einer Verringerung der Querkrafttragfähigkeit einhergehen kann. In diesem Artikel besprechen wir die Maßnahmen, die ergriffen werden können, um dieses Problem zu vermeiden.

Zufällige Einspannungen bei der Anwendung von Hohlplatten

Wann sind keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich?

In bestimmten Situationen weiß man aus Erfahrung, dass die Hohldeckenelemente ausreichend stark sind, um die Spannungen, die durch begrenzte zufällige Einspannmomente hervorgerufen werden, aufzunehmen. So geht man davon aus, dass bei traditionellen Einfamilienhäusern keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich sind, sofern keine Druckschicht oder zusätzliche Armierung vorhanden ist, die eine Einspannung hervorruft.

Die Verbindungsarmierung zwischen den Deckenelementen an der Stelle des Auflagers – die u.a. vorgesehen werden kann, wenn die Decke auch eine Rolle hinsichtlich der horizontalen Stabili-

tät spielt – muss maximal auf halber Höhe angebracht werden, um das Auftreten der unerwünschten Risse zu vermeiden.

Konstruktive Maßnahmen

Bei anderen Anwendungen kann man eine Anzahl konstruktiver Maßnahmen ergreifen, um die zufällige Einspannung zu reduzieren oder die eventuelle Rissbildung so einzuleiten, dass sie keine gefährlichen Situationen verursachen kann. Diese konstruktiven Maßnahmen kommen nur zur Anwendung, wenn keine Druckschicht vorhanden ist und wenn die eventuelle Verbindungsarmierung maximal auf halber Höhe angebracht wird.

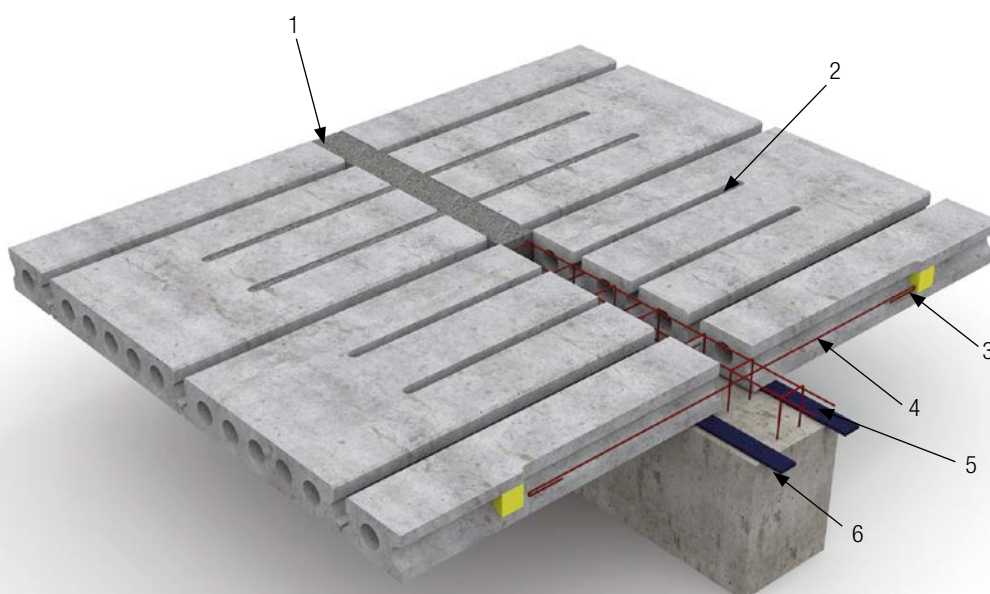
Die konstruktiven Maßnahmen können aus dem **Einsatz von Elementen mit**

abgeschrägten Enden bestehen (siehe Abbildung 2). Dadurch treten die eventuellen Risse zwischen der Abschrägung und dem Füllbeton auf und breiten sich bis zum Auflagebereich aus. Die Abschrägung an der Oberseite des Deckenelements muss gerade eben bis außerhalb des Auflagebereichs erfolgen. Eine übermäßige Abschrägung oder Entfernung des Betons kann zu einer Reduzierung der Querkrafttragfähigkeit führen. Man kann sich ebenfalls dafür entscheiden, **die obere Schicht der Elemente an der Stelle des Auflagers zu entfernen** (siehe Abbildung 3).

Die Basislösung für Hohlplatten besteht darin, **am richtigen Ort Kanalabdichtungen vorzusehen**, so dass der Füllbeton innerhalb des Auflagebereichs bleibt (siehe Abbildung 4). Die eventuelle Rissbildung wird dadurch in dem Bereich auftreten, der in der Nähe des Auflagers liegt. Hierbei ist eine genaue Positionierung der Kanalabdichtungen von äußerster Wichtigkeit.

Grundsätzlich könnte man **die Fuge zwischen dem Deckenelement und der darüber liegenden Wand auch mit einem elastischen Material** (PUR, XPS, EPS ...) **ausführen** (siehe Abbildung 5). Auf diese Weise kann die Belastung der darüber liegenden Wand übertragen werden, ohne das Element zu belasten. Die darüber liegende Wand und die

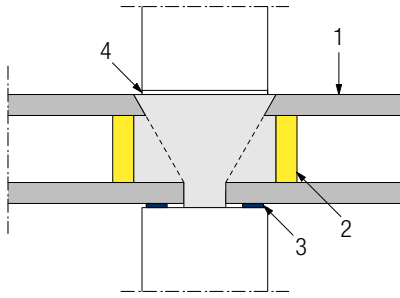
1 | Die Verbindungsarmierung muss maximal auf halber Höhe angebracht werden



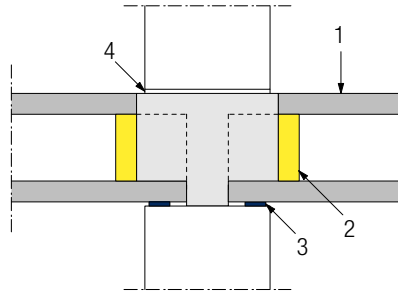
1. Füllbeton
2. Geöffnete Kanäle
3. Verschluss der Fugen
4. Verbindungsarmierung
5. Verankerungsarmierung
6. Auflager aus Neopren



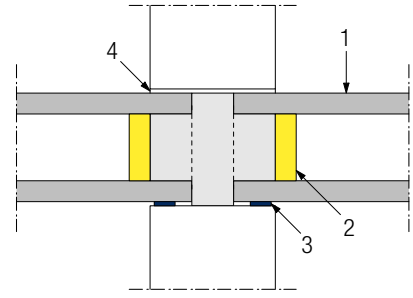
2 | Nutzung von Elementen mit abgeschrägten Enden (*)



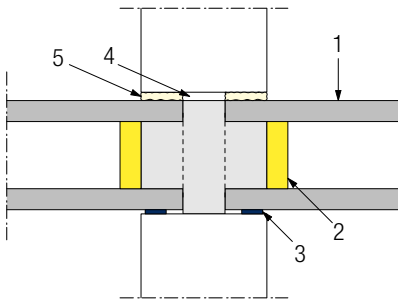
3 | Entfernen der oberen Schicht der Elemente an der Stelle des Auflagers (*)



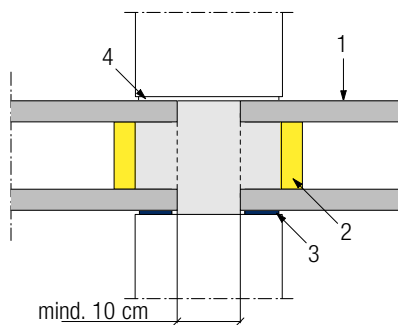
4 | Anbringen von Kanalabdichtungen, so dass der Füllbeton innerhalb des Auflagebereichs bleibt (*)



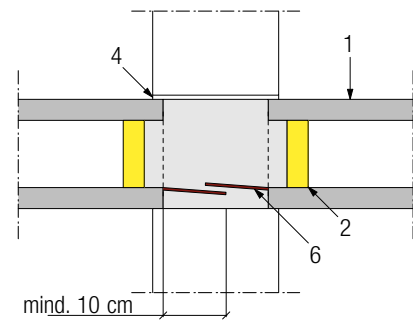
5 | Ausführung der Fuge mit einem elastischen Material (*)



6 | Vergrößerung der Anschüttbreite auf mindestens 10 cm (*)



7 | Vorsehen einer überstehenden Armierung (*)



1. Deckenelement (Hohlplatte)
2. Kanalabdichtung

3. Auflager (z.B. Mörtelbett oder Neopren)
4. Mörtelfuge

5. Elastisches Füllmaterial (PUR, XPS, EPS ...)
6. Überstehende Armierung

Mörtelfuge, die zwischen dieser Wand und dem Deckenelement liegt, müssen dafür selbstverständlich korrekt dimensioniert werden. Dieser Ansatz kommt in der Praxis jedoch selten zur Anwendung. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass die daraus resultierenden Kraftübertragungsbereiche sehr dünn sind und andererseits darauf, dass dessen Ausführung sehr arbeitsintensiv und schwer zu kontrollieren ist.

Um die Belastung der darüber liegenden Wand zu übertragen, ohne das Element übermäßig zu belasten, kann man **die Anschüttbreite an den Enden der Deckenelemente auf mindestens 10 cm vergrößern** (siehe Abbildung 6). Hierfür muss die tragende Wand jedoch ausreichend breit sein. **Die Elemente können eventuell mit einer überstehenden Armierung versehen werden** (siehe Abbildung 7), um die gewünschte Anschüttbreite zu erhalten. Angesichts dessen, dass dies einen Einfluss auf die Querkrafttragfähigkeit

hat (siehe Anhang H der Norm NBN B 21-605), muss man dies bei der Dimensionierung des Deckenelements ausreichend berücksichtigen.

Die obenstehenden konstruktiven Maßnahmen gelten auch, wenn nur an einer Seite der Wand Deckenelemente aufliegen.

Aufnehmen der Einspannung

In allen anderen Fällen muss die Einspannung von der Armierung (z.B. in der Druckschicht, in den Fugen oder in den geöffneten Kanälen) aufgenommen werden. Für weitere Informationen bezüglich der Dimensionierung dieser Armierung verweisen wir auf den informativen Anhang E der Norm NBN EN 1168 und das FIB-Bulletin 43 (*Fédération internationale du béton*).

Wenn nur an einer Seite der Wand

Deckenelemente aufliegen, muss die Armierung in einem Randbalken korrekt verankert werden. Bei dieser Lösung muss man auch den Kräfteeinwirkungen hinsichtlich dieses Balkens ausreichende Aufmerksamkeit schenken. Denn das Einspannmoment wird übertragen und wirkt als Torsionsmoment im Balken. Dieses Torsionsmoment muss an die darunter liegende Struktur weitergeleitet werden können.

Wenn an zwei Seiten der Wand Deckenelemente aufliegen, kann man die Armierung über die Wand durchlaufen lassen. Man muss jedoch immer Kontrollberechnungen zur Bestimmung des richtigen Ansatzes ausführen. **I**

*J. Wijnants, Ing., und B. Parmentier, Ir.,
Leiter der Abteilungen Technische Gutachten
und Strukturen, WTB*

*Dieser Artikel wurde in Zusammenarbeit mit
dem Verband FEBE und SECO verfasst.*

(*) Die Abbildungen müssen aus der Sicht der Stabilität als Prinzipschemata betrachtet werden (die Verbindungsarmierungen sind nicht abgebildet). Sie berücksichtigen keine anderen Leistungsanforderungen wie z.B. die Schalldämmung. Die minimale Auflagelänge der Hohlplatten muss gemäß dem Eurocode 2 bestimmt werden (außer für die Abbildung 7).

In Belgien werden jährlich etwa 1.500 Gebäude – darunter 1.000 Wohnungen – errichtet, die mithilfe einer geothermischen Anlage beheizt und gekühlt werden (siehe Les Dossiers du CSTC 2013/3.2). Diese Anlagen müssen mit der notwendigen Sorgfalt entworfen werden, so dass der Boden auch längerfristig dem Wärmebedarf des Gebäudes entsprechen kann. Um die Machbarkeit einer geothermischen Anlage in einem frühen Projektstadium zu überprüfen, wurde im Rahmen des ‚Smart Geotherm‘-Projekts ein Bewertungstool entwickelt (<http://www.smartgeotherm.be/geothermische-screeningstool/>). In diesem Artikel besprechen wir kurz die geothermischen Systeme, für die dieses Tool angewendet werden kann, sowie die zwei Teile, aus denen es aufgebaut ist.

Bewertungstool für untiefe Geothermie

Geothermische Systeme

Für **geschlossene vertikale geothermische Systeme**, die auf Basis einer Kopplung von vertikalen Schleifen arbeiten, ist die Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds wichtig. So hat ein wassergesättigter Sandboden eine höhere Wärmeleitfähigkeit als ein Tonboden, wodurch man für die Bodenschleifen weniger laufende Meter benötigt, um ein und denselben Energiebedarf zu decken. Geschlossene Systeme können im Prinzip an allen Standorten und für alle Gebäudetypen Anwendung finden.

Bei **offenen geothermischen Systemen**, bei denen Grundwasser entzogen und injiziert wird, spielen die hydraulischen Charakteristiken, wie z.B. die Wasserdurchlässigkeit der Bodenschichten, eine Rolle. Denn die Durchlässigkeit und die Dicke einer Bodenschicht sind mitbestimmend für den Grundwasservo-

lumenstrom, der entzogen oder erneut injiziert werden kann, was wiederum die maximale thermische Leistung festlegt. Da die Durchlässigkeit des Bodens – sogar für ein und dieselbe geologische Grundwasserschicht – große Variationen aufweisen kann, beschränkt sich das Tool gegenwärtig auf die Angabe des minimalen und maximalen Durchlässigkeitswerts der betreffenden Schicht.

Offene Systeme werden vor allem eingesetzt bei größeren Projekten mit einem bedeutenden Kühlbedarf, die sich darüber hinaus in Regionen befinden, in denen Grundwasserschichten vorhanden sind (z.B. Sandböden oder fragmentierte Gesteine).

Zwei Teile: Untergrund und Gebäude

Der erste Teil des Tools gestattet es, für

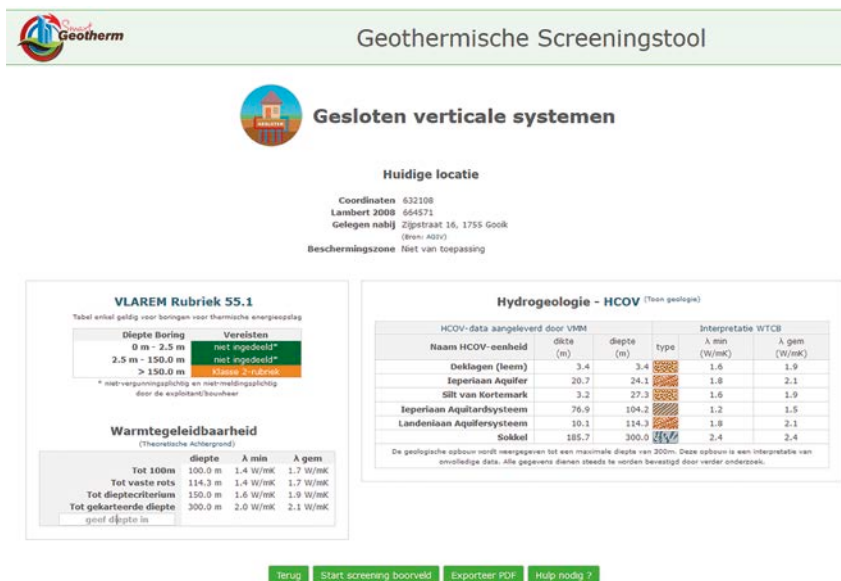
jeden Standort in **Flandern** auf einfache Weise den Aufbau des Untergrunds und die relevanten Eigenschaften für offene und geschlossene Systeme in Erfahrung zu bringen. Dazu werden die (hydro)geologischen Modelle von Flandern genutzt, die in der *Databank Ondergrond Vlaanderen* (DOV), zur Verfügung gestellt werden. Das Tool liefert ebenfalls die am Standort geltende Umweltgesetzgebung, in Abhängigkeit der Bohrtiefe (geschlossene Systeme) oder der entzogenen Volumenströme (offene Systeme). So kann man schnell eine gute Angabe der geothermischen Charakteristiken des Untergrunds erhalten, wodurch man in der Vorentwurfsphase Zeit und Ressourcen spart. Natürlich ersetzt das Tool keinesfalls eine thermische Reaktionsprüfung (TRT), einen Pumpversuch oder Explorationsbohrungen (siehe Kasten).

Auch der Untergrund der **Region Brüssel-Hauptstadt** ist in diesen Modellen

TRT und Pumpversuch

Mithilfe einer thermischen Reaktionsprüfung (TRT), die auf einer geschlossenen Bodenschleife ausgeführt wird, kann die mittlere Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds über die Tiefe der Bohrung bestimmt werden. Diese Prüfung erfolgt dadurch, dass über die Bodenschleife Wärme in den Boden injiziert und der Temperaturverlauf am Ein- und Ausgang der Schleife beobachtet wird. Je schneller die Temperatur ansteigt, desto weniger gut leitet der Boden die Wärme. Anhand dieser Prüfung kann auch der Bohrlochwiderstand abgeleitet werden. TRTs werden häufig bei größeren Projekten ausgeführt, um die Anzahl der Bohrungen zu optimieren.

Mithilfe eines Pumpversuchs, der auf einem Pumpensumpf (Bohrung mit Filter) ausgeführt wird, können die hydraulischen Parameter (z.B. Wasserdurchlässigkeit, Speicherkoeffizient) der in Erwägung gezogenen Schicht bestimmt werden, indem ein konstanter Grundwasservolumenstrom entzogen wird. In einem sicheren Abstand vom Pumpensumpf wird in Niveaufiltern der Grundwasserstand überwacht, aus dem die hydraulischen Parameter abgeleitet werden können. Angesichts dessen, dass ein Pumpversuch relativ teuer ist, kommt dieser nur bei großen Projekten zur Anwendung.



Bildschirmkopie von der niederländischen Version des Bewertungstools

Um die technische Machbarkeit von geothermischen Anlagen zu prüfen, wurde ein Bewertungstool entwickelt.

kartiert und kann mithilfe des Tools abgerufen werden. Ziel des kürzlich ins Leben gerufenen EFRO-Projekts ‚BruGeo-Thermap‘ ist es, die geothermischen Karten von Brüssel detaillierter auszuwerten. Dessen Ergebnisse werden im Laufe der nächsten Jahre erwartet.

Für die komplexere Geologie von **Wallonien** gibt es bisher noch keine digitalen Modelle, was die Integration der Daten über den Untergrund in ein Online-Tool erschwert. Der Nutzer ist daher gezwungen, den Aufbau des Untergrunds selbst auf Basis der verfügbaren Informationen zu prüfen. Die Website des *Service géologique de Wallonie* (geologie.wallonie.be) gibt beispielsweise Zugang zu (hydro)geologischen Karten der Wallonie, Querschnitten und thematischen Bodenkarten (*les thématiques du sous-sol wallon*), längs derer die verfügbaren Bohrungen und Sondierungen abgefragt werden können. Auf Basis dieser Informationen und von Daten aus der Literatur kann man die Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds über eine bestimmte Tiefe bewerten

oder das Vorhandensein von Grundwasserschichten überprüfen.

Die Brüsseler und Wallonische Gesetzgebung bezüglich der Geothermie stehen gegenwärtig nicht über das Tool zur Verfügung.

