

WTB | Kontakt

EINE AUSGABE DES WISSENSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN BAUZENTRUMS

Shutterstock

2019/5



Recycelte Betongranulate

S. 4-5

Drahtlose Konnektivität

S. 14-17

Extended Reality im Bauwesen

S. 18-19



Inhalt

2019/5

	Veranstaltungen in Hülle und Fülle im November	3
	Beton in der Kreislaufwirtschaft: die Nutzung von recyclierten Granulaten	4
	Die Wichtigkeit von Schwingungsdämpfern in technischen Anlagen.....	6
	Die Wärmeleistungen der Gebäudehülle messen? Bald ist dies möglich!	8
	Kapillaraktive Dämmsysteme: eine innovative Lösung für die Innendämmung?	10
	Drahtlose Konnektivität in Gebäuden und um diese herum: Das ist nicht nur Wi-Fi!	14
	<i>Extended Reality</i> im Bausektor: ein anderer Blick auf Bauprojekte.....	18
	<i>Lean Construction</i> : der Mehrwert für den Kunden, ohne Verschwendungen	20
	Im Fokus	22

Veranstaltungen in Hülle und Fülle im November

Die letzte Novemberwoche wird durch zahlreiche geplante Veranstaltungen gekennzeichnet sein. So arbeiten wir jetzt intensiv an den Vorbereitungen von drei großen sektoralen Messen: **Install Day**, la **Journée du Parachèvement** und **Belgian Roof Day**. Traditionell organisiert die Confédération Construction diese Messen in den geräumigen Hallen des Brussels Kart Expo-Geländes in Groot-Bijgaarden. Sie werden, über 9.300 m² verteilt, zahlreiche neue Produkte entdecken können.

Diese Messen stellen für uns eine einzigartige Gelegenheit dar, eine große Anzahl von Unternehmen aus dem **Sektor der technischen Anlagen**, dem **Ausbausektor** und dem **Dachsektor** zu treffen. So erschienen im vergangenen Jahr anlässlich dieser Messen wohlgermerkt 10.000 Besucher.

Auch unsere Mitarbeiter werden dort in großer Zahl anwesend sein, um Ihre Fragen zu beantworten und zum einen unsere Dienste und zum anderen unsere diesbezüglichen neuesten Veröffentlichungen vorzustellen. Sie werden nicht nur die neuen **TIs 269** und **270** im Zusammenhang mit den Parkettböden und dem Regenwasserabfluss entdecken können, sondern auch die **TI 266** über die Metall-Dachdeckungen und Fassadenverkleidungen mit Stehfalzen und die **TI 265** über die Ableitung von Abwasser.

Notieren Sie inzwischen die folgenden Daten in Ihrem Terminkalender: den **22. November** für den Install Day, den **26. November** für la Journée du Parachèvement und den **29. November** für den Belgian Roof Day. Die Teilnahme und die Versorgung mit Speisen und Getränken sind kostenlos, aber Sie müssen sich im Voraus online anmelden. Weitere Informationen finden Sie in der Rubrik ‚Agenda‘ unter www.cstc.be.

Hoffentlich bis bald!



Beton in der Kreislaufwirtschaft: die Nutzung von recycelten Granulaten

Die Kreislaufwirtschaft, bei der Produkte und Materialien möglichst lang ihren Wert behalten, eröffnet auch für Beton neue Möglichkeiten. So kann man Granulate, die aus dem Bauschutt und Abbruchmaterial stammen, recyceln und im Beton wiederverwenden. In den letzten Jahren wurden diesbezüglich verschiedene pränormative Studien und Forschungsprojekte durchgeführt.