Der zweite Teil des Tools gestattet es, für die geschlossenen geothermischen Systeme anhand der oben erwähnten Daten die Größe eines Bohrfeldes zu berechnen. Wenn man selbst eine Bewertung der Wärmeleitfähigkeit auf Basis der verfügbaren Informationen, wie z.B. einer TRT oder einer Bohrung, vorgenommen hat, kann man direkt auf diesen Teil des Tools durchklicken, um die Bohrtiefe und die Wärmeleitfähigkeit manuell einzugeben. Für weitere diesbezügliche Informationen verweisen wir auf die Langfassung dieses Artikels.

Zur Ermittlung der gesamten geforderten Bohrlänge müssen in dem Tool auch noch eine Anzahl anderer Daten eingegeben werden, wie z.B. der Wärme- und Kühlbedarf des Gebäudes, der Bedarf

an sanitärem Warmwasser, die Leistung und der Wirkungsgrad der Wärmepumpe.

Danach werden verschiedene Lösungen für die Abstände zwischen den Bohrungen und deren Konfiguration vorgeschlagen. Nachdem der Nutzer eine Lösung gewählt hat, kann er einen PDF-Bericht herunterladen, in dem alle relevanten Informationen angegeben sind. Der Wert dieses Berichts hängt im großen Maße von der Zuverlässigkeit der vom Nutzer eingegebenen Parameter ab. Deshalb ist das Tool mit einer Anzahl von Kästen mit Zusatzinformationen versehen.

Wir möchten noch darauf hinweisen, dass dieser Teil des Tools nur angibt, ob die Ausführung einer geschlossenen geothermischen Anlage technisch machbar ist. Das Tool darf folglich auf keinen Fall als finales Entwurfswerkzeug verwendet werden. Hierfür muss man auf technisch ausgereifere Softwarepakete zurückgreifen.

Zukunftsansichten

Das Tool steht vorerst nur in Niederländisch zur Verfügung. In der Zukunft wird jedoch auch eine französische Version entwickelt. Um die Funktionalität des Tools zu erhöhen, befindet sich außerdem ein Folgemodul in der Entwicklung, das den Nutzer in die Lage versetzen soll, eine gute Bewertung des Wärme- und Kältebedarfs eines Gebäudes vorzunehmen. Auch der Teil, der offenen geothermischen Systemen gewidmet ist, wird weiter verbessert. Das wichtigste Ziel ist dabei, unter Berücksichtigung des Wärme- und Kältebedarfs eines Gebäudes, die Angabe, wie geeignet der Projektstandort für ein offenes System ist. Besonders für Geräte mit größeren Leistungen (> 100 kW) und Gebäuden mit einem bedeutenden Kältebedarf kann ein offenes System eine sehr rentable Lösung sein. In der Zukunft wird das Tool außerdem noch weiter verbessert, um einen wirtschaftlichen und ökologischen Vergleich zwischen einer geothermischen Lösung und klassischeren Anlagen zu ermöglichen.

L. François, Ir., und G. Van Lysebetten, Ir.,
Projektleiter, Laboratorium Geotechniek und
Monitoring, WTB



Via CSTC-Mail (siehe www.cstc.be) bleiben Sie, was das Erscheinen der Langfassung dieses Artikels betrifft, auf dem Laufenden: Les Dossiers du CSTC 2016/2.3

Bei dem Entwurf einer Hohlwand, der Wahl der Materialien und deren Ausführung muss den Ankern für Hohlmauern, die auch ‚Hohlmaueranker‘ genannt werden, besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Zur Ergänzung des Artikels ‚Impact de la PEB sur les maçonneries‘ (siehe Les Dossiers du CSTC 2011/4.5) hat das WTB eine Studie zu den Hohlmauerankern und insbesondere ihrem mechanischen Verhalten durchgeführt (*).

Anker für Hohlmauern

Wir möchten zuallererst daran erinnern, dass die Verwendung von Hohlmauerankern in Kombination mit den durch den Dämmstoff hindurch befestigten Dübeln – unserer Meinung nach – den Vorteil bietet, dass sie während ihrer Anbringung kein Risiko in Bezug auf eine Beschädigung der steifen Dämmplatten mit sich bringen.

Bestimmte, auf dem belgischen Markt erhältliche galvanisierte Anker sind mit einer Zinkschicht in der Größenordnung von 60 g/m², d.h. einer Dicke von 8,5 µm versehen, was dem Material entspricht, das in der Norm NBN EN 845-1 die Referenznummer 20 erhält. Der Eurocode 6 rät von der Verwendung dieses Ankertyps bei Außenanwendungen ab (Expositionsklassen MX2 bis MX5) und empfiehlt eine minimale Zinkschicht von 710 g/m², d.h. eine Dicke von 100 µm (Materialien mit den Referenznummern 8, 9 oder 10) für Außenanwendungen (Expositionsklassen MX2 und MX3), die nicht ‚salzhaltig‘ (MX4) oder chemisch aggressiv sind (MX5). Hohlmaueranker mit einer dünneren Zinkschicht dürfen nur unter den oben erwähnten Bedingungen eingesetzt werden, wenn man dafür die ausdrückliche Zustimmung des Herstellers hat. Die Zinkschicht darf jedoch nie dünner als 105 g/m² oder 15 µm sein.

Obwohl die Versuchsstudie der mechanischen Leistungen nicht vollständig war, hat sie bestätigt, dass das Knickungsrisiko bei den von uns auf Druckgeprüften Ankern in Luftzwischenräumen mit einer beträchtlichen Breite (ca. 210 mm) real vorlag. Die aufgezeichneten Druckfestigkeitswerte lagen dabei wesentlich niedriger als die Zugfestigkeitswerte.



Hohlmaueranker, die in die Mörtelschicht der tragenden Wand eingearbeitet sind

Bei den Stahlankern mit einem Kunststoffdübel, die in das Mauerwerk, nachdem dieses errichtet ist, gebohrt wurden, wurde nicht nur ein Materialversagen durch Knicken, sondern auch durch die Durchbohrung des Dübelendes durch den Metallstab festgestellt. Hierbei lagen die Werte für die Knickfestigkeit und die Durchbohrungsfestigkeit jedoch höher als die Zugfestigkeitswerte. Diese Letzteren werden durch die Perforationen in den Mauerwerkselementen beeinflusst und bleiben – jedenfalls unseren Prüfergebnissen zufolge – kleiner als die Zugfestigkeitswerte eines in den Mörtel eingearbeiteten Ankers.

Die auf dem Markt verfügbaren Hohlmaueranker müssen somit stets durch die Referenznummer des Materials gekennzeichnet (siehe Liste in der Norm NBN EN 845-1) und in Abhängigkeit von

der Expositionsklasse des Mauerwerks gewählt werden (siehe Eurocode 6, Teil 2), die für das Risiko bezüglich der Korrosion des Ankers ausschlaggebend ist. Außerdem muss ihre Leistungserklärung die Zug- und Druckfestigkeit, gemäß der Norm NBN EN 845-1, angeben, so dass man die Anzahl der Anker, die erforderlich ist, um der Windbelastung einen Widerstand entgegensetzen zu können, korrekt bestimmen kann (mindestens fünf pro m²).

Die Tabelle auf der nächsten Seite gibt eine Übersicht über die wesentlichsten Punkte bezüglich der Hohlmaueranker aus Stahl, um ihre Wahl zu erleichtern und ihre Anzahl zu ermitteln. Ferner enthält sie auch einige diesbezüglichen Erläuterungen.

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

Dieser Artikel wurde verfasst mit der Unterstützung der Wallonie (DG06), und zwar im Rahmen des Technologischen Beratungsdienstes COM-MAT ‚Matériaux et techniques de construction durables‘.

(*) Für weitere Informationen über die Ergebnisse dieser Studie verweisen wir den interessierten Leser auf den Artikel ‚Experimental parametric study on the performance of wall ties‘ (nur auf Englisch verfügbar) auf www.cstc.be.



Checkliste bezüglich der Hohlmaueranker aus Stahl (*) für eine Hohlwand in einer Außenumgebung

Eigenschaften		Vorschriften und Beschreibung
Konformität BPR (Bauproduktenrichtlinie) – CE-Kennzeichnung		■ NBN EN 845-1 (²)
Bestimmung		■ Verbindung zwischen der äußeren Wandschale und der tragenden Wand
Ankertyp und Befestigungsart an der tragenden Wand		☐ Asymmetrisch ☐ Symmetrisch
		☐ Nicht schrägstellbar (horizontal) ☐ Schrägstellbar (³)
		☐ Von üblicher Anwendung ☐ Mobil (³) ☐ Eingearbeitet in den Mörtel ☐ Gedübelt (z.B. Kunststoff-Tellerdübel) ☐ Geschraubt (tragende Holzwand)
		☐ Mit Keil/Nut
Mindestnenndicke der Mörtelfuge (falls anwendbar)		Ende 1: 10 mm (beispielsweise) Ende 2 (Seite der tragenden Wand): 3 mm (beispielsweise)
Mindestverankerungslänge in der Mörtelfuge (≥ 30 mm) (falls anwendbar)		Ende 1: 40 mm (beispielsweise) Ende 2 (Seite der tragenden Wand): 60 mm (beispielsweise)
Nennbreite des Hohlraums (Abstand zwischen den zwei Wänden)		170 mm (d.h. ein Luftzwischenraum von 30 mm und eine Dämmplatte mit einer Dicke von 140 mm) (beispielsweise)
Gesamtlänge des Ankers		270 mm (40 mm + 60 mm + 170 mm = 270 mm) (beispielsweise)
Abtropfkante		☐ Nein ☐ Ja (profilierter mittiger Abschnitt mit Wassernase – Dichtungsring – Gefälle zur Außenwand hin)
Referenznummer des Materials Wahl eines Korrosionsschutzsystems in Abhängigkeit der Expositionsklassen (siehe Eurocode 6, Teil 2, 'Ausführung' (NBN EN 1996-2))	Expositionsklasse	☐ MX2 (Feuchtigkeitsexposition) oder MX3 (Feuchtigkeits- und Frost-Tau-Wechsel-Exposition) ☐ Ref.-Nr. 1: austenitischer nichtrostender Stahl (Molybdän-Chrom-Nickellegierungen) („Inox 316“) ☐ Ref.-Nr. 3: austenitischer nichtrostender Stahl (Chrom-Nickellegierungen) („Inox 304“) ☐ Ref.-Nr. 8 – ☐ Ref.-Nr. 9 – ☐ Ref.-Nr. 10: Teil aus verzinktem Stahl (≥ 710 g/m²), d.h. Galvanisierungsdicke ≥ 100 µm ☐ Sonstige: (⁴)
		☐ MX4 (mit Salz gesättigte Luft-, Meerwasser- oder Streusalz-exposition) ☐ Ref.-Nr. 1: austenitischer nichtrostender Stahl (Molybdän-Chrom-Nickellegierungen) („Inox 316“) ☐ Sonstige: (⁴)
		☐ MX5 (chemisch aggressive Umgebung) ☐ (⁵)
Anzahl der Anker pro m² (n_t)	$n_t \geq W_{ed}/F_d$ (⁶) (und $n_t \geq 5$)	☐ ≥ 5 Anker/m² ☐ ≥ 6 Anker/m² ☐ ≥ 7 Anker/m² ☐ ≥

(¹) Es dürfen auch andere Materialtypen angewendet werden (andere Metalle, Kunststoff).

(²) Die Norm NBN EN 845-1 fordert, dass der Hersteller sowohl die Druckfestigkeit als auch die Zugfestigkeit der Anker deklariert, und zwar in Abhängigkeit von ihrer zulässigen Neigung, der Breite des Hohlraums (Abstand zwischen den Wänden) und den betrachteten Mauerwerkselementen (Mauerziegel und Mörtel).

(³) Im Falle von mobilen und schrägstellbaren Ankern müssen jeweils der maximal zulässige Bewegungsbereich und die maximale und minimale zulässige Neigung deklariert und während der Ausführung eingehalten werden.

(⁴) Die Verwendung von Materialien mit anderen Referenznummern aus der Norm NBN EN 845-1 ist nicht ausgeschlossen. In dem Fall muss man jedoch den Hersteller oder einen Spezialisten in Zusammenhang mit den spezifischen Bedingungen für die Berechnung zu Rate ziehen.

(⁵) Dafür können nur nichtrostender Stahl (Referenznummern 1 und 3) und Kunststoff (Referenznummer 2) in Erwägung gezogen werden. Ferner muss man stets den Hersteller oder einen Spezialisten in Zusammenhang mit den spezifischen Bedingungen für die Berechnung zu Rate ziehen.

(⁶) Siehe Eurocode 6 (NBN EN 1996-1-1, § 6.5). W_{ed} ist der Rechenwert der insgesamt horizontalen Windbelastung, die gemäß der Norm NBN EN 1991-1-4 ANB bestimmt wird. F_d ist der Rechenwert für die Druckfestigkeit des Ankers. Dieser Wert wird dadurch ermittelt, dass die charakteristische Druckfestigkeit F_k geteilt wird durch einen partiellen Material-Sicherheitskoeffizienten γ_m , der festgelegt wird gemäß der Norm NBN EN 1996-1-1 ANB ($F_d = F_k/\gamma_m$). Bei einer normalen Kontrolle der Arbeiten ist $\gamma_m = 2,7$. Im Falle dieser Anker stimmt die charakteristische Druckfestigkeit mit dem Mittelwert der Versuchsergebnisse überein (²).



Manchmal kann es schwierig sein, die Windbelastungen auf einem Flachdach zu bestimmen. Dies gilt insbesondere für Gebäude mit einer komplexen Form, da die geltenden Normen diese Belastungen nur für Gebäude mit einer einfachen Geometrie angeben. Es ist dennoch wichtig, die Windbelastungen auf den Dächern im Hinblick auf die korrekte Dimensionierung des Ballasts, der mechanischen Befestigungen oder der Verklebung zu kennen, die vorzusehen sind, um die verschiedenen Schichten des Dachaufbaus an ihrer Position zu halten. Die Berechnung der Windbelastungen wurde schon in Les Dossiers du CSTC 2010/4.3 besprochen. In diesem Artikel konzentrieren wir uns auf die Beschreibung der verschiedenen Druckbereiche, die auf komplexeren Dächern berücksichtigt werden müssen.

Windbelastungen auf Flachdächern

Eck- und Randbereiche im Eurocode

Um das Vorhandensein von Bereichen mit großen lokalen Unterdrücken auf Flachdächern zu berücksichtigen, unterteilt der Eurocode 1 (NBN EN 1991-1-4) die Dachfläche in vier verschiedene Bereiche:

- die Eckbereiche (F)
- die Randbereiche (G)
- zwei Bereiche in der Mitte des Dachs (H und I).

Diese letzten zwei mittleren Bereiche werden in der TI 239 jeweils ,partie

courante 1' und ,partie courante 2' genannt. Die Abmessungen dieser Bereiche sind von den Abmessungen des Gebäudes und von der Windrichtung abhängig. Indem die Situation nacheinander für jede mögliche Windrichtung betrachtet wird, ist es möglich, eine Karte mit windrichtungsunabhängigen Druckbereichen (siehe Abbildung 1) zu erstellen.

Die Abmessungen der so erhaltenen Bereiche hängen von zwei Parametern ab: e_1 und e_2 , die den kleinsten Wert von der Abmessung d_1 bzw. d_2 des Gebäudes und dem Zweifachen der Höhe des

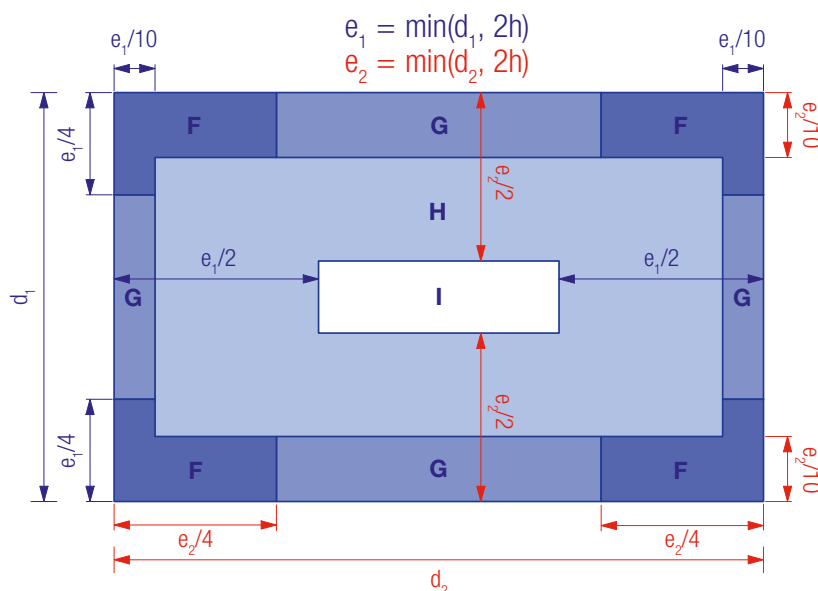
Dachs (h) repräsentieren. Wenn die zwei Abmessungen des Gebäudes (d_1 und d_2) kleiner als das Zweifache oder gleich dem Zweifachen der Höhe des Dachs (h) sind, gibt es keinen Bereich I (Bereich, in dem die Windbelastung stark reduziert ist). In dem Fall umfasst der Bereich H den vollständigen mittleren Bereich des Dachs.

Auf die Windbelastungen, die in jedem Bereich berücksichtigt werden müssen, wird sowohl in der Langfassung dieses Artikels als auch im Anhang 5 der TI 239 eingegangen.

Gebäude mit verschiedenen Niveaus

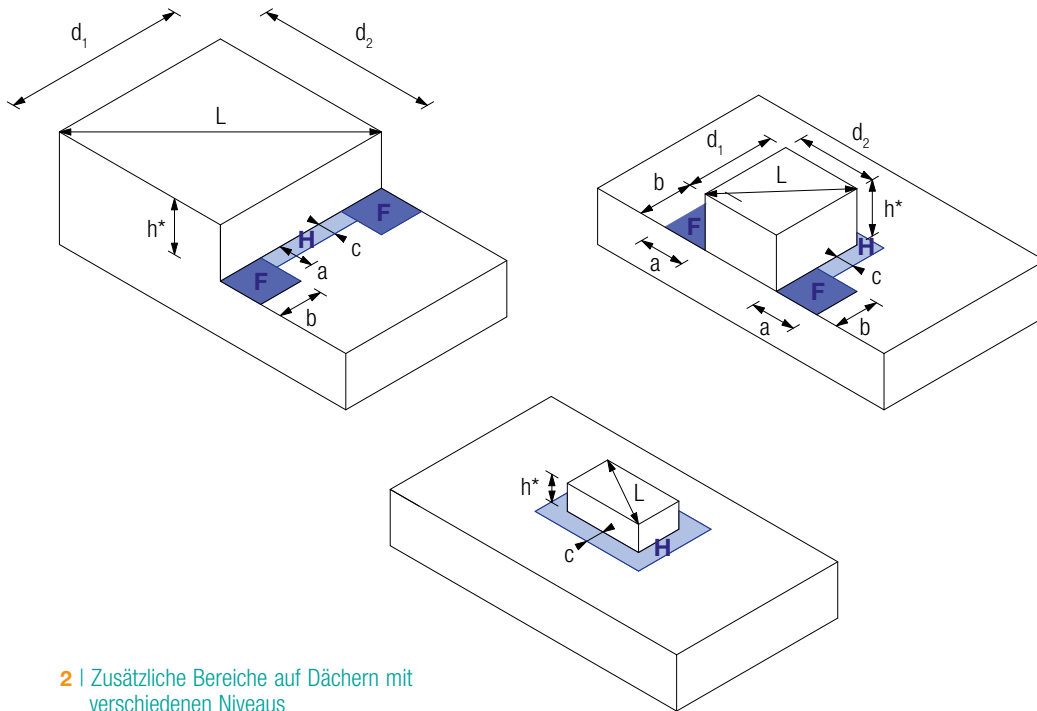
Wenn ein Dach mehrere Niveaus aufweist und der Höhenunterschied zwischen diesen Niveaus (h^*) größer ist als die Breite der Randbereiche des umhüllenden Gebäudes (*), muss jedes Niveau getrennt berechnet werden, und zwar in Abhängigkeit seiner eigenen Abmessungen und seiner Höhe bezogen auf das Erdreich. Der nationale belgische Anhang des Eurocodes 1 sieht außerdem noch eine Anzahl zusätzlicher Bereiche in Höhe der Elemente vor, die bezogen auf das Dach überstehen.

Wie in Abbildung 2 auf der folgenden Seite gezeigt, handelt es sich einerseits um die am Rand des Dachs gelegenen Eckbereiche (F) in Höhe der Wände, die die verschiedenen Niveaus voneinander trennen, und andererseits um einen



1 | Abmessungen der Eck-, Rand- und mittleren Bereiche eines Flachdachs (unabhängig von der Windrichtung) (h = Höhe des Dachs)

(*) Das heißt, dass man für die Berechnung der Abmessungen dieser Randbereiche das höchste Dachniveau heranzieht.



2 | Zusätzliche Bereiche auf Dächern mit verschiedenen Niveaus

Bereich H, rund um alle Elemente, die bezogen auf das Dachniveau überstehen. Dieser letzte Bereich muss natürlich nur in Betrachtung gezogen werden, wenn die überstehenden Elemente sich im Bereich I des Dachs befinden. In dem Fall ist es jedoch entscheidend, dass dieser berücksichtigt wird, da der Unterdruck im Bereich H bezogen auf den Bereich I um den Faktor 6 größer sein kann.

L-förmige Gebäude mit verschiedenen Niveaus

Für die zusätzlichen Eckbereiche des unteren Niveaus, muss man auf die oben erwähnten Richtlinien zurückgreifen, indem man einen fiktiven Gebäudebereich in Betrachtung zieht, der das untere Niveau ergänzt (falls

dieses Niveau schmaler ist als das obere Niveau). Wenn das reale Dach den zusätzlichen Eckbereich des kompletten Gebäudes ganz oder teilweise überlappt, gibt es zwei Möglichkeiten: im ersten Fall bleibt dieser Bereich erhalten (siehe Abbildung 3B), im zweiten Fall verschwindet er (siehe Abbildung 3C).

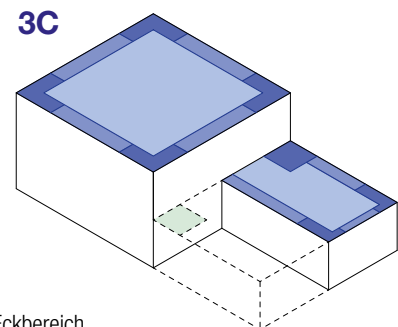
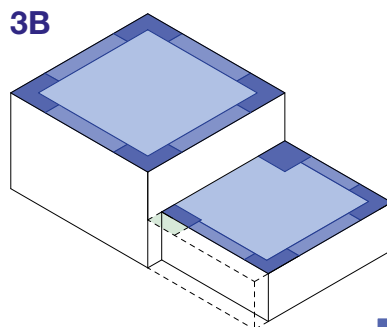
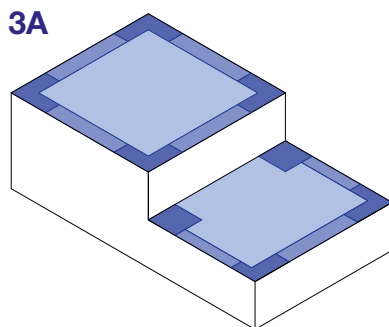
Schlussfolgerung

Dieser Artikel schlägt einige praktische Lösungen zur Bestimmung der Abmessungen der Windbereiche auf Gebäudedächern mit verschiedenen Höhen vor. In der Langfassung dieses Artikels wird außerdem noch auf eine Anzahl anderer Geometrien, wie z.B. L-, T- oder Y-förmige Dächer, eingegangen. Ferner wird ein allgemeines Verfahren angegeben, mit

dem sich fast jede komplexe Geometrie bewerten lässt. Die Langfassung konzentriert sich ebenfalls auf die eigentliche Berechnung der Windbelastung.

Wir möchten schließlich darauf hinweisen, dass die Berechnungen für die Dimensionierung, ebenso wie diese für die Windbelastung in die Zuständigkeit des Planers und nicht in die des Bauunternehmers, der die Arbeiten ausführt, fallen. Der Planer muss die Ergebnisse dieser Berechnungen darüber hinaus auch an das Dichtungsunternehmen übermitteln, das ermitteln muss, ob das in Erwägung gezogene Dichtungssystem diese Windbelastungen auch aufnehmen kann. **I**

G. Zarnati, Ir., Projektleiter, Laboratorium Strukturen, WTB



■ Eckbereich
■ Randbereich
■ Mittlerer Bereich

3 | L-förmige Gebäude mit verschiedenen Niveaus



Via CSTC-Mail (siehe www.cstc.be) bleiben Sie, was das Erscheinen der Langfassung dieses Artikels betrifft, auf dem Laufenden: Les Dossiers du CSTC 2016/2.5

„Grüne Städte“ passen in den Rahmen der nachhaltigen Entwicklung und der ökologischen Städteplanung. Ihr Ziel ist es, die Stadtinfrastruktur und die Natur miteinander zu versöhnen und die Lebensqualität der Bürger zu verbessern. Die konstante Zunahme der Gründächer in unserem Land stellt *par excellence* unter Beweis, dass sie ihren Platz in der urbanen Architektur gefunden haben. Dieser Erfolg ist den vielen Vorteilen zu verdanken, die dieser Dachtyp zu bieten hat. Die in Belgien weniger bekannten und rezenteren begrünten Fassaden tragen ebenfalls zu diesem Elan bei.

Begrünte Fassaden für nachhaltige Gebäude und Städte

1 Vorteile der begrünten Fassaden

Der visionäre Brüsseler Architekt Luc Schuiten beschreibt den ästhetischen Wert von begrünten Fassaden folgendermaßen: „Der vertikale Garten ist ein Mittel, die Narben der Wunden im städtischen Gewebe zu heilen. Durch seinen poetischen Charakter bietet der vertikale Garten ein Gegengewicht für die rein technische, rationale Entwicklung der Stadt.“ Dieser Fassadentyp, der nicht nur im Ausland, sondern allmählich auch in unserem Land im Kommen ist, kann sogar mit einer begrenzten Bodenfläche ungenutzten oder alten Fassaden eine neue Ausstrahlung geben. Die begrünten Fassaden tragen außerdem zu einer Verringerung des urbanen Hitze-Insel-Effekts bei. Angesichts dessen, dass Pflanzen Kohlenstoff und Feinstaub wegfiltern und Ozon absorbieren, kann deren Vorhandensein in der Stadt auch einen positiven Einfluss auf die Luftqualität und die Abschwächung der klimatischen Veränderungen haben. Und ist somit gleichermaßen günstig für die Mobilität und die Gesundheit der

Stadtbewohner. So hat das Ruhegefühl, das durch die Sicht auf eine begrünte Fassade hervorgerufen wird, eine positive Auswirkung auf das Zusammenleben und auf den Heilungsprozess von Patienten in Krankenpflegeeinrichtungen. Begrünte Fassaden können auch bei der Absorption von Lärm, der von draußen kommt, helfen und stellen einen gewissen Gebäudeschutz sicher (Verringerung der Oberflächentemperatur der Fassaden und der Windgeschwindigkeit, denen sie ausgesetzt sind). Schließlich ist eine begrünte Fassade für ein Unternehmen oder einen Eigentümer ein Mittel, um seiner Geschäftstätigkeit oder seinem Gebäude ein gewisses Prestige zu verleihen.

2 Typen von begrünten Fassaden

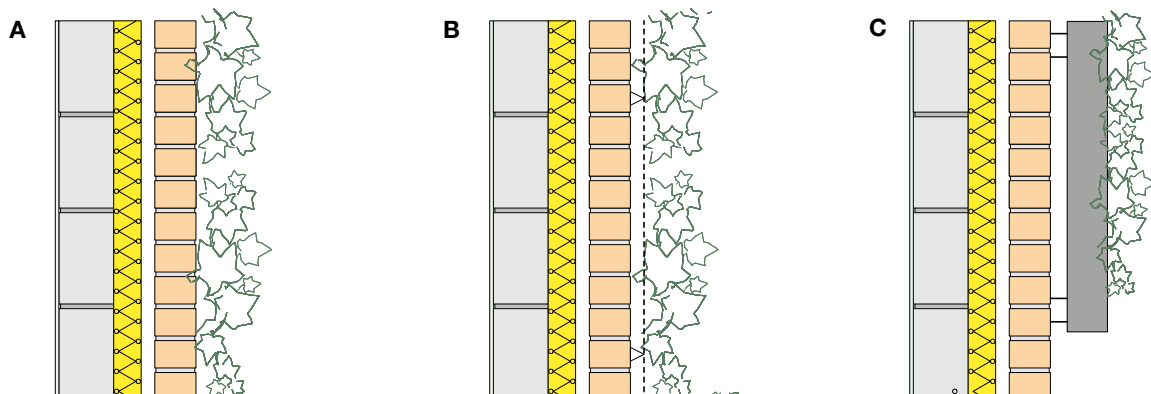
„Fassadenbegrünung“ (*green wall*) ist ein allgemeiner Begriff, der zur Definition von begrünten Fassaden dient. Hierbei kann unterschieden werden zwischen begrünten Fassaden, die direkt oder indirekt bodengebunden sind und *Living*

Wall Systems, die fassadengebunden sind (siehe Abbildung 1).

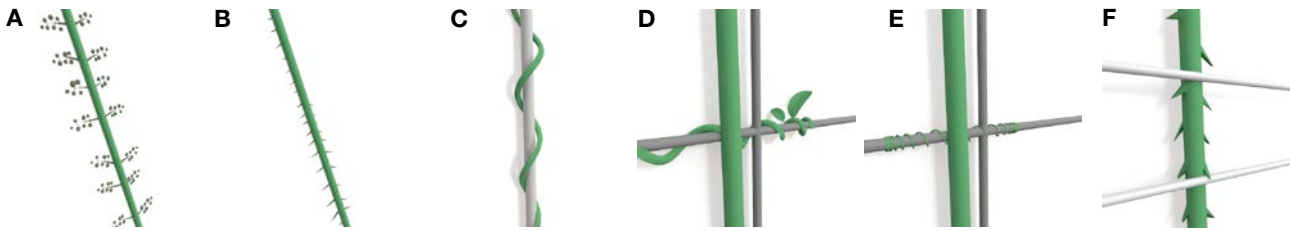
2.1 Bodengebundene Fassadenbegrünung

Bei bodengebundenen begrünten Fassaden (*green facades*) wird unten an der Fassade eine Pflanze in den ebenerdigen Boden eingebracht, die mit einer (indirekt, siehe B in Abbildung 1) oder ohne eine (direkt, siehe A in Abbildung 1) Kletterhilfe die Fassade begrünt. Der Vorteil dieses Systems ist, dass es eine billige und nachhaltige Lösung ist. Der Nachteil ist wiederum, dass man nicht sofort nach der Pflanzung das Ergebnis genießen kann, da die Pflanze Zeit braucht, um zu wachsen. Kletterpflanzen können in die folgenden Kategorien eingeteilt werden:

- Selbstklimmer (siehe Abbildung 2, A und B): Dies sind Pflanzen, die direkt auf der Fassade wachsen. Das bekannteste Beispiel hierfür ist Efeu
- Schlingpflanzen (2C), Rankpflanzen (2D und 2E) und Spreizklimmer (2F): Diese benötigen eine Kletterhilfe, um die Fassade zu begrünen.



1 | Prinzipschema einer direkten (A) und indirekten (B) bodengebundenen Fassadenbegrünung und eines fassadengebundenen „Living Wall“-Systems (C)



2 | Einteilung der Kletterpflanzen

Manchmal steht man begrünten Fassaden etwas misstrauisch gegenüber, da bestimmte Kletterpflanzen zu einer Beschädigung der Wände führen können. Dies kann jedoch durch die Verwendung der richtigen Pflanzen und, falls erforderlich, Kletterhilfen vermieden werden. Bei Wänden, von denen man vermutet, dass ein Schaden durch eine direkte Begrünung (siehe Abbildung 1A) auftreten kann, entscheidet man sich beispielsweise besser für begrünte Fassaden vom Typ B oder C (siehe Abbildung 1).

2.2 Living Wall Systems oder fassadengebundene Begrünung

Mit *Living Wall Systems* wird die sogenannte fassadengebundene Begrünung bezeichnet. Dabei schlägt die Pflanze nicht im ebenerdigen Boden unten an der Fassade Wurzeln, sondern es wird ein System an der Wand befestigt, in dem die Pflanzen angebracht werden. Diese Systeme können unter anderem aus vorbegrünten Platten, begrünten Modulen, Pflanzkästen, Säcken oder Geotextilien zusammengesetzt sein (siehe Abbildung 3). Das Konzept für die Technik der begrünten Wand (*mur végétal*) wurde von dem französischen Botaniker Patrick Blanc entwickelt. Bei dieser Art von Systemen ist, im Gegensatz zu den bodengebundenen Systemen, meistens ein Bewässerungssystem erforderlich, um die Pflanzen mit ausreichend Wasser und Nährstoffen zu versorgen. Die Platten und Module

werden meistens in einer Pflanzschule vorbegrünt, so dass sofort nach der Anbringung ein sichtbares Ergebnis vorhanden ist. Dabei ist eine funktionelle und effiziente Unterhaltung wesentlich: Denn eine schlechte Pflege kann dazu führen, dass sogar die schönste begrünte Wand misslingt. Deshalb wird empfohlen, einen Wartungsvertrag mit den Installateuren abzuschließen.

Die *Living Wall Systems* können anhand des Substrats (d.h. der Schicht, in die die Vegetation gepflanzt wird) noch weiter unterteilt werden. Es wird zwischen inerten und organischen Substraten unterschieden. Die zuerst genannten Substrate sind im Allgemeinen aus Steinwolle, Lavagranulaten, textilen Faserstoffen und Sonstigem aufgebaut. In dem Fall werden die Pflanzen in Wasser gezüchtet, dem die erforderlichen Nährstoffe hinzugefügt werden (Hydrokultur). Organische Substrate sind wiederum vor allem aus Humuserde, Torfmoos usw. zusammengesetzt.

Da die relativ hohen Kosten der *Living Wall Systems* die potenziellen Nutzer in bestimmten Fällen abschrecken können, wird gegenwärtig nach neuen optimierten Lösungen gesucht, die die Erstinvestitions- und Unterhaltungskosten begrenzen. So kann man beim Neubau die traditionelle Fassadenverkleidung (z.B. Blendziegel) durch ein begrüntes Fassadensystem ersetzen, das mit den erforderlichen Einrichtungen ausgestattet wird, um die Wasserdichtheit der Fassade zu

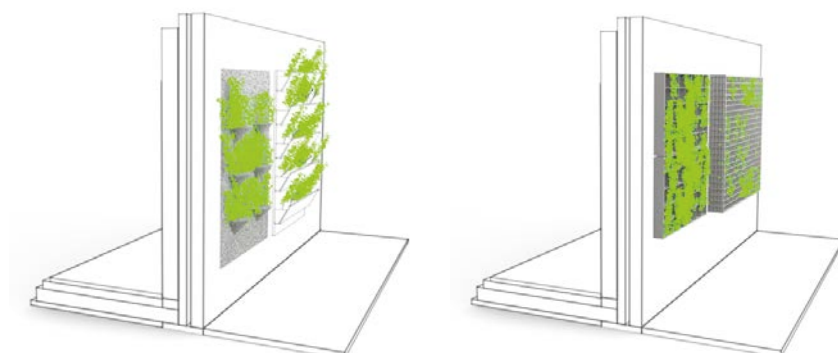
garantieren (z.B. einer angepassten Regenschutzverkleidung).

In diesem Rahmen hat am 1. September 2015 das VIS-Projekt 'Construction verte: des façades vertes pour des bâtiments et des villes durables' begonnen. Dieses Projekt wird von der VLAIO (dem früheren IWT) bezuschusst und vom WTB in Zusammenarbeit mit den verschiedenen betroffenen Sektoren koordiniert. Des- sen Zielsetzung ist es, einen besseren Kenntnisstand von den bestehenden Fassadenbegrünungssystemen und ihren Vor- und Nachteilen zu erhalten. Denn der derzeitige Kenntnisstand ist sehr lückenhaft und das Wissen kommt meistens aus dem Ausland, wodurch es nur schwerlich zu den belgischen Unternehmen gelangt. Deshalb strebt dieses Projekt einen einzigartigen ganzheitlichen Ansatz an, der die bautechnischen, botanischen und ökologischen Aspekte im Hinblick auf eine globale Valorisierung der vertikalen Begrünungssysteme miteinander verbindet.

3 | Schlussfolgerung

Der aktuelle Mangel an technischen und wissenschaftlichen Kenntnissen über begrünte Fassaden ist noch zu häufig die Ursache für eine schlechte Wahl und unangepasste Entscheidungen. Darum strebt das VIS-Projekt danach, die diesbezüglichen Vorurteile zu beseitigen und das Vertrauen in diese Systeme zu erhöhen. Dies lässt sich dadurch realisieren, dass bereits ab dem Fassadenentwurf eine korrekte Wahl getroffen wird, und zwar sowohl was die konstruktiven (Befestigung, Stabilität, Windwiderstand, Brandschutz ...) als auch die botanischen (Pflanzenwahl, Substrat, Bewässerung, Kletterhilfe ...) Aspekte betrifft. Für weitere diesbezügliche Informationen verweisen wir auf die (nur auf Niederländisch vorliegende) Website www.gevelgroen.be.

I. Knoop, Arch. Ing., Forscher, Laboratorium Dach- und Fassadenelemente, WTB
Y. Martin, Ir., Leiter der Abteilung Gebäudehülle und Schreinerarbeit, WTB



3 | Schematische Darstellung der verschiedenen 'Living Wall'-Systemtypen

Verglasungen und Außenschreinerarbeiten, oberhalb derer sich Fassadenpaneelen aus Beton, Mauerwerk oder auf Zementbasis befinden, werden manchmal durch Läufer verunstaltet die – sogar nach einer wiederholten Reinigung – nach einer gewissen Zeit erneut zum Vorschein kommen. Ohne eine regelmäßige Unterhaltung können diese Läufer außerdem Spuren hinterlassen, die sich festsetzen und nicht mehr entfernen lassen. Dieser Artikel erläutert die Ursachen für diese Erscheinung sowie deren Vermeidung und entsprechende Abhilfemaßnahmen.

Läufer an Schreinerarbeiten und Fassadenverglasungen

1 Ursache

Das Auftreten von Läufern an Fassadenverglasungen oder Außenschreinerarbeiten wird durch Regenwasser verursacht, das von zementgebundenen Materialien abläuft, aus denen die oberhalb der Schreinerarbeit und Verglasung befindlichen Fassadenelemente aufgebaut sind.

Diese weißgrauen Läufer sind im Grunde Materialablagerungen und treten in Form von Spritzflecken oder Streifen auf. Es handelt sich dabei nicht, wie häufig gedacht wird, um eine Schädigung der Glasfläche durch das alkalische Medium.

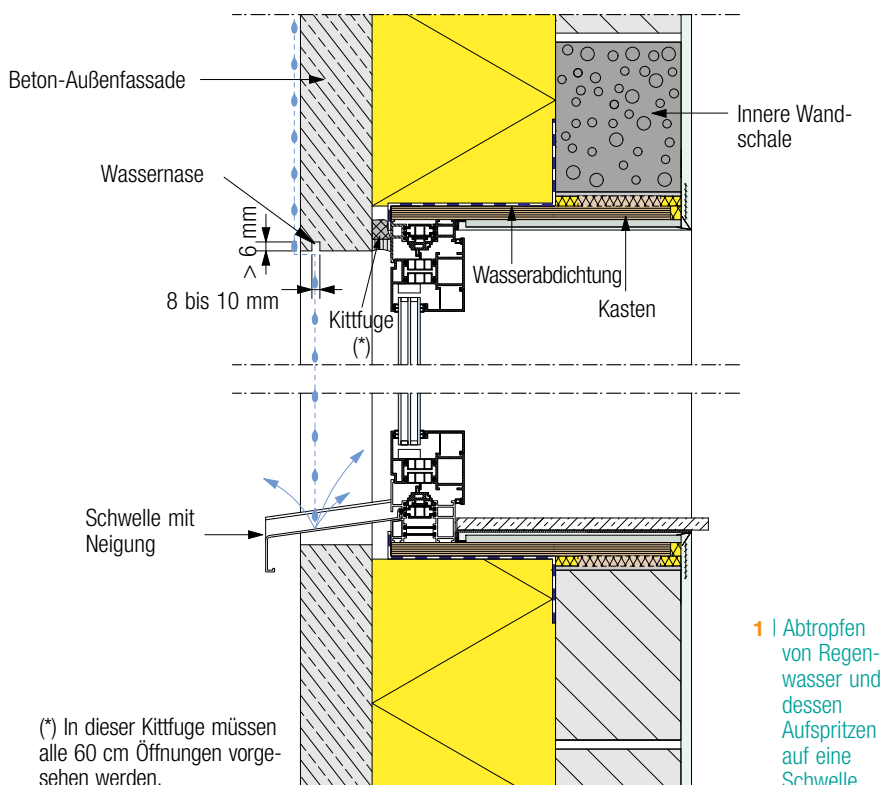
Beim Abfließen von Regenwasser wird stets ein Teil der löslichen Zementverbindungen aus dem Beton, den Fassadenpaneelen auf Zementbasis oder dem Zementmörtel mitgeführt. Durch die Bindung des Zements werden nicht nur Calcium-, Kalium- und Natriumhydroxide gebildet, sondern manchmal auch alkalische Silicate. Wenn das mit diesen Stoffen belastete Regenwasser auf die Außenschreinerarbeit oder die Verglasung gelangt, können Läufer entstehen, die nach Einwirkung mit Schadstoffen, wie z.B. Siliciumdioxid, oder mit dem aus der Atmosphäre stammenden CO₂ nicht lösliche oder schwer lösliche Ablagerungen bilden.

2 Prävention

Um die Läufer an der Fassadenverglasung zu vermeiden, kann man versuchen, die Menge an Regenwasser, die von der Fassade über die Verglasung läuft, zu begrenzen. Dazu muss man der Position der Schreinerarbeit besondere Aufmerksamkeit schenken. So kann man für eine Schreinerarbeit, die in der Fassaden-ebene liegt oder bezogen auf die Fassade auskragt, oberhalb des Rahmens Deflektoren vorsehen. Da im Falle einer auskragenden Anbringung oder eines Einbaus in die Fassadenfläche außerdem ein Risiko in Bezug auf Wasserinfiltrationen besteht, muss man auch dafür die erforderlichen Maßnahmen ergreifen (z.B. das Anbringen von kapillarbrechenden Membranen aus EPDM).

Falls die Außenfassade erst hinterher errichtet wird, ist es darüber hinaus wesentlich, die Schreinerarbeit und die Verglasung während der Bauphase vor Regenwasser, das von Materialien auf Zementbasis in die innere Wandschale abfließt, zu schützen und schnellstmöglich zu deren Reinigung überzugehen, falls noch Läufer entstehen sollten.

Auskragende oder Betonfassadenelemente müssen an ihrer Unterseite mit einer adäquaten Abtropfkante versehen werden, um zu vermeiden, dass Regenwasser über den Rahmen und die Verglasung strömen kann. Diese Abtropfkante oder Wassernase muss vorzugsweise ungefähr 8 bis 10 mm breit und 6 mm tief sein. Um zu vermeiden, dass das Aufspritzen des abtropfenden Regenwassers zu Ablagerungen auf den unteren Profilen der Schreinerarbeit und der Unterseite der Verglasung führen könnte, muss die Schwelle mit einer





relativ großen Neigung versehen sein. In der Praxis weisen die Schwellen jedoch eine Neigung in der Größenordnung von 5° auf.

Sollten trotz der oben erwähnten Maßnahmen doch Läufer auf der Schreinerarbeit und der Verglasung festgestellt werden, muss man diese schnellstmöglich entfernen und zu einer regelmäßigen Reinigung der Oberfläche übergehen.

Außerdem kann eine wasserabweisende Oberflächenbehandlung des darüber liegenden Fassadenteils diese Erscheinung reduzieren.

3 Abhilfemaßnahmen

3.1 Entfernung von Läufern auf der Verglasung

Falls nach der normalen Pflege noch sichtbare Läufer auf der Verglasung vorhanden sind, kann man auf zwei Reinigungsweisen zurückgreifen. Die erste Methode besteht darin, die Glasoberfläche mithilfe eines milden Schleifmittels (wie z.B. Ceroxidpulver) zu polieren. Dazu gibt man eine kleine Menge Ceroxid und einige Tropfen Wasser auf ein Putztuch, mit dem man vorsichtig mit einer rotierenden Bewegung über das Glas reibt. Der Einsatz eines Topfkratzers ist untersagt, da dieser die Verglasung zerkratzen kann.

Es ist zu erwähnen, dass diese Methode nur bei Läufern mit einer begrenzten Dicke anwendbar ist und nicht immer zum erhofften Ergebnis führt. Darüber hinaus ist deren Ausführung *in situ* eher umständlich.

Die zweite Methode besteht darin, die Verglasung chemisch zu reinigen. Dies ist vor allem bei größeren Ablagerungen nützlich. Je nach der Zusammensetzung

Die effizienteste Reinigungsmethode besteht darin, die Verglasung mithilfe einer Säurelösung zu reinigen.

des Materials der Läufer, wird sich eine verdünnte Mineralsäure (z.B. eine verdünnte Salzsäure) oder Fluorwasserstoffsäure bei siliciumhaltigen Ablagerungen als effektiv erweisen. Da dieses Siliciumlösungsmittel im Allgemeinen als Ätzlösung verwendet wird, um Verglasungen matt zu machen, ist es selbstverständlich, dass der Umgang mit diesem Produkt mit der erforderlichen Sachkenntnis zu erfolgen hat. In unserer Bauproduktedatenbank (www.techcom.be) ist eine nicht vollständige Liste der verfügbaren Lösungen enthalten.

Im Zusammenhang mit Verglasungen mit einer äußeren Beschichtung möchten wir anmerken, dass nicht nur die chemische, sondern auch die mechanische Reinigung unvermeidlich mit einer Beschädigung der Beschichtung einhergehen wird.

3.2 Entfernung von Läufern auf der Außenschreinerarbeit

Für die Reinigung der Schreinerarbeit kann ebenfalls eine chemische Reinigung in Erwägung gezogen werden, sofern das Material nicht durch das angewendete Produkt angegriffen wird. So hat sich aus einigen vom WTB ausgeführten indikativen Laborversuchen ergeben, dass eine Außenschreinerarbeit aus PVC ohne Folie (mit einer Kontaktzeit von circa 30 Minuten) oder aus pulverlackiertem Aluminium (mit einer Kontaktzeit von höchstens 5 Minuten) erfolgreich mit der oben erwähnten Fluorwasserstoffsäurelösung (4 bis

5 % HF) gereinigt werden kann. Bei einer längeren Kontaktzeit wird jedoch eine Glanzgradschädigung des pulverlackierten Aluminiums festgestellt.

Bei einer Schreinerarbeit aus anodisiertem Aluminium kommt es häufig schon beim Entstehen der Läufer zu einer Beschädigung der Schutzschicht, so dass eine bloße Reinigung keine Abhilfemaßnahme für das Problem bringt. Solche Fensterrahmen müssen nach ihrem Einbau daher geeignet geschützt werden. Falls hinterher doch Läufer auftreten, ist es entscheidend, diese schnellstmöglich mit reichlich Wasser zu entfernen.

Auch für Holzfensterrahmen kann man auf eine chemische Reinigung zurückgreifen, aber man muss sich dabei einer möglichen Veränderung des Aussehens des Deckanstrichs (z.B. einer Schädigung des Glanzgrads) bewusst sein. Dieses Problem lässt sich jedoch durch Schleifen der Holzoberfläche und Anbringen eines neuen Deckanstrichs beheben.

Es wird dennoch empfohlen, vor dem Anbringen von chemischen Produkten auf der gesamten Oberfläche, stets einen Versuch zur Orientierung an einer kleinen, weniger sichtbaren Oberfläche auszuführen. |

*F. Caluwaerts, Ing., Senior-Hauptberater,
Abteilung Technische Gutachten, WTB
V. Detremmerie, Ir., Leiter des Laboratoriums
Dach- und Fassadenelemente, WTB
P. Steenhoudt, Ir., Leiter des Laboratoriums
Bauchemie, WTB*

Wichtig

Ansichts des sauren Charakters der chemischen Reinigungsprodukte ist es wichtig, mit diesen vorsichtig umzugehen. Denn deren nicht sachkundige Anwendung kann zu einer Beschädigung der umgebenden Elemente führen. Es ist daher von äußerster Wichtigkeit, für jedes Produkt das Sicherheitsdatenblatt zu Rate zu ziehen und dessen Hinweise genau einzuhalten. Außerdem muss man die erforderlichen persönlichen Schutzmaßnahmen treffen, eine Schutzfolie auf den Natursteinschwellen anbringen und die angrenzenden Oberflächen mit reinem Wasser abspülen.

Die üblicherweise verwendeten Reinigungsmethoden für biologisch verschmutzte Bauelemente sind wegen des Einsatzes von hohen Wasserdrücken und Chemikalien häufig für den Untergrund, die Gesundheit des Auszuführenden und die Umwelt schädlich. Angesichts ihrer gezielten und weniger schädlichen Wirkung könnten die schon in bestimmten Reinigungsmitteln eingesetzten Enzyme (z.B. für die Entfernung von Flecken auf Naturstein) in diesem Zusammenhang eine gute Alternative darstellen. Dieser Artikel geht näher auf die biologische Verschmutzung ein und vergleicht die klassische Reinigungsbehandlung mit der Reinigung auf Basis von Enzymen.

Enzymatische Reinigung von biologisch verschmutzten Bauelementen

Biologische Verschmutzung von Bauelementen

Eine biologische Verschmutzung wird verursacht durch das Zusammenleben von verschiedenen Organismen, wie z.B. Bakterien, Cyanobakterien und Algen. Diese bauen rund um sich eine Schleimschicht auf, die einerseits für eine gute Haftung an der Oberfläche sorgt und andererseits die Ausbreitung der Verschmutzung durch komplexere Organismen, wie z.B. Flechten, Moospflanzen und sogar Pflanzen, erleichtert.

Genauso wie Pflanzen führen Cyanobakterien, Algen, Moospflanzen und Flechten eine Fotosynthese aus. Dies bedeutet, dass sie für ihre Nährstoffe nur in sehr beschränktem Maße von der Oberfläche, auf der sie wachsen, abhängig sind. Die Verfügbarkeit von Wasser stellt jedoch eine wesentliche Voraussetzung für ihr Wachstum dar. Die hauptsächlichsten Feuchtigkeitsquellen für die Gebäudehülle sind Regen und dessen Abfluss (die beide der Wirkung des Windes unterliegen) sowie die Oberflächenkondensation. Diese Letztere tritt auf, wenn die Oberflächentemperatur unter den Taupunkt der Umgebungs-

luft sinkt. Einige derzeitige Bautrends, darunter der Einsatz von Systemen mit einer begrenzten thermischen Trägheit, sorgen für eine Zunahme der Empfindlichkeit der Gebäudehülle für Kondensationserscheinungen und des damit einhergehenden Risikos der Entwicklung einer biologischen Verschmutzung.

In einem frühen Entwicklungsstadium stellt eine biologische Verschmutzung vor allem ein ästhetisches Problem dar. In dem Maße wie sich diese Verschmutzung ausbreitet, erhöht sich jedoch auch das Beschädigungsrisiko. So können Moospflanzen, die zwischen den Rändern einer Dachdeckung wachsen, als Wasserspeicher fungieren, was zu einer erhöhten Kapillarabsorption zwischen den Materialien führt. Die Organismen können auch eine beschleunigte Verwitterung der Oberfläche und Mikrorisse mit sich bringen, indem sie zum Beispiel bestimmte Säuren ausscheiden oder die Feuchtigkeit länger festhalten.

Klassischer Reinigungsansatz

Eine Umfrage unter professionellen Reinigungsunternehmen hat ergeben,

dass die Reinigung von biologisch verschmutzten Dachflächen meistens aus einer Hochdruckreinigung mit Wasser und einer Nachbehandlung mit einem biozidbasierten (*) Produkt besteht. Die zweite am meisten eingesetzte Methode besteht aus einer Vorbehandlung mit einem Biozid, auf die eine Hochdruckreinigung mit Wasser folgt. Dazu werden hauptsächlich chemische Gemische eingesetzt, die eine quaternäre Ammoniumverbindung als aktiven Bestandteil enthalten. Diese Produkte fallen unter die Biozidgesetzgebung, was bedeutet, dass das Anbieten derselben auf dem belgischen Markt und deren Nutzung unter der Voraussetzung der Zulassung durch den Föderalen Öffentlichen Dienst 'Volksgesundheit, Sicherheit der Nahrungsmittelkette und Umwelt' gestattet ist. Diese Situation bleibt sicher noch bis 2019 so, dem Zeitpunkt, an dem auf Basis eines Bewertungsprogramms, das die Auswirkung von existierenden Wirkstoffen (darunter die quaternären Ammoniumverbindungen) auf Mensch, Tier und Umwelt untersucht, eine Stellungnahme über die Anwendung dieser Produkte abgegeben werden wird.

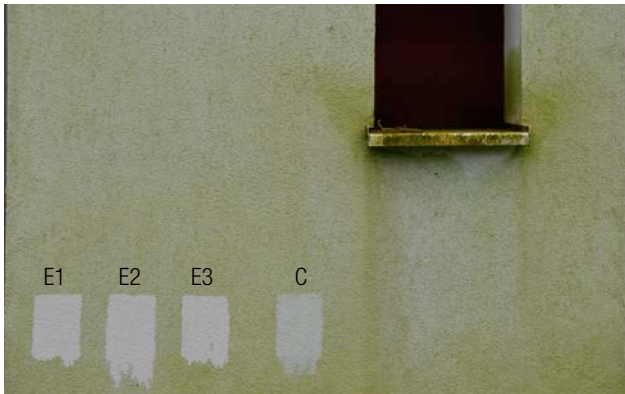
Produkte auf Enzymbasis als Alternative

Obwohl Produkte auf Enzymbasis ebenfalls chemische Gemische sind, enthalten diese als aktiven Bestandteil nicht

1 | Ziegeldach vor (links) und eine Woche nach (rechts) der Anwendung eines enzymatischen Produkts



(*) Ein Biozid ist ein Wirkstoff, der dafür bestimmt ist, schädliche Organismen zu vernichten, abzuschrecken, unschädlich zu machen, deren Wirkungen zu vermeiden oder auf eine andere als eine rein physikalische oder mechanische Weise zu bekämpfen (Amtsblatt der Europäischen Union, L167, Juni 2012).



2 | Ergebnis nach dreitägiger Einwirkung von drei verschiedenen Produkten auf Enzymbasis (E1, E2 und E3) und einem chemischen Produkt (C) auf einem natürlich grün gewordenen Fassadenputz



3 | Anwendung eines Produkts auf Enzymbasis durch Vernebelung

ein chemisches Biozid, sondern Enzyme. Enzyme sind Proteine, die unter anderem die Komponenten einer biologischen Verschmutzung zerlegen und den Verlust von deren Haftung mit sich bringen können. Gegenwärtig sind auf dem belgischen Markt schon einige Produkte auf Enzymbasis verfügbar, die speziell zur Beseitigung der biologischen und atmosphärischen Verschmutzung auf Außenflächen dienen. Diese Produkte fallen vorerst nicht unter die Biozidrichtlinie.

Im Rahmen des Forschungsprojektes ‚RenoZym‘ wurde die Reinigungseffizienz dieser Produkte im Vergleich zu einem Biozid auf Basis einer klassischen quaternären Ammoniumverbindung bewertet, und zwar für verschiedene biologisch verschmutzte Untergründe, wie z.B. Fassadenputze, Betonpflasterklinker und Tondachziegeln. Für fast all diese enzymatischen Produkte wurden ungefähr drei Tage nach deren Anwendung durch Vernebelung und in einer vom Hersteller empfohlenen Konzentration

ein Reinigungseffekt oder wenigstens eine Verfärbung der Verschmutzung wahrgenommen (siehe Abbildungen 1 und 2). Außerdem wurde hinterher für keinen einzigen dieser Untergründe eine sichtbare Beschädigung festgestellt. Der erhaltene Reinigungseffekt ist jedoch vom Verschmutzungsgrad des Bauelementes abhängig. So sind bei einer Verschmutzung, die hauptsächlich aus Algen und beginnender Moosentwicklung besteht, die Vernebelung (siehe Abbildung 3) und die Einwirkung des Produktes unter den Witterungseinflüssen ausreichend, um eine wirksame Reinigung zu erhalten. Bei einer fortgeschrittenen Entwicklung (Moospflanzen und Flechten) wird, nach der Anwendung des Produktes, eine zusätzliche Wasserdruckspülung erforderlich sein. Infolge der Vorbehandlung mit dem Produkt auf Enzymbasis kann diese Spülung jedoch mit einem niedrigeren und zugleich an den Untergrund angepassten Druck erfolgen.

Die oben erwähnte Umfrage hat erge-

ben, dass innerhalb des Sektors enzymatische Produkte bereits sporadisch zur Anwendung kommen. Diese werden vor allem auf Untergründen wie z.B. Naturschieferplatten oder verwitterten, alten Dachdeckungen als alleiniger Behandlungsschritt angewendet.

Anhand einer Risikobewertung für die Anwendung von Produkten auf Enzymbasis unter Baustellengegebenheiten ist deutlich geworden, dass mit ihrem Einsatz – im Vergleich zu dem von klassischen chemischen Bioziden – effektiv weniger Gefahren verbunden sind. Es wird jedoch stets empfohlen, die Richtlinien des Sicherheitsdatenblatts dieser Produkte zu befolgen.

*J. Van Herreweghe, Dr. Ing., Projektleiter
und K. Dinne, Ing., Leiter des Laboratoriums
Mikrobiologie und Gesundheit, WTB*

*Dieser Artikel wurde verfasst im Rahmen
des ‚RenoZym‘-Projekts, bezuschusst vom
Service public de Wallonie (DG06).*

Praktische Tipps

- Die Anbringung erfolgt durch Vernebelung in einer vom Hersteller empfohlenen Konzentration.
- Sie muss auf einem trockenen bis leicht feuchten Untergrund bei trockenem Wetter erfolgen (auch nach Anwendung muss der Untergrund mindestens 24 Stunden lang trocken bleiben).
- Eine Anwendung bei kälterem Wetter (bis 5 °C) ist möglich, aber die Effizienz der Produkte ist bei höheren Temperaturen besser.
- Die Anwendung bei sehr hohen Temperaturen (≥ 30 °C) und immer dann, wenn die Oberflächen der prallen Sonne ausgesetzt sind, ist zu vermeiden.
- Je nach Verschmutzungsgrad können das Anbringen und das Einwirkenlassen des Produkts unter den Witterungseinflüssen ausreichend sein. Andernfalls ist eine zusätzliche Wasserspülung unter einem angepassten Druck erforderlich.
- Im Falle einer Dachreinigung muss die Ableitung des Regenwassers statt zum Regenwassertank vorzugsweise in die Kanalisation bis nach dem ersten Regenschauer umgeleitet werden. Ansonsten muss die Dachreinigung mit der Leerung und Reinigung des Regenwassertanks kombiniert werden.

Das Technische Komitee ‚BIM & ICT‘ steht bereit

Am 21. April dieses Jahres ist das neue Technische Komitee ‚BIM & ICT‘ des WTB, auf Betreiben seines Präsidenten *Thomas Vandenberg*, BIM-Manager bei Besix, zum ersten Mal zusammengekommen. Dieses Komitee besteht aus etwa sechzig Mitgliedern, deren Aufgabe es ist, ihren spezifischen Berufszweig zu repräsentieren. Auf diese Weise können sie darauf achten, dass die vom Komitee betriebenen und koordinierten Aktionen allen Erfordernissen gerecht werden, die während des Lebenszyklus der Gebäude und Infrastrukturen entstehen könnten.

Die Prioritäten des Komitees wurden inzwischen definiert und es wurden fünf, aus Baufachleuten und WTB-Ingenieuren gebildete Arbeitsgruppen geschaffen, um sich damit gründlich zu befassen. Bald wird auf der Website www.bimportal.be übrigens auch ein **nationales Portal** kreiert werden, das der Digitalisierung des Sektors und der Nutzung von BIM vollständig gewidmet sein wird. Wir werden Sie natürlich, was den diesbezüglichen Start angeht, auf dem Laufenden halten.

Schließlich möchten wir noch darauf hinweisen, dass in den folgenden Ausgaben des WTB-Kontakt jedes Mal zwei Seiten für die Berichterstattung über dieses neue Komitee bereitgestellt werden.



5 BIM-Prioritäten – 5 Arbeitsgruppen

- Annahme einer auf belgischer Ebene anerkannten Klassifizierung
- Aufstellung von Austauschprotokollen, die angepasst sind an den Vertragstyp oder die Art der Arbeiten
- Entwicklung von Datenbanken von e-Bauprodukten (generische und hersteller- oder systemeigene BIM-Objekte)
- Behandlung der juristischen Fragen, die sich gegebenenfalls während der Anwendung von BIM stellen
- Organisation von Schulungen und Erstellung von Kompetenzprofilen (z.B. BIM-Manager).



Ist ein Maler in der Lage, alle Mängel des Untergrunds zu beseitigen?

Nein. Sogar bei Malerarbeiten mit einem Ausführungsgrad III, bei denen die Oberfläche vollständig so gespachtelt wird, dass man eine fast einheitliche Textur und Glätte erhält, liegen sehr geringe Unvollkommenheiten vor, die bei Streiflicht oder indirekter Beleuchtung unvermeidlich sichtbar sind. Andererseits ist es selbstverständlich, dass eine dünne Spachtelschicht die globale Ebenheit des Untergrunds ebenso wenig verbessern wird.

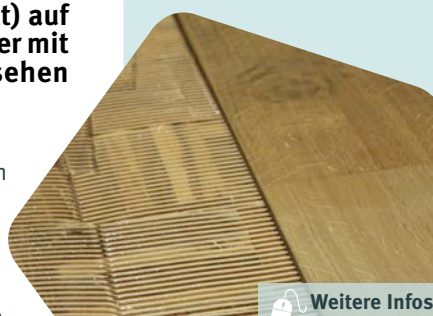


Weitere Infos

TI 249

Darf ein Holzbodenbelag (z.B. Parkett) auf einem Untergrund verlegt werden, der mit einem Fußbodenheizungssystem versehen ist?

Ein Holzbodenbelag in Kombination mit einem Fußbodenheizungssystem ist unter der Voraussetzung möglich, dass bestimmte Grundsätze eingehalten werden (Feuchtigkeitsgehalt des Untergrunds kleiner als ein bestimmter Grenzwert, Einhaltung eines Protokolls für die Inbetriebnahme des Fußbodenheizungssystems, Wahl eines angepassten Klebers, Verwendung einer stabilen Holzart ...).



Weitere Infos

TI 218, Les Dossiers du CSTC 2013/2.7 und 2014/3.8

Ist die Technik der nachträglichen Dämmung von bestehenden Hohlwänden (bei der der Luftzwischenraum mit einem Dämmstoff ausgefüllt wird) immer ohne weiteres anwendbar?

Nein. Es sind bestimmte Bedingungen mit der nachträglichen Dämmung von Hohlwänden verbunden (z.B. in Bezug auf die Breite des Luftzwischenraums). Manchmal sind zusätzliche Maßnahmen (vor oder nach der nachträglichen Dämmung) notwendig, und zwar in Abhängigkeit von der Regenexposition und den Eigenschaften des Mauerwerks.



Weitere Infos

TI 246

Naturstein ist ein Produkt dessen Entstehungsprozess durch die Erde mehrere Millionen Jahre beanspruchte. Diese einzigartige Produktionsweise sorgt dafür, dass eine große Palette von Steintypen, jeder mit seiner Variation hinsichtlich der Farben und Texturen (d.h. bezüglich des Aussehens), verfügbar ist. Das Aussehen eines als Bauelement eingesetzten Natursteins ist daher ein wichtiges Auswahlkriterium. Obwohl diese natürlichen Farb- und Texturvariationen die Menschen sehr ansprechen, dürfen sie auch nicht zu groß sein. Denn in dem Fall können sie die Ästhetik des Fußbodens oder der Fassade beeinträchtigen. In diesem Artikel, der eine Ergänzung zu Les Dossiers du CSTC 2015/3.13 darstellt, möchten wir betonen, dass man bevor man auf eine Farbmessung zurückgreift, auf eine Bewertung des allgemeinen Aussehens übergehen muss.

Farbmessungen als Hilfsmittel bei der Abnahme von Naturstein

Vertragliche Proben

Im Idealfall müsste jede Lieferung von Natursteinelementen vor deren Verlegung kontrolliert werden. Um Diskussionen über die Annahme der Lieferung zu vermeiden (was beispielsweise erfolgen kann, wenn der Bauunternehmer oder

der Bauherr der Auffassung ist, dass das Aussehen der gelieferten Fliesen zu stark von den bestellten Fliesen abweicht), müssen die Steine mit den vertraglichen Proben verglichen werden, wie dies in den Produktnormen NBN EN 1469, 12057 und 12058 angegeben ist (gilt nicht für Maßarbeit).

Die vertraglichen Proben bestehen aus einer Reihe von Natursteinelementen, die eine Vorstellung von dem allgemeinen Aussehen geben müssen. Obwohl hierfür keine Mindestanzahl von Fliesen vorgeschrieben ist, wird pro individuelle Fliese eine Mindestfläche von 0,01 m² definiert. Unter dem allgemeinen Aussehen wird die Palette von makroskopischen Merkmalen verstanden, die in dem betreffenden Naturstein auftreten können. Es handelt sich dabei unter anderem um die Farbe, die Marmorierung, die Textur, die Oberflächenbehandlung und spezifischer um das Vorhandensein von Mineralkonzentrationen und Fossilien. Der Bauherr und der Bauunternehmer müssen alle beide bezüglich dieser Proben ihr Einverständnis erklären. Sobald diesbezüglich ihre Genehmigung erfolgt ist, können die Abweichungen, die innerhalb der Grenzen der vertraglichen Proben bleiben, nicht länger als Grund angeführt werden, die gelieferten Steinelemente zurückzuweisen.

Die Bewertung des Aussehensunterschieds zwischen den Referenzproben und den zu liefernden oder den gelieferten Natursteinfliesen muss gemäß den Produktnormen bei normalem Tageslicht, mit dem bloßen Auge, aus einem Abstand von zwei Metern und auf Brusthöhe erfolgen. Wir möchten allerdings darauf hinweisen, dass diese Bewertungen des Aussehens des Steins mittels der Wahrnehmung keine absoluten Messungen sind. Denn die visuelle

Farbunterschiede sind größtenteils mit Naturstein inhärent verbunden.

Ausführung einer Farbmessung





Anzahl der erforderlichen Farbmessungen in Abhängigkeit der Fliesengröße

Fliesenfläche [cm²]	Anzahl der Farbmessungen
400	5
1.600	12
3.600	18
6.400	24
10.000	30
14.400	36

Wahrnehmung der Farbe und der Textur eines Materials ist das Ergebnis einer komplexen Interaktion zwischen der Lichtempfindlichkeit des Betrachters, dem räumlichen Kontext, in dem das Material betrachtet wird, den physikalischen Eigenschaften des Materials und der räumlichen und physikalischen Struktur der anderen Oberflächen in der Umgebung, in der sich das Material befindet.

Farbmessungen

Falls es nach der Verlegung doch zu Streitigkeiten wegen der für den Bauherrn (durch interne oder externe Faktoren) unannehmbaren Aussehensunterschiede zwischen den verlegten Fliesen kommen sollte und/oder wenn die Bewertung des Aussehens nicht nach den Normen erfolgen kann, kann die Bewertung durch die Verwendung eines Kolorimeters objektiviert werden. Es handelt sich dabei um eine Methode, mit der es möglich ist, die etwaigen Farbunterschiede zwischen den Natursteinelementen auf objektive Weise – das heißt unabhängig von den oben erwähnten Parametern – zu bestimmen (siehe auch [Les Dossiers du CSTC 2014/4.10](#)). Dabei ist anzumerken, dass Farbmessungen direkt nach der Verlegung ein verfälschtes Ergebnis liefern können, da die Natursteinfliesen noch feucht sein können.

Angesichts dessen, dass es keine normativen Kriterien gibt, auf die man sich basieren kann, um zu ermitteln, ob ein gegebener Farbunterschied akzeptierbar oder nicht akzeptierbar ist, wird empfohlen, den maximalen Farbunterschied zwischen den vertraglichen Proben heranzuziehen. Die meisten auf dem Markt verfügbaren Kolorimeter sind mit einer Funktion ausgestattet, die die gesuchte Farbunterschiedsformel direkt berechnen kann. Für weitere Informationen über die Berechnung von Farbunterschieden verweisen wir auf [Les Dossiers du CSTC 2014/4.10](#).

Der größte gemessene Farbunterschied zwischen zwei Fliesen, die zu den vertraglichen Proben gehören, gilt als **kritischer Wert**, d.h. als maximal zulässige Farbabweichung innerhalb dieses Natursteintyps. Sobald dieser kritische Wert festgelegt wurde, kann der gemessene Farbunterschied der in Zweifel gezogenen Natursteinelemente damit verglichen werden. Sollte dieser Farbunterschied größer als der kritische Wert sein, darf die Farbe der strittigen Natursteinfliese nicht länger als eine natürliche Farbvariation des betreffenden Steintyps betrachtet werden. Wenn mehr als 5 % der verlegten Fliesen einen zu großen Farbunterschied aufweisen, muss die Lieferung als nicht konform betrachtet werden.

Um die Anzahl der pro Fliese auszuführenden Messungen für den Erhalt eines repräsentativen Farbwerts zu ermitteln, wurden verschiedene Versuche durchgeführt, anhand deren die nebenstehende Tabelle mit der Anzahl der erforderlichen Farbmessungen in Abhängigkeit der Fliesengröße abgeleitet werden konnte. Diese Messungen erfolgten immer auf zufällig gewählten Bereichen der Fliese. Um das Verfahren ganz beliebig verlaufen zu lassen, platziert man den Kolorimeter am besten in einer Schablone. Auf diese Weise kann man nämlich vermeiden, dass subjektive Messbereiche gewählt werden.

In Höhe von Mineralkonzentrationen oder großen Fossilien ausgeführte Messungen, die für das betreffende Gestein nicht charakteristisch sind, dürfen nicht berücksichtigt werden.

Schlussfolgerung

Dank der Farbmessungen und eines Vergleichs mit den vertraglichen Proben ist es möglich, zu einer objektiven Bewertung des Aussehens eines Natursteinbelags zu kommen. Angesichts dessen, dass Naturstein ein natürliches Produkt ist, das durch eine gewisse Farb- und Texturvariation gekennzeichnet ist, muss man immer zuerst das allgemeine Aussehen anhand der vertraglichen Proben bewerten. Falls danach noch Streitigkeiten auftreten, können Farbmessungen ausgeführt werden, um das Problem endgültig zu lösen (dabei muss man die erforderliche Anzahl der Messungen pro Fliese einhalten).

Ferner möchten wir betonen, dass es Aufgabe des Bauunternehmers ist, den Bauherrn zuvor über die möglichen Aussehensvariationen innerhalb des vom ihm gewählten Natursteintyps zu informieren.

V. Bams, M. Sc. Geol., Projektleiter, Laboratorium Mineralogie und Mikrostruktur, WTB

Dank der Farbmessungen und eines Vergleichs mit den vertraglichen Proben ist es möglich, zu einer objektiven Bewertung des Aussehens eines Natursteinbelags zu kommen.



Fußbodenheizungssysteme bieten zahlreiche Vorteile, wie z.B. eine Erhöhung des Komforts und eine größere verfügbare Nutzfläche infolge des Nichtvorhandenseins von Radiatoren. Dieser Artikel vergleicht einige innovative Fußbodenheizungssysteme mit traditionelleren Systemen und geht näher auf die verschiedenen Ausführungsaspekte ein.

Innovative Fußbodenheizungssysteme

Welche Innovation ist erfolgt?

Eine der markantesten Entwicklungen hinsichtlich des Fußbodenaufbaus ist die Reduzierung der Dicke der Fußbodenheizungssysteme. Denn in den letzten Jahren kamen **stets dünnere Systeme** auf den Markt. Obwohl bei einigen Systemen noch immer – freilich in begrenzter Dicke – Estrichmörtel für die Wärme- und Lastenverteilung (siehe Abbildung 1) zur Anwendung kommen, findet man im Aufbau von anderen Systemen keine Estrichschicht mehr (siehe Abbildung 2). In dem Fall wird das Belagsmaterial direkt auf einem Wärmeverteilungsgitter oder einer Entkopplungsmatte angebracht.

Koordination der Arbeiten

Bei der Ausführung von beheizten Fußböden können zahlreiche Baugewerke beteiligt sein: der Rohbauauftragnehmer, der Dämmungsinstallateur, der Heizungstechniker, der Estrichleger und der Fliesenleger. Folglich ist eine **gut koordinierte Zusammenarbeit** zwischen den verschiedenen beteiligten Fachleuten ab der Entwurfsphase unentbehrlich. So müssen die Zusammensetzung des Fußbodenaufbaus und die Aufgabenverteilung im Voraus gut festgelegt werden (z.B. in einem Lastenheft und/oder in einem Angebot).

Die Dimensionierung des Fußbodenheizungssystems wird häufig den Herstellern anvertraut, die hierfür über spezifische Rechenprogramme verfügen. Sie erstellen in Zusammenarbeit mit dem Bauherren oder dessen Vertreter

Eine der markantesten Entwicklungen beim Fußbodenaufbau ist die Reduzierung der Dicke der Fußbodenheizungssysteme.

meistens auch den Verlegeplan für die Rohre.

Dämmung, Randstreifen und Membran

Innenfußböden werden immer häufiger thermisch und/oder akustisch gedämmt. Angesichts dessen, dass diese Dämmschichten als Untergrund für das Fußbodenheizungssystem dienen, müssen sie ausreichend solide sein, um Verformungen zu vermeiden. Für weitere diesbezügliche Informationen verweisen wir auf [Les Dossiers du CSTC 2010/4.12](#).

Um das Fußbodenheizungssystem und/oder den eventuellen Estrich verlegen zu können, **muss die Fläche der Dämmschichten ausreichend eben sein** (maximale Abweichung von 9 mm unter dem Lineal von 2 m). Bei der Verwendung von steifen Dämmplatten wird die Rohdecke zuvor im Allgemeinen beispielsweise mithilfe einer Füllschicht, die auch die Leitungen umhüllt, egalisiert. Bei einer gespritzten Ausführung muss die Oberfläche des Dämmstoffes nach der Anbringung meistens plangeschliffen werden. Bei innovativen dünnen Fußbodenheizungssystemen ist es von äußerster Wichtigkeit, die Ebenheitsabweichungen noch weiter zu begrenzen.

Sowohl bei den innovativen als auch den traditionellen Fußbodenheizungssystemen ist über den gesamten Umfang und um jedes feste Bauelement (z.B. Säulen) ein **Randstreifen** vorzusehen. Dieser muss mindestens bis zum fertigen Bodenbelag reichen und darf erst nach der Verlegung der Bodenfliesen so abgeschnitten werden, dass jeder Kontakt zwischen den Bodenfliesen und der Wand vermieden wird. Zwischen der Dämmung und dem Estrich muss auch eine **Membran** angebracht werden, die bis oberhalb des Randstreifens verläuft (siehe Abbildung 1).

Auf dem Ausführungsplan der Fußbodenheizung, der meistens vom Hersteller erstellt wird, sind auch die **Bewegungsfugen** angegeben. Die Positionierung dieser Fugen muss im Voraus und in Absprache mit allen beteiligten Parteien festgelegt werden. Diese Bewegungsfugen müssen bis in den Bodenbelag durchgezogen werden. Die Heizungsrohre, die eine Fuge kreuzen – was auf ein striktes Minimum begrenzt werden muss – müssen in einem Schutzrohr verlegt werden, so dass sich die verschiedenen Teile ohne Beschädigung frei bewegen können.

Die Länge der Fußbodenfelder muss auf 8 m und deren Fläche auf 40 m² begrenzt werden. Außerdem muss man



im Rahmen des Möglichen rechteckige Felder mit einem Verhältnis von Länge zu Breite von höchstens 2 zu 1 anstreben. Es ist wichtig, dass die Fußbodenheizungskreise auf diese Fußbodenfelder abgestimmt sind.

Druckprüfung und erster Heizungszyklus

Wenn alle Heizungsrohre angeschlossen sind, muss der Installateur vor dem Anbringen des Estrichs (oder – im Falle eines Fußbodenheizungssystems ohne Estrichschicht – des Belags), eine **Druckprüfung** ausführen, um die Dichtheit der Kreise festzustellen. Dazu werden die Rohre gefüllt und mit einem Kontrolldruck (d.h. einem höheren Druck als dem Betriebsdruck, der in der Regel zwischen 4 und 6 bar liegt) beaufschlagt. Um Lecks ausfindig zu machen und die Rohre im Fall eines Fließestrichs an Ort und Stelle zu halten, müssen die Warmwasserrohre während der gesamten Bauzeit dem Wasserdruck ausgesetzt bleiben. Dies ermöglicht es auch, eventuelle Beschädigungen (durch fallende Gegenstände, Durchbohrungen ...) schnell festzustellen.

Es wird empfohlen, dass man das Fußbodenheizungssystem – vor dem Anbringen des Bodenbelags – schon ein erstes Mal einen Erwärmungs- und Abkühlungszyklus durchlaufen lässt. Dieser Zyklus wird **„Startprotokoll“** genannt. Weitere Details über das Startprotokoll von Fußbodenheizungssystemen der neuen Generation erhalten Sie bei den Herstellern.

Estrich

Gemäß den gegenwärtigen WTB-Empfehlungen muss der Estrich immer mit einem **Stahl-Armierungsnetz** versehen und ausreichend verdichtet sein. Das Vorhandensein von Leitungen und ‚nachgiebiger‘ Dämmung macht das Letztere jedoch nicht immer einfach.

Bei einigen innovativen Fußbodensystemen kann die Estrichdicke reduziert werden. In diesen Fällen muss das Estrichmaterial bestimmte Anforderungen erfüllen (z.B. Bindemittel, Festigkeitsklasse) und können dem Mörtel spezifische Hilfsstoffe hinzugefügt werden.

Bei Fußbodenheizungssystemen ohne Estrich sind die Rohre in den Unterbau (Plattenmaterial) eingelassen. Darüber wird eine Entkopplungsmatte oder ein Wärmeverteilungsgitter angebracht, auf der bzw. dem der Belag verlegt wird.

Entkopplungsmatten

Bei bestimmten Fußbodenheizungssystemen sind die Entkopplungsmatten integraler Bestandteil des Fußbodenaufbaus. In anderen Fällen ist deren Verwendung nicht obligatorisch vorgeschrieben, kann aber durchaus sinnvoll sein, da sie das Risiko reduzieren, dass Probleme wie Rissbildung oder Ablösung auftreten (siehe auch **Les Dossiers du CSTC 2015/4.10**).

Kleber

Für die Verklebung von keramischen Fliesen muss der Fliesenleger seinen Kleber u.a. in Abhängigkeit des Untergrunds und der Fliesen wählen.

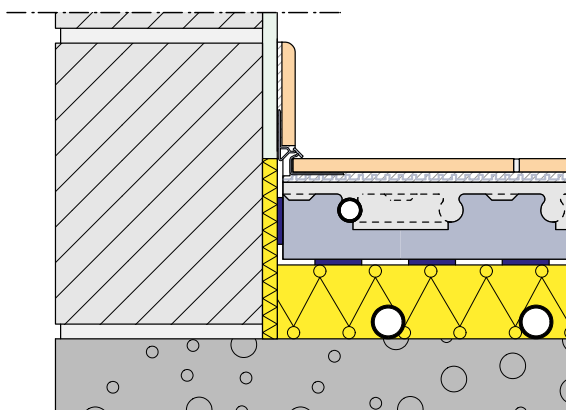
Wenn der zu fliesende Untergrund aus einem zementgebundenen Estrich besteht, genießt ein Kleber vom Typ C2S1 oder C2S2 (nach der Norm NBN EN 12004) den Vorzug. Im Falle eines calciumsulfatgebundenen Estrichs muss der Fliesenleger einen Kleber wählen, der mit diesem Estrichtyp verträglich ist (z.B. ein Kleber auf Gipsbasis). Bei beheizten Fußböden schreiben die Kleberhersteller im Allgemeinen eine **vollsatte Verklebung** vor (in der Regel mit einem beidseitigen Kleberauftrag oder einem Fließbettkleber zu realisieren).

Wenn kein Estrich vorhanden ist und der Belag direkt auf ein Metall-Wärmeverteilungsgitter oder eine Entkopplungsmatte geklebt wird, muss man in der Regel auf spezifische, vom Hersteller vorgeschriebene Kleber zurückgreifen.

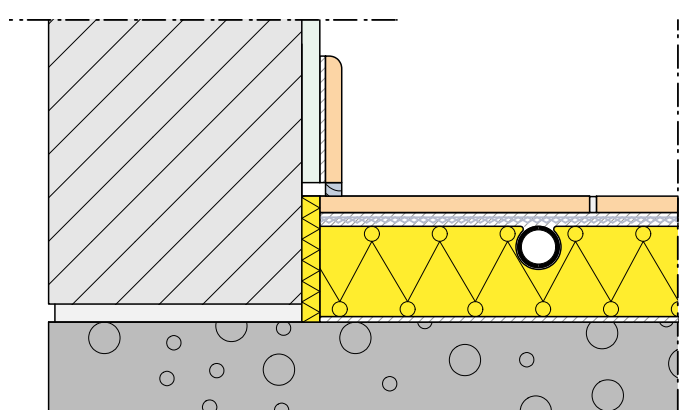
Bodenbelag

Das maximale Fliesenformat für gängige Ausführungen beträgt 600 mm x 600 mm. Für Fliesenbeläge auf beheizten Fußböden wird wärmstens empfohlen, **die Fugen in beide Richtungen durchlaufen zu lassen**. **I**

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



1 | Dünnes Fußbodenheizungssystem mit Estrich



2 | Dünnes Fußbodenheizungssystem ohne Estrich



Via CSTC-Mail (siehe www.cstc.be) bleiben Sie, was das Erscheinen der Langfassung dieses Artikels betrifft, auf dem Laufenden: Les Dossiers du CSTC 2016/2.10



Das WTB wird häufig um eine Stellungnahme hinsichtlich Pathologien bei verklebten elastischen Bodenbelägen gebeten: Aufwerfen der Ränder (*curling*), Stauchen der Fugen oder Rissbildung in den Schweißnähten oder den Fugen ... Dies weist auf die Wichtigkeit der Maßhaltigkeitsprüfungen an Bodenbelägen hin. Denn diese ermöglichen es nicht nur, das Verhalten des verwendeten Klebers zu verstehen, sondern auch den am besten geeigneten Klebertyp in Abhängigkeit des Bodenbelags zu ermitteln.

Kritische Bewertung der Maßhaltigkeitsleistungen von elastischen Bodenbelägen

Jeder elastische Bodenbelag zeigt, wenn er u.a. hohen Temperaturen oder der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt ist, ein anderes Verhalten. Sogar wenn sie gemäß der Prüfnorm stabil sein müssten, erfordern bestimmte Bodenbeläge dennoch eine Ausführung mit spezifischen Klebern, die unter anderem das Risiko des Öffnens der Nähte begrenzen können. Wir möchten außerdem darauf hinweisen, dass die vom WTB ausgeführten Prüfungen nicht immer Aufschluss über die Ursache der festgestellten Pathologien geben konnten.

Diese Feststellung hat die Firma Mapei dazu bewogen, diesbezüglich in ihrem Forschungszentrum in Mailand eine Studie durchzuführen. Um ihre Kleber zu prüfen, erhielt Mapei verschiedene Prüfstücke von einer Anzahl bekannter Bodenbelagshersteller. Ziel war es, Empfehlungen im Zusammenhang mit der Anwendung ihrer Klebeprodukte zu formulieren. In diesem Artikel werden die ersten Ergebnisse dieser Studie im Zusammenhang mit Vinylbodenbelägen besprochen.

Um die Maßhaltigkeit der **Vinylbodenbeläge** zu bewerten, muss man – gemäß der Norm NBN EN ISO 23999 – die folgende Methodik anwenden:

- Konditionierung während mindestens 24 Std. bei 23 °C und einem relativen Luftfeuchtigkeitsgrad (RF) von 50 %
- Konditionierung während 6 Std. bei 80 °C
- Abkühlung und erneute Konditionierung während 24 Std. bei 23 °C und einem RF von 50 %.

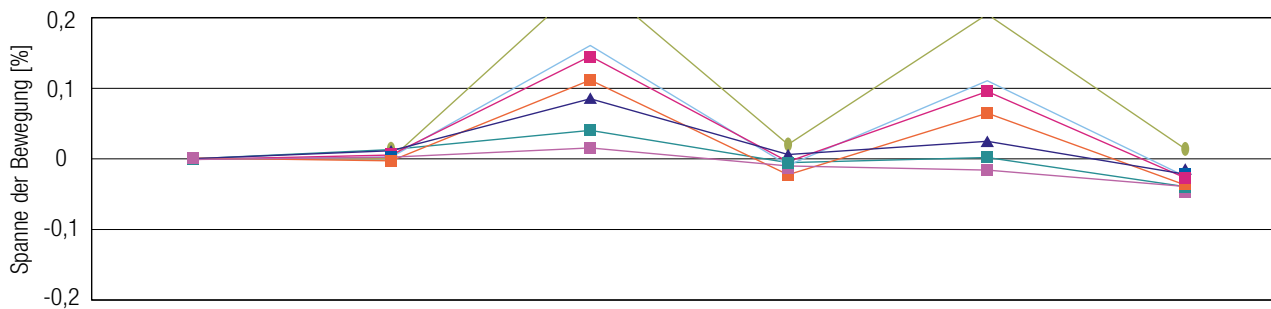
Die lineare Variation, die die Basis für die Maßhaltigkeit bildet, wird dann dadurch bestimmt, dass das Verhältnis zwischen der jeweiligen Abmessung des Prüfstücks nach der Prüfung und seiner Ausgangslänge berechnet wird. Gemäß der Produktnorm (NBN EN ISO 10581) darf dieser Wert für geschweißte Nähte nicht größer als 0,4 % werden. Diese Norm berücksichtigt jedoch nicht das Verhalten des Bodenbelags während der Prüfung.

In diesem Zusammenhang wurde ein LVT-Prüfstück (*Luxury Vinyl Tile*, d.h. eine **Luxus-Vinylfliese vom heterogenen Typ**, aufgebaut aus mehreren Schichten einer unterschiedlichen Zusammensetzung und/oder eines unterschiedlichen Entwurfs) geprüft. Dabei wurde die in der Norm NBN EN ISO 23999 erwähnte Methodik mit einer Ausnahme befolgt, nämlich dass die Maßschwankungen des Prüfstücks während jeder Konditionierungsphase der Prüfung gemessen wurden. Anhand der Ergebnisse dieser Prüfung zeigt sich einerseits, dass die maximalen Endbewegungen auf -0,08 % begrenzt bleiben, was somit innerhalb der von der Norm auferlegten Grenzen ($\pm 0,4$ %) liegt, und andererseits, dass während der Konditionierung bei hohen Temperaturen eine Ausdehnung bis +0,52 % auftrat. Dies bedeutet, dass dieser Bodenbelag dazu neigt, sich bei einer Wärmeexposition auszudehnen (bei einer Temperaturexposition von 80 °C könnte eine LVT-Fliese von 50 x 50 cm beispielsweise einer Maßschwankung von 2,6 mm unterworfen sein), aber dass er, wenn die Temperatur wieder gesenkt wurde, fast seine Ausgangsabmessungen wieder annimmt.

Dasselbe LVT-Prüfstück wurde ebenfalls in Kombination mit verschiedenen Klebern geprüft, die in der Regel für Vinylbodenbeläge empfohlen werden. Dies erfolgte gemäß der Norm NBN EN 14259, die die Anforderungen im Zusammenhang mit den mechanischen und elektrischen Leistungen angibt. Es wurden

1 | Stauchen der Fugen





Kleber	Zu Beginn	24 Std., +23 °C	4 Std., +50 °C	24 Std., +23 °C	7 T., +50 °C	24 Std., +23 °C
1 ▲	0	0,015 %	0,085 %	0,005 %	0,025 %	-0,020 %
2 —	0	0,000 %	0,160 %	-0,010 %	0,110 %	-0,025 %
3 ■	0	0,005 %	0,145 %	-0,005 %	0,095 %	-0,025 %
4 ●	0	0,000 %	0,254 %	0,020 %	0,204 %	0,015 %
5 ■	0	0,000 %	0,015 %	-0,010 %	-0,015 %	-0,030 %
6 ■	0	0,000 %	0,110 %	-0,025 %	0,065 %	-0,040 %
7 ■	0	0,010 %	0,040 %	-0,005 %	0,000 %	-0,040 %

2 | Maßhaltigkeitsprüfung an einem geklebten LVT-Belag

insbesondere Maßhaltigkeitsprüfungen nach der Norm NBN EN 1903 ausgeführt. Hierbei wurden die Prüfstücke und die verschiedenen Klebertypen auf einem Untergrund angebracht. Für die Konditionierungsschritte der Prüfung wurde die folgende Methodik angewandt:

- Konditionierung des Bodenbelags an sich während 48 Std. bei 23 °C mit einem RF von 50 %: Messung der Ausgangsabmessungen des Belags
- Verklebung
- Konditionierung des verklebten Systems bei 23 °C mit einem RF von 50 % während sieben Tage: Messung der zwischenzeitlichen Abmessungen des Belags
- Konditionierung bei 50 °C während 13 Tage und Abkühlung auf 23 °C mit einem RF von 50 % während 24 Std.: Messung der Endabmessungen des Belags
- mindestens eine Wiederholung der beschleunigten Alterung, mit Messungen der Abmessungen des Belags.

Die Maßhaltigkeit wird in dem Fall dadurch bestimmt, dass die Verhältnisse zwischen den Ausgangsabmessungen und den verschiedenen zwischenzeitlichen und Endabmessungen der Prüfstücke berechnet werden. Die Norm NBN EN 14259 legt die Obergrenze für die Maßschwankungen auf $\pm 0,2$ % fest.

Das Prüfprotokoll wurde geändert, um

das Verfahren zu beschleunigen und dessen Relevanz zu erhöhen: Die Konditionierungsschritte wurden verkürzt und nach jedem Schritt wurden die Abmessungen gemessen.

Das LVT-Prüfstück wurde in Kombination mit sieben verschiedenen Klebern in wässriger Dispersion geprüft, die die folgenden Eigenschaften aufwiesen:

- **1 und 6:** universelle übergangsdruckempfindliche Kleber
- **2 und 4:** druckempfindliche Kleber mit einem sehr klebrigen Endfilm und einer langen offenen Zeit
- **3:** billiger traditioneller Kleber für Vinylbodenbeläge
- **5:** Hochtemperatur-Kleber
- **7:** Hochtemperatur-Kleber, der speziell für den LVT-Belag entwickelt wurde.

Anhand der Ergebnisse (siehe Grafik in Abbildung 2) ergibt sich, dass – obwohl alle geprüften Kleber der Norm NBN EN 14259 entsprechen – von der Anwendung bestimmter dieser Klebertypen (2, 3 und 4) bei der Verlegung von LVT-Belägen abgeraten wird, da der Bodenbelag, nachdem er hohen Temperaturen ausgesetzt ist, beträchtliche Bewegungen (bis 0,254 %) aufweist. Bei Anwendung der Kleber 5 und 7, die

speziell für den LVT-Belag entwickelt wurden, konnten diese Bewegungen dagegen stark eingeschränkt werden.

Schlussfolgerung

Die in den Prüfnormen angegebene Endmessung der Abmessungen ermöglicht es nicht, ein Urteil über das potenzielle Ausmaß der Bodenbelagsbewegungen in der Praxis abzugeben. Der Umstand, dass bestimmte Bodenbeläge für die verschiedenen Konditionierungen und die damit einhergehenden Maßschwankungen äußerst empfindlich sind, kann eine Erklärung für die beträchtlichen Bewegungen sein, die der Bodenbelag bei einer Ausführung mit einem ungeeigneten Kleber erfahren kann.

Diese ersten mahnenden Ergebnisse beziehen sich nur auf einen bestimmten Typ von Vinylbodenbelägen und müssen somit noch durch zusätzliche Prüfungen bestätigt werden. Darauf aufbauend erscheint es uns gleichwohl nützlich eine umfassende Untersuchung durchzuführen, und zwar im Hinblick auf die Anpassung der Prüfnorm und die Optimierung der Kleberwahl in Abhängigkeit der Belageigenschaften. **I**

E. Nguyen, Ir., Projektleiter, Laboratorium Holz und Coatings, WTB

Der Autor spricht Frau Paola Di Silvestro, Ir., Corporate Product Manager bei Mapei, seinen aufrichten Dank für die Nutzung dieser Forschungsergebnisse aus.



Via CSTC-Mail (siehe www.cstc.be) bleiben Sie, was das Erscheinen der Langfassung dieses Artikels betrifft, auf dem Laufenden: Les Dossiers du CSTC 2016/2.11

Bei nahezu horizontal installierten konzentrischen Rauchgassystemen für Gas- und Heizölkessel mit einem geschlossenen Verbrennungskreis treten manchmal Probleme auf, die auf die vorzeitige Beschädigung der Dichtungsringe zwischen den Teilen der Rauchgaskanäle zurückzuführen sind. Dadurch wird der Anschluss undicht, wodurch das Kondenswasser – das sich in den Rauchgaskanälen bildet – in den Luftzufuhrkanal gelangen und als Folge einen möglichen Schaden am Kessel verursachen kann. Diverse Faktoren können bei dieser Beschädigung eine Rolle spielen, insbesondere das Schmiermittel, das häufig zum Erleichtern des Ineinanderschiebens der Rohre verwendet wird.

Einfluss des **Schmiermittels** beim Einbau von konzentrischen Kaminsystemen

Wo treten die Probleme auf?

Diese Leckageprobleme treten im Allgemeinen bei CE-gekennzeichneten konzentrischen Kaminsystemen mit einem Rauchgaskanal aus Kunststoff, die die Norm NBN EN 14471 erfüllen, auf. Im Rahmen dieser CE-Kennzeichnung muss die Säurebeständigkeit der Dichtungsringe, die die Abdichtung zwischen den Bestandteilen des Kanals sicherstellen müssen, immer kontrolliert werden. Die Lecks befinden sich in der Regel an der Stelle, wo die nahezu horizontale konzentrische Anschlussleitung des Kessels mit dem vertikalen Abfuhrsystem verbunden ist. Der Dichtungsring des Rauchgaskanals weist dabei nach relativ kurzer Zeit eine gewisse Schädigung auf, wodurch die Dichtheit des Anschlusses verloren geht. Das Kondenswasser gelangt dann über das entstandene Leck in den Luftzufuhrkanal und kann so den Kessel erreichen und beschädigen. Diese Beschädigung scheint jedoch nur bei Dichtungsringen aus EPDM aufzutreten (siehe Kasten auf der nächsten Seite).

Bestimmte Schmiermittel haben einen nachteiligen Einfluss auf die Dichtungsringe aus EPDM.

Welche Faktoren spielen eine Rolle?

Es ist von äußerster Wichtigkeit, einen Dichtungsring aus dem geeigneten Material einzusetzen. Der alles entscheidende Faktor ist dabei der Typ des verwendeten Brennstoffs (Heizöl oder Gas). Denn dieser hat einen Einfluss auf die Art der Rauchgase, das gebildete Kondenswasser und die Abgastemperatur. Diese Parameter sind wiederum für die Materialwahl des eigentlichen Rauchgaskanals ausschlaggebend. Die nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht über eine Anzahl von üblicherweise in konzentrischen Kaminsystemen eingesetzten Materialien, und zwar in Abhängigkeit des Brennstoffs, für den sie Berücksichtigung finden, und der maximalen Abgastemperatur.

Bei der Wahl des Kaminsystems muss man sich an die Vorschriften des Kesselherstellers halten. In diesem Zusammenhang müssen natürlich die dazugehörigen Dichtungsringe angewendet werden.

Daneben ist es auch wichtig, die Installationsvorschriften des Herstellers zu befolgen. So empfiehlt dieser häufig für die korrekte Ableitung des Kondenswassers, ein Gefälle von 3° (oder 5 cm/m) vorzusehen (gemäß der Norm NBN EN 15287-2) ⁽¹⁾.

Ein letzter Faktor, der für die Lebensdauer der Dichtungsringe wichtig erscheint, ist die Art des Schmiermittels, das häufig verwendet wird, um die Rohre leichter ineinander schieben zu können. Denn aus indikativen Prüfungen, die

Übersicht von in konzentrischen Kaminsystemen verwendeten Materialien in Abhängigkeit des Brennstofftyps und der maximalen Abgastemperatur

Material des Rauchgaskanals ⁽¹⁾	Brennstoff		Maximale Abgastemperatur	Material des Dichtungsringes ⁽²⁾
	Heizöl (mit max. 0,2 % Schwefel)	Gas		
Nichtrostender Stahl	Ja	Ja	200 °C	Fluorelastomere
Aluminium	Nein	Ja	160 °C	Silikone
Polypropylen	Ja	Ja	120 °C	EPDM

⁽¹⁾ Rauchgaskanäle aus Metall müssen der Norm NBN EN 1856-1 entsprechen. Für Kanäle aus Kunststoff gilt die Norm NBN EN 14471.
⁽²⁾ Die Dichtungsringe müssen der Norm NBN EN 14241-1 entsprechen.

⁽¹⁾ Auch in dem Fall ist es jedoch nicht möglich, eine Stagnation von Kondenswasser völlig auszuschließen.

vom Laboratorium Bauchemie durchgeführt wurden (siehe Kasten ⁽²⁾), hat sich ergeben, dass bestimmte Schmiermittel bei Kontakt mit sauren Lösungen (z.B. Kondenswasser) einen negativen Einfluss auf die Lebensdauer der Dichtungsringe aus EPDM haben. Auch die Nutzung einiger Silikonsprays, die von bestimmten Herstellern zugelassen werden, scheint diesbezüglich eine schädliche Wirkung zu haben. Die meisten festgestellten Probleme sind daher auch wahrscheinlich auf die Verwendung eines Schmiermittels zurückzuführen, das nicht mit dem Dichtungsring aus EPDM verträglich ist. Deshalb empfehlen wir bei der Montage der Kaminsysteme die Dichtungsringe nur mit Wasser, dem gegebenenfalls ein traditionelles, auf

dem Markt verfügbares Geschirrspülmittel hinzugefügt wird, oder mit dem vom Hersteller mitgelieferten Schmiermittel, zu schmieren.

Schlussfolgerung

Die Leckageprobleme, mit denen man manchmal bei nahezu horizontal installierten konzentrischen Kaminsystemen für Zentralheizungskessel konfrontiert wird, hängen mit der vorzeitigen Beschädigung der Dichtungsringe aus EPDM zusammen. Wie sich aus einigen indikativen Prüfungen ergeben hat, ist dieser Umstand wahrscheinlich durch die Stagnation von Kondenswasser bedingt, das mit den Dichtungsringen in Kon-

takt kommt, nachdem diese zur Erleichterung der Montage mit bestimmten Schmiermitteln eingeschmiert wurden. Es wird daher wärmstens empfohlen, bei der Montage von solchen Rauchgaskanälen darauf zu achten, dass man sowohl die Vorschriften des Herstellers befolgt (unter anderem was die Mindestgefälle betrifft), als auch nur Wasser (gegebenenfalls unter Hinzufügung eines traditionellen Geschirrspülmittels) oder das vom Hersteller mitgelieferte Schmiermittel für die Schmierung der Dichtungsringe einsetzt. **I**

I. De Pot, Ing., Hauptberater, Abteilung

Technische Gutachten, WTB

P. Steenhoudt, Ir., Leiter des Laboratoriums

Bauchemie, WTB

Indikative Laborprüfungen

Mehrere Stücke von Dichtungsringen (O-Ringe) aus EPDM (siehe Abbildung 1), Silikonen und Fluorelastomeren wurden mehr als fünf Wochen lang in eine saure Wasserlösung getaucht, die das saure Kondenswasser von Heizungskesseln nachbildet. Dabei wurden die Stücke zuvor mit Fett, Schmierseife, Silikonen (aus einem Spray) oder einem traditionellen Geschirrspülmittel eingeschmiert.

Unter den Umgebungsbedingungen des Laboratoriums erlitten bestimmte Dichtungsringe eine Beschädigung. So stellten wir fest, dass der mit Fett eingeschmierte Ring aus EPDM beträchtlich beschädigt wurde (siehe Abbildung 2). Auch die Silikonsprays (siehe Abbildung 3) und die Schmierseife (siehe Abbildung 4) verursachten eine Beschädigung des Rings aus EPDM, aber in einem geringen Maße als das Fett. Die Anwendung eines Geschirrspülmittels dagegen hatte keine sichtbare Beschädigung zur Folge (siehe Abbildung 5). Was die Dichtungsringe aus Silikonen und Fluorelastomeren betrifft, wurde nach der Prüfung, unabhängig vom verwendeten Schmiermittel, keine einzige Beschädigung festgestellt.



1 | EPDM vor der Prüfung



2 | Mit Fett eingeschmiertes EPDM nach der Prüfung



3 | Mit Silikon eingeschmiertes EPDM nach der Prüfung



4 | Mit Schmierseife eingeschmiertes EPDM nach der Prüfung



5 | Mit Geschirrspülmittel eingeschmiertes EPDM nach der Prüfung

⁽²⁾ Wir möchten jedoch darauf hinweisen, dass die ausgeführten Prüfungen es nicht ohne weiteres zulassen, über ganz bestimmte konkrete Fälle Urteile abgeben zu können.

Die in Belgien am häufigsten eingesetzten Dimensionierungsmethoden zur Bestimmung der Ablaufleistung von Rinnen sind in der belgischen Norm NBN 306, der französischen Norm NF DTU 60.11 P3 und der europäischen Norm NBN EN 12056-3 beschrieben. Da diese jedoch unterschiedliche Ergebnisse liefern, hat das WTB eine große Anzahl von Versuchen an Hängerinnen ausgeführt, um die beste Dimensionierungsmethode zu ermitteln. Hieraus hat sich ergeben, dass die Ergebnisse der von der europäischen Norm NBN EN 12056-3 vorgeschlagenen Rechenmethode der realen Ablaufleistung am nächsten kommen.

Ablaufleistung von Hängerinnen

Versuche

Die Versuche wurden an drei Typen von üblicherweise verwendeten Hängerinnen ausgeführt, nämlich an:

- drei halbrunden Rinnen mit einer abgewinkelten Breite von jeweils 285, 333 und 400 mm
- zwei trapezförmigen Rinnen mit einer abgewinkelten Breite von jeweils 285 und 420 mm
- einer rechteckigen Rinne (DIN-Format) mit einer abgewinkelten Breite von 333 mm.

Die Länge der Rinnen war, gemäß dem Anhang A der Norm EN 12056-3, jedes Mal gleich dem 50-Fachen der Rinnenhöhe, was Längen zwischen 3,5 und 5,35 m entsprach.

Ziel der Versuche war es, die Ablaufleistung der Hängerinnen zu ermitteln, mit anderen Worten war der maximale Durchfluss gesucht, der abgeleitet wer-

den kann, ohne dass die Rinne überläuft. Dabei wurden für die Rinnen verschiedene Gefälle in Betracht gezogen: 0 %, 0,2 %, 0,5 % und 1 %. Diese Untersuchung bezog sich sowohl auf Rinnen mit einem freien Auslauf (das heißt, mit einem offenen Ende, durch das das Wasser ungehindert ausströmen kann), als auch auf Rinnen, die an beiden Seiten mit Endstücken geschlossen sind und bei denen das Wasser über eine Abflussöffnung abgeleitet wird. Diese Abflussöffnung bestand entweder aus einem geraden Entnahmerohr mit einem Durchmesser von 60, 80 oder 100 mm, oder aus einem Einlauftrichter, der unten einen Durchmesser von 100 mm aufwies (siehe Abbildung 1 auf der nächsten Seite).

Versuchsergebnisse

Bei diesem Artikel beschränken wir uns darauf, die Versuchsergebnisse für die

halbrunde Rinne mit einer abgewinkelten Breite von 333 mm und einer Länge von 4,33 m zu besprechen. Auf die übrigen Ergebnisse wird in der Langfassung dieses Artikels eingegangen.

Die nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die maximalen Durchflüsse, die nach den drei oben erwähnten Normen berechnet wurden sowie jenen, die aus den Messungen an Hängerinnen mit einem freien Auslauf, mit einem Entnahmerohr von 80 und 100 mm und mit einem Einlauftrichter resultieren. Für jeden Durchfluss wird ebenfalls die maximale (horizontal projizierte) Dachfläche angegeben, die an die Rinne angeschlossen werden kann. Wir möchten darauf hinweisen, dass die belgische und die französische Norm nur Rinnen mit einem Gefälle berücksichtigen und dass die europäische Norm bei Rinnen, deren Länge das 50-Fache der Höhe beträgt, das Gefälle der Rinne nicht berücksichtigt.

Ablaufleistung einer halbrunden Rinne mit einer abgewinkelten Breite von 333 mm und maximale anschließbare Dachfläche

Gefälle der Rinne	Ablaufleistung (maximaler Durchfluss) und maximale anschließbare Dachfläche						
	Normen			WTB-Versuche			
	NBN 306	NF DTU 60.11 P3	NBN EN 12056-3	Rinne	Rinne mit einem Entnahmerohr von 80 mm	Rinne mit einem Entnahmerohr von 100 mm	Rinne mit einem Einlauftrichter
0,0 %	/	/	2,3 l/s	2,4 l/s	2,2 l/s	2,3 l/s	2,4 l/s
	/	/	45 m²	48 m²	45 m²	47 m²	49 m²
0,2 %	4,0 l/s	2,4 l/s	2,3 l/s	2,7 l/s	2,4 l/s	2,5 l/s	2,5 l/s
	80 m²	48 m²	45 m²	53 m²	48 m²	50 m²	50 m²
0,5 %	6,4 l/s	3,8 l/s	2,3 l/s	3,0 l/s	2,7 l/s	2,8 l/s	2,8 l/s
	127 m²	75 m²	45 m²	59 m²	54 m²	56 m²	57 m²
1,0 %	9,0 l/s	5,3 l/s	2,3 l/s	3,5 l/s	3,1 l/s	3,3 l/s	3,3 l/s
	180 m²	106 m²	45 m²	71 m²	62 m²	66 m²	66 m²



1 | Einlauftrichter mit einer Abflussöffnung mit einem Durchmesser von 100 mm für eine halbrunde Rinne mit einer abgewinkelten Breite von 333 mm

Aus einem Vergleich der nach den Normen berechneten Ergebnisse mit den Versuchsergebnissen anhand der Tabelle und der Grafik der Abbildung 2 ergibt sich, dass die belgische Norm NBN 306 und die französische Norm NF DTU 60.11 P3 die Leistungen überschätzen und dass die Messergebnisse am besten durch die Werte aus der

europäischen Norm NBN EN 12056-3 angenähert werden.

Anhand der in der Tabelle angegebenen Ergebnisse kann abgeleitet werden, dass eine Rinne, die mit einem Einlauftrichter ausgestattet ist sowie eine, die mit einem geraden Entnahmerohr mit einem Durchmesser von 100 mm versehen ist, die größte Ablaufleistung liefert. Die aus einem Entnahmerohr mit einem Durchmesser von 80 mm bestehende Abflussöffnung führt dagegen zu einer deutlichen Verringerung der Leistung, obwohl diese bei einer halbrunden Rinne mit einer abgewinkelten Breite von 333 mm relativ begrenzt bleibt. Bei Rinnen mit größeren abgewinkelten Breiten wird der Ablaufleistungsunterschied zwischen den Rinnen mit einem Entnahmerohr eines Durchmessers von 80 mm und denen mit einem Entnahmerohr eines Durchmessers von 100 mm allerdings größer sein.

In *Les Dossiers du CSTC 2013/2.5* wurde bereits eine Übersicht über die berechnete Ablaufleistung von Abflussöffnungen auf Basis der Norm NBN EN 12056-3 gegeben. Die erhaltenen Werte wurden damals mit den Ergebnissen der üblicherweise verwendeten $1 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ -Re-

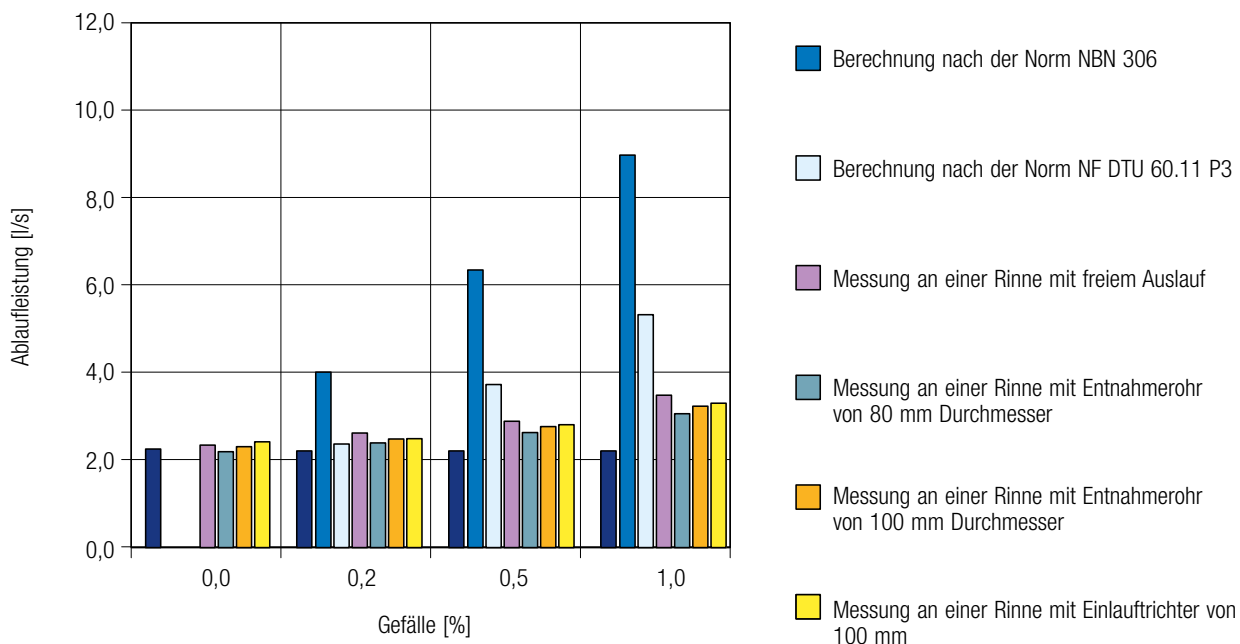
chenregel verglichen, die für eine Abflussöffnung einen Querschnitt von 1 cm^2 pro m^2 horizontal projizierter angeschlossener Dachfläche fordert. Anhand der gegenwärtigen Versuchsergebnisse kann erneut bestätigt werden, dass die $1 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ -Rechenregel für die Dimensionierung von Abflussöffnungen in Hängerinnen verwendet werden kann.

Schlussfolgerung

Aus den vom WTB ausgeführten Versuchen geht klar hervor, dass die NBN EN 12056-3 die beste Dimensionierungsmethode für Hängerinnen liefert. Denn die Methoden der belgischen Norm NBN 306 und der französischen Norm NF DTU 60.11 P3 haben eine Unterdimensionierung der Rinne zur Folge.

Ein Vergleich zwischen den gegenwärtigen Versuchsergebnissen und den Ergebnissen der üblichen $1 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ -Rechenregel machte darüber hinaus deutlich, dass diese Regel noch immer für die Dimensionierung der Abflussöffnungen in Hängerinnen anwendbar ist. ■

L. Vos, Ir.-Arch., Forscher, Laboratorium Wassertechniken, WTB



2 | Ablaufleistung einer halbrunden Rinne mit einer abgewinkelten Breite von 333 mm in Abhängigkeit des Rinnengefälles



Via CSTC-Mail (siehe www.cstc.be) bleiben Sie, was das Erscheinen der Langfassung dieses Artikels betrifft, auf dem Laufenden: Les Dossiers du CSTC 2016/2.13



Zum Messen der Luftdichtheit von Gebäuden wird mithilfe eines oder mehrerer Ventilatoren ein Überdruck oder Unterdruck erzeugt (zwischen etwa 10 und 100 Pa) und der Luftvolumenstrom durch die Gebäudehülle hindurch in Abhängigkeit des verursachten Druckunterschieds bestimmt. Das Ergebnis der Messung, das im Allgemeinen für einen Druckunterschied von 50 Pa ausgedrückt wird, hängt von den Unvollkommenheiten der Gebäudehülle und dem eventuellen Vorhandensein von Öffnungen ab. Folglich ist es erforderlich, die Gebäudehülle entsprechend dem Ziel der Messung adäquat vorzubereiten, indem man alle Öffnungen, die man von der Prüfung ausschließen möchte, schließt oder abdichtet. Aber wie ist vorzugehen, wenn die Messung im Rahmen der Energieleistungen von Gebäuden durchgeführt wird?

Luftdichtheitsmessungen im Rahmen der PEB: Behandlung der Lüftungseinrichtungen

Für die PEB-Berechnung muss man den Infiltrationsvolumenstrom mithilfe einer Luftdichtheitsmessung bestimmen. Falls dies nicht erfolgt, muss man auf einen Vorgabewert zurückgreifen. Die Berechnung berücksichtigt ebenfalls die Eigenschaften des Basislüftungssystems. Obwohl die intermittierenden Lüftungseinrichtungen (z.B. Dunstabzugshauben) nicht Gegenstand der PEB-Berechnung sind, werden die eventuellen Lecks in deren Schließsystem (oder das Nichtvorhandensein eines Schließsystems) durchaus als Infiltrationen betrachtet. Dies gilt auch für die Belüftung und die Öffnungen, die nicht für die Lüftung bestimmt sind.

In der Praxis muss man die von unseren drei Regionen (*) vorgeschriebenen Regeln für die Messung und die Vorbe-

reitung der Gebäude einhalten. In Wallonien und Brüssel wird im Allgemeinen auf die Fassung 3 der zusätzlichen Spezifikationen (2013) und in Flandern auf die STS-P 71-3 (2014) zurückgegriffen.

Behandlung der Zufuhröffnungen

Die in der Gebäudehülle vorgesehenen Lüftungsöffnungen werden im Allgemeinen als einstellbare Zufuhröffnungen (EZÖ), als natürliche Zufuhröffnungen oder schlichtweg als Lüftungsgitter bezeichnet.

Diese Öffnungen müssen während der Luftdichtheitsmessung geschlossen werden. Die technischen Spezifikationen STS-P 71-3 lassen, unter Berücksichtigung der Hypothesen und Rechen-

konventionen der PEB, jedoch auch zu, dass die Öffnungen abgedichtet werden (siehe Abbildung auf der nächsten Seite), da sie – sogar in der geschlossenen Stellung – noch einen gewissen Leckvolumenstrom aufweisen können.

Um eine bessere Vorstellung von dem Ausmaß der Leckvolumenströme in der Praxis zu erhalten, wurden innerhalb des WTB Laborversuche an fünf, auf dem Markt erhältlichen Gittern ausgeführt (siehe Tabelle A). Anhand der erhaltenen Ergebnisse ergibt sich, dass die Schließsysteme bei Nenndruckbedingungen (2 Pa) relativ luftdicht sind und dass sie bis zu einem Druck von mindestens 100 Pa geschlossen bleiben. Das Verhältnis zwischen dem Leckvolumenstrom bei einem Druckunterschied von 50 Pa (Referenzdruckunterschied für die

A | Um ihren Leckvolumenstrom in der geschlossenen Stellung zu bestimmen, wurden fünf Lüftungsgitter Laborprüfungen unterzogen

Volumenstrom [m³/h]	Gitter				
	1	2	3	4	5
A. Nennvolumenstrom bei einem Druckunterschied von 2 Pa (geöffnete Stellung)	39	40	43	47	55
B. Volumenstrom bei einem Druckunterschied von 2 Pa (geschlossene Stellung)	0,3	1,3	0,1	0,5	0,7
C. Volumenstrom bei einem Druckunterschied von 50 Pa (geschlossene Stellung)	2,1	8,8	1,3	3,5	9,6
Leckanteil (C/A)	5 %	22 %	3 %	7 %	18 %

(*) In Wallonien: energie.wallonie.be, in der Region Brüssel-Hauptstadt: www.environnement.brussels und in Flandern: www.energiesparen.be.



Abdichtung einer Lüftungsöffnung mithilfe eines Klebebands

Luftdichtheit von Gebäuden) und dem Nennvolumenstrom bei einem Druckunterschied von 2 Pa (Referenzdruckunterschied für die Lüftung) variiert von 3 bis 22 % (siehe den Leckanteil in Tabelle A). Gemäß der Norm NBN D 50-001 ist ein Leckvolumenstrom in der geschlossenen Stellung zulässig, um eine minimale Lüftererneuerung sicherzustellen. Dieses Verhältnis müsste allerdings auf 15 % begrenzt bleiben.

Den Dimensionierungsregeln zufolge, die in Belgien für Lüftungssysteme zu Wohnzwecken gelten, kann das Abdichten der Gitter anstelle des bloßen Schließens derselben einen Gewinn von ungefähr 0,01 bis 0,2 h⁻¹ bezüglich der Lüftererneuerungsrate darstellen, die bei 50 Pa gemessen wird (n₅₀-Wert).

Wir möchten darauf hinweisen, dass bestimmte Öffnungen wie die von Briefkästen und jene, die für die intensive Nachkühlung oder für die Zufuhr von Verbrennungsluft in Heizungsräumen bestimmt sind, nicht Bestandteil des Lüftungssystems sind.

Behandlung der Abfuhrventile

Die Lüftungsventile in Leitungen, die nicht an einen Ventilator angeschlossen sind (oder die nur an einen Ventilator für eine zeitlich begrenzte Unterstützung des Volumenstroms angeschlossen sind), werden häufig als natürliche Abfuhröffnungen oder einstellbare Abfuhröffnungen (EAÖ) bezeichnet und müssen während der Luftdichtheitsmessung ebenfalls geschlossen sein.

Angesichts dessen, dass sie sogar in der geschlossenen Stellung noch einen gewissen Leckvolumenstrom aufweisen können, lassen es die STS-P 71-3 auch zu, dass diese Öffnungen während der Messung abgedichtet werden.

Behandlung der Zuluft- oder Abluftventile

Die Ventile in den Leitungen, die an einen Ventilator (mechanische Belüftung oder Entlüftung) angeschlossen und für die Basislüftung bestimmt sind,

müssen während der Luftdichtheitsmessung abgedichtet werden. Dazu werden im Allgemeinen aufblasbare Ballone in die Leitungen eingebracht oder ein Klebeband auf den Ventilen angebracht.

Wenn die Ventile dagegen für eine intermittierende Lüftung (z.B. Dunstabzugshaube) bestimmt sind, müssen sie geschlossen werden (oder geöffnet bleiben, wenn sie nicht über ein Schließsystem verfügen).

Schließlich möchten wir darauf hinweisen, dass eine Basislüftungseinrichtung mit einer intermittierenden Funktion als Basislüftung betrachtet wird.

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

X. Loncour, Ir., Abteilungsleiter, und C. Mees, Ir., Senior-Projektleiter, Abteilung Energie, WTB

Dieser Artikel wurde verfasst im Rahmen des Technologischen Beratungsdienstes 'Ecoconstruction et développement durable' (bezuschusst durch InnovIRIS).

B | Zusammenfassende Tabelle

Lüftungseinrichtung	Wallonien + Region Brüssel-Hauptstadt (zusätzl. Spezif., Fassung 3, 2013)	Flandern (STS-P 71-3, 2014)
Zufuhröffnung	Geschlossen	Geschlossen (Abdichtung zulässig)
Abfuhrventil	Geschlossen	Geschlossen (Abdichtung zulässig)
Zuluft- und Abluftventil (Basislüftung)	Abgedichtet	Abgedichtet
Zuluft- und Abluftventil (intermittierende Lüftung)	Geschlossen	Geschlossen



Via CSTC-Mail (siehe www.cstc.be) bleiben Sie, was das Erscheinen der Langfassung dieses Artikels betrifft, auf dem Laufenden: Les Dossiers du CSTC 2016/2.14

Angesichts dessen, dass die traditionellen Holzbaumethoden in Reihenhäusern und Appartements einen unzureichenden akustischen Schutz bieten, und zwar insbesondere auf dem Gebiet der niederfrequenten Schalldämmung, wurden innerhalb der Forschungsprojekte ‚DO-IT Houtbouw‘ und ‚AH+‘ eine Anzahl neuer Holzskelettbaukonzepte entwickelt. Dieser Artikel behandelt die *in situ* gemessenen akustischen Leistungen dieser Systeme sowie die von CLT-Konstruktionen (*Cross Laminated Timber*).

Neue Holzbaumethoden: erste akustische Ergebnisse *in situ*

Anwendung einer innovativen vorgefertigten Holzskelettkonstruktion

Kürzlich wurden akustische Messungen in einer vorgefertigten Holzskelettkonstruktion in Meerhout ausgeführt (siehe Abbildung 1), die gemäß den neu entwickelten Baurichtlinien für wohnungstrennende Wände und Decken errichtet wurde (siehe [Les Dossiers du CSTC 2013/1.5](#), [2014/2.13](#) und [2015/2.17](#)). Dieser Komplex umfasst sowohl Büros als auch Appartements. Die Luftschalldämmungsmessungen zwischen einem dieser Büros und dem darüber liegenden Appartement ergaben einen Dämmwert von 68 dB ($D_{nT,w}$), was 10 dB besser ist als die geforderte

Vorgabe für einen erhöhten akustischen Komfort der Norm NBN S 01-400-1 ($D_{nT,w} \geq 58$ dB). Wenn man die Messgröße $D_{nT,w} + C_{50-3150}$ berücksichtigt, die der **Luftschalldämmung** im niederfrequenten Bereich stärker Rechnung trägt, erreicht man noch 58 dB. Dafür gibt es in der oben erwähnten Norm vorerst keine Forderung.

Die **Kontaktschalldämmungsmessung** ergab ihrerseits einen Wert von 41 dB ($L'_{nT,w}$), was 9 dB besser ist als die geforderte Vorgabe für einen erhöhten akustischen Komfort ($L'_{nT,w} \leq 50$ dB). Die untersuchte vorgefertigte Holzskelettkonstruktion weist somit bessere Leistungen auf als eine traditionelle Betondeckenkonstruktion. Wenn wir auch

die sehr niedrigen Schallfrequenzen betrachten, erreicht die wohnungstrennende Holzskelettdecke noch 50 dB ($L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$).

Anwendung eines vor Ort realisierten innovativen Holzbaukonzepts

Es wurden ebenfalls akustische Messungen in einem Komplex in Tournai, der sich noch im Bau befindet, ausgeführt (siehe Abbildung 2). Dieses fast 8.000 m² große Projekt zählt fünf Stockwerke, davon vier in Holzbau, und umfasst 50 Altenwohnungen mit vollem Service und 16 Appartements. Es ist sowohl in energetischer als auch in akustischer Hinsicht sehr ehrgeizig angelegt. So strebt das Projekt einen erhöhten akustischen Komfort an, wie er in der Norm NBN S 01-400-1 definiert ist.

Angesichts dessen, dass die Basisstruktur des Gebäudes aus einer Holzkonstruktion vom Pfähle-Balken-Typ besteht, musste der Deckenaufbau geringfügig angepasst werden, damit er den Prinzipien, die in [Les Dossiers du CSTC 2014/2.13](#) beschrieben sind, entspricht. So musste, da die Spannweite zwischen den Tragbalken im Projekt 1 m anstelle der in den oben erwähnten WTB-Unterlagen vorgeschriebenen 40 cm beträgt, ein leichtes Metallskelett vorgesehen werden (siehe Abbildung 2), auf dem die Deckenplatten (zwei faserverstärkte Zementplatten) befestigt wurden. Darüber wurde eine 3,5 cm dicke Kieselschicht angebracht. Die Tragbalken wurden ihrerseits mit elastischen



Quelle: Machiels Building Solutions

1 | Mit der untersuchten innovativen vorgefertigten Holzskelettkonstruktion werden besonders gute akustische Leistungen *in situ* erreicht



Quelle: Leaucour Création (Atelier 2F – Fr. Marlier)

2 | In-situ-Realisierung eines innovativen Holzbaukonzepts

Entkopplungselementen versehen, auf denen eine 36 mm dicke OSB-Platte angebracht wurde, die schließlich mit einer PE-Folie und einem Estrich bedeckt wurde.

Die Messungen erfolgten ohne weiteren Bodenbelag. Die wohnungstrennenden Wände sind aus einer zweischaligen Konstruktion aufgebaut, bei der nur an der Innenseite jedes Apartments eine doppelte Platte, bestehend aus 12,5 mm dicken Gipsplatten, angebracht wurde. Es befinden sich somit keine Platten an der Innenseite des Luftzwischenraums. Denn aus der Forschung hat sich ergeben, dass diese Konfiguration für den Erhalt einer guten **Luftschalldämmung** wesentlich ist. Die sehr breiten Luftzwischenräume in den Deckenkonstruktionen und den wohnungstrennenden Wänden wurden unter einem relativ niedrigen Druck mit Holzfasern vollgeblasen. Die Luftschalldämmung zwischen den Apartmenten in horizontaler Richtung konnte, wegen der Baustellensituation, nur an einem Versuchsaufbau gemessen werden. Die diesbezüglichen Ergebnissen waren sehr gut: 63 dB ($D_{nT,w}$) und 61 dB für die niederfrequenten Messgröße ($D_{nT,w} + C_{50-3150}$).

Die **Kontaktschalldämmung** unter Einschluss der sehr niedrigen Schallfrequenzen ($L'_{nT,w} + C_{1,50-2550}$) betrug 43 dB. Unter Berücksichtigung der logarithmischen Skala ist dies wesentlich besser als die geforderte Vorgabe für das höchste akustische Qualitätsniveau der gegenwärtigen Akustiknorm.

Anwendung von Cross Laminated Timber (CLT) (*)

In den letzten Monaten wurden auch diverse CLT-Konstruktionen akustischen Messungen unterzogen. Was Büros und Schulen betrifft (siehe Abbildung 3), erfüllen die erhaltenen Ergebnisse die akustischen Anforderungen. Im Wohnungsbau ist dies jedoch nicht immer der Fall. Besonders bei Konstruktionen ohne abgehängte Decke – mit einer Luftschalldämmung von weniger als 50 dB ($D_{nT,w}$) und einem Kontaktschallniveau von mehr als 63 dB ($L'_{nT,w}$) – bietet dieses neue Holzbaukonzept einen unzureichenden akustischen Schutz gegen Lärmbelästigung durch Nachbarn.

Falls eine abgehängte Decke und eine leistungsfähige Konstruktion mit schwimmenden Bodenbelag vorhanden sind,



3 | Anwendung von Cross Laminated Timber in einer Vorschule

erfüllt die **Luftschalldämmung** zwar die Anforderungen, die **Kontaktschalldämmung** bleibt aber ziemlich niedrig. Denn der gemessene mittlere Dämmwert von 57 dB ($L'_{nT,w}$) entspricht nur in bestimmten Fällen der gegenwärtigen Anforderung der Norm NBN S 01-400-1 für einen normalen akustischen Komfort. Dies gilt beispielsweise nicht für die Situation eines Wohnraums oberhalb eines Schlafzimmers (Anforderung: $L'_{nT,w} \leq 54$ dB). Der akustische Schutz, der von dem untersuchten CLT-Konzept geliefert wird, ist somit geringer als bei einer traditionellen steinartigen Konstruktion. Wir möchten außerdem darauf hinweisen, dass die gegenwärtige Anforderung für die Kontaktschalldämmung bald womöglich für alle Situationen auf 54 dB gebracht wird.

Die Mitarbeiter der Abteilung Akustik befassen sich gegenwärtig daher eingehend mit der Entwicklung von akustisch leistungsfähigeren CLT-Konstruktionen für den Wohnungsbau, nach dem Beispiel wie es für den Holzskelettbau erfolgte.

*B. Ingelaere, Ir., stellvertretender Leiter der Abteilung Akustik, Energie und Klima, WTB
M. Géhu, Ing., Forscher, Laboratorium Akustik, WTB*

Die Holzskelettkonstruktion bietet bessere akustische Leistungen als eine traditionelle Betondeckenkonstruktion.

(*) CLT ist ein Holzbauprodukt, das aus massiven, gekreuzt verleimten Holzplatten aufgebaut ist.

Die neue Fassung (2015) der Normen ISO 9001 (Qualitätsmanagement) und ISO 14001 (Umweltmanagement) fordert von den zertifizierten Unternehmen, dass sie ihre relevanten Risiken und Opportunitäten analysieren. Ziel dieser Analyse ist es, Probleme und Chancen zu antizipieren, um ein Projekt bezüglich Finanzen, Terminen, Qualität, Sicherheit und Umwelt besser zu verwalten und zu beherrschen.

Risikoanalyse eines Projekts

Die Unternehmen, die die neue Fassung der Normen ISO 9001 und ISO 14001 erfüllen möchten, sind somit verpflichtet, eine Risikoanalyse auszuführen. Dieses Managementhilfsmittel ist jedoch auch für alle KMUs und große Unternehmen nützlich, die ihre Effizienz verbessern möchten.

Eine Risikoanalyse umfasst gewöhnlich die drei folgenden Phasen.

Identifikation der Risiken

Die zu identifizierenden Risiken können von unterschiedlicher Art sein: Umwelt, Sicherheit, Finanzen, Techniken, Ausführung ... Angesichts dessen, dass sich diese Identifikation stark auf die Erfahrung stützt, ist es wichtig, diese – falls möglich – in einer multidisziplinären Gruppe auszuführen, um das fachmännische Können und die Erfahrung aller Akteure (Topmanagement, angestellter Kalkulator und Verwalter) zu bündeln. Diese Zusammenarbeit ist von äußerster Wichtigkeit, um eine möglichst vollständige und relevante Liste von Risiken zu erhalten. Wir möchten darauf hinweisen, dass dieser gemeinschaftliche Ansatz auch im Zusammenhang mit den neuen Verwaltungshilfsmitteln wie BIM (siehe [Les Dossiers du CSTC 2014/2.14](#)) angewandt wird, wobei eine antizipierende und auf Zusammenarbeit beruhende Verwaltung von Bauprojekten angestrebt wird.

Bewertung des Risikoniveaus

Danach muss man das Niveau jedes einzelnen Risikos bewerten, um die kritischsten und die vernachlässigbaren Risiken bestimmen zu können. Diese Bewertung wird mithilfe des **WA-Indikators** angegeben, der anhand der folgenden Parameter berechnet wird:

- der **Wahrscheinlichkeit**, dass das

Risiko auftritt

- der **Auswirkung** des Risikos auf das Projekt, wenn das Risiko auftritt.

Identifikation und Verfolgung der zu unternehmenden Aktionen

Um die Risiken zu beherrschen, können verschiedene Aktionen unternommen werden. Obwohl diese natürlich von Fall zu Fall festzulegen sind, ist es im Großen und Ganzen möglich:

- das Risiko abzulehnen
- das Risiko zu neutralisieren oder zu verringern
- die Risiken mit einer dritten Partei (Versicherungsgesellschaft ...) zu teilen
- das Risiko zu akzeptieren.

Im Hinblick auf eine kontinuierliche Qualitätsverbesserung muss diese Risiko-

analyse, unter Berücksichtigung der bei vorherigen Baustellen erworbenen Erfahrung, nicht nur für jedes neue Projekt, sondern auch auf einer strategischen Ebene, ausgeführt werden: einmal pro Jahr, um die Risiken und die Opportunitäten, die mit dem internen und externen Unternehmenskontext verbunden sind (technisches Wissen, Konkurrenz ...), zu identifizieren.

Die Ausführung einer Risikoanalyse auf einer gegebenen Baustelle versetzt das Unternehmen auch in die Lage, einen deutlich relevanteren und zielgerichteteren Kontrollplan für die Ausführung zu erstellen.

Abteilung Verwaltung und Qualität, WTB

Dieser Artikel wurde im Rahmen der „Opticost“-Untersuchung, mit der finanziellen Unterstützung der Wallonie, verfasst.

C-RISK: Bewertung der identifizierten Risiken und Liste der zu unternehmenden Aktionen

Identification	Analyse		Evaluation	Traitement	
Risques/Opportunités	Probabilité	Gravité	Indicateur PG	Action(s)	Type d'action
Mauvaises conditions du marché (indemnité de retard, clauses,...)	1-Rare	3-Moyen		Pas d'action spécifique prévue	Accepter
Accidents dû à des travaux en hauteur	1-Rare	5-Catastrophique		Mise en place de toolbox meeting	Neutraliser/Diminuer
Accident dû à la manutention d'éléments de grandes portées	3-Possible	5-Catastrophique		Mise en place de toolbox meeting	Neutraliser/Diminuer
Livraisons tardives des éléments préfabriqués	5-Près certain	4-Haut		Ne pas accorder le marché au sous-traitant béton consulté en phase de soumission car mal évalué en terme de respect des délais	Refuser
Risques inhérents à la conservation d'éléments en lamellé-collé dans un climat de chantier	3-Possible	5-Catastrophique		Assurer une protection rapide des poutres par le complexe de toiture	Neutraliser/Diminuer



Das WTB stellt das Risikoanalysetool C-RISK seinen Mitglieder zur Verfügung, mit dem Ziel, die Unternehmen für den Nutzen von Risikoanalysen zu sensibilisieren, eine Liste zur Erleichterung der Identifikation der Risiken, die für das Unternehmen und seine Baustellen charakteristisch sind, vorzuschlagen und ein Hilfsmittel zur Risikobewertung anzubieten. Die Applikation C-RISK ist erhältlich bei der Abteilung Verwaltung und Qualität des WTB (gebe@bbri.be).

WTB-Veröffentlichungen

Technische Informationen

TI 256 ,Conception et mise en œuvre de bâtiments industriels conformes aux exigences de sécurité contre l'incendie'.

WTB-Berichte

Nr. 16 ,Calcul des raidisseurs de vitrines'.

Nr. 17 ,Principes et aspects importants pour le choix de matériaux de construction durables'.

Monographien

Nr. 20 ,Antennes Normes'.

Les Dossiers du CSTC

2015/2.21 ,Tolérances dans la construction: les tolérances sous la loupe'.

2015/2.22 ,Tolérances dans la construction: terminologie'.

2015/2.23 ,Tolérances dans la construction: instruments et méthodologie de contrôle'.

2015/2.24 ,Tolérances dans la construction: combinaison de différentes tolérances'.

2015/2.25 ,Tolérances dans la construction: l'aspect fonctionnel avant tout (Gros œuvre et entreprise générale)'.

2015/2.26 ,Tolérances dans la construction: quid des stagnations? (Étanchéité)'.

2015/2.27 ,Tolérances dans la construction: élégante, mais surtout étanche (Couvertures)'.

2015/2.28 ,Tolérances dans la construction: fonctionnalité et aspect, deux éléments essentiels (Menuiserie)'.

2015/2.29 ,Tolérances dans la construction: toute la lumière sur la réception des vitrages (Vitrerie)'.

2015/2.30 ,Tolérances dans la construction: équilibre entre support et finition (Travaux de plafonnage, de jointoyage et de façade)'.

2015/2.31 ,Tolérances dans la construction: tolérances combinées (Revêtements durs de murs et de sols)'.

2015/2.32 ,Tolérances dans la construction: le support est primordial (Peintures, revêtements souples pour murs et sols)'.

2015/2.33 ,Tolérances dans la construction: de rares tolérances (Plomberie sanitaire et industrielle, installations de gaz)'.

2015/3.9 ,Dimensionnement des cloisons en verre'.

2015/4.5 ,Quel vitrage pour une fenêtre de toiture?'

Publikationen

Die WTB-Veröffentlichungen sind verfügbar:

- auf unserer Website:
 - kostenlos für Auftragnehmer, die Mitglied des WTB sind
 - über den Bezug im Abonnement für die sonstigen Baufachleute (Registrierung unter www.cstc.be)
- in gedruckter Form und auf USB-Stick.

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

Schulungen

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



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

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

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

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

www.wtb.be

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 – Valorisation
- 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