B. Dooms, Ir., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Betontechnologie, WTB

J. Vrijders, Ir., Leiter des Laboratoriums Nachhaltige und zirkuläre Lösungen, WTB

L. Kupers, Ir., Projektleiter, Laboratorium Betontechnologie, WTB



WTB

Recycelte Betongranulate

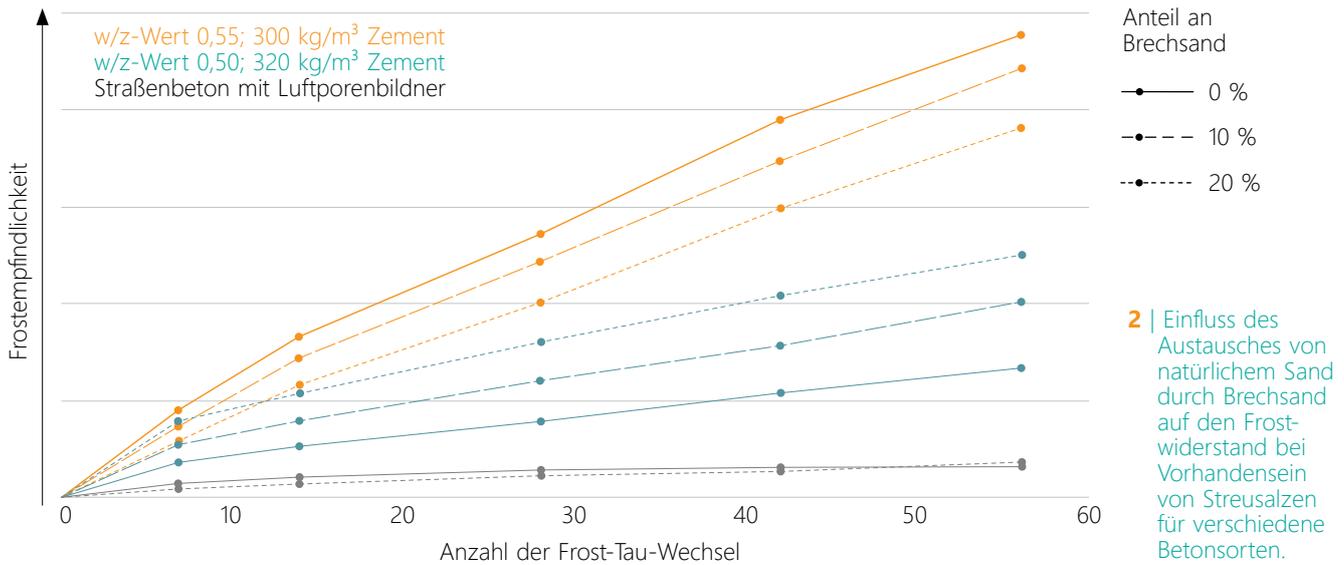
Recycelte Betongranulate sind aus natürlichen Granulaten und einer beigefügten Zementpaste zusammengesetzt (siehe Abbildung 1). Diese Paste sorgt für eine größere Wasseraufnahme als im Falle der Nutzung von natürlichen Granulaten. Um diese Wasseraufnahme zu kompensieren, wird den Betonmischungen zusätzliches Wasser hinzugefügt. Wenn die tatsächliche Wasseraufnahme jedoch bezüglich der Menge falsch eingeschätzt wird, erhält man entweder einen Mangel oder einen Überschuss an ‚freiem‘ Wasser im Beton. Da dieses Wasser einen direkten Einfluss auf den Wasserzementwert des Betons hat, der wiederum in hohem Maße für die Konsistenz, die mechanische Festigkeit und die Dauerhaftigkeit des Materials ausschlaggebend ist, ist es von äußerster Wichtigkeit, die Wasserbilanz möglichst gut im Griff zu haben.

Das WTB, das CRIC-OCCN und das CRR haben eine pränormative Studie bezüglich der Nutzung von recycelten Granulaten in Beton durchgeführt. Während dieser Studie, die den Namen RecyBeton erhielt, wurden verschiedene Typen von Betongranulaten charakterisiert. Zudem wurde die Diversität ihrer Eigenschaften untersucht. Es konnte daraus gefolgert werden, dass die Granulaten, die aus belgischen Recyclingwegen stammen, im Allgemeinen von guter Qualität sind und in den meisten Fällen den Anforderungen der belgischen Betonnorm NBN B 15-001 genügen.

Es wurde auch untersucht, inwieweit sich die **Konsistenz des Frischbetons** ändert, wenn man 30 % der natürlichen Kalksteingranulate durch recycelte Betongranulate ersetzt. Dabei ließ sich feststellen, dass der Einsatz von recycelten Betongranulaten und deren Feuchtigkeitsgehalt keine signifikante Auswirkung auf den Erhalt der Konsistenz über die Zeit haben. Es stellte sich dagegen heraus, dass der verwendete Superplastifizierertyp schon einen großen Einfluss hat.

Obwohl die Verwendung von recycelten Granulaten im Allgemeinen zu einer Verringerung der Druckfestigkeit des

1 | Recycelte Betongranulate.



so angemachten Betons führt, wird dieser doch in ausreichendem Maße den Festigkeitsanforderungen genügen. Die Studie ergibt ferner, dass das Vorhandensein dieser Granulate keine Auswirkung auf die Schwindung und das Kriechen des Betons hat.

Was die **Dauerhaftigkeit** des Betons betrifft, stellt man fest, dass der eingesetzte Zementtyp einen viel größeren Einfluss hat als die Verwendung von recycelten Betongranulaten.

Dank der Ergebnisse dieser pränormativen Studie konnte das Anwendungsgebiet von recycelten Granulaten in Beton erweitert und die belgische Norm NBN B 15-001 von 2018 entsprechend angepasst werden (siehe [Les Dossiers du CSTC 2017/3.15](#)). Zu diesem Thema wurde kürzlich eine WTB-Monographie veröffentlicht (siehe [Monographie Nr. 32](#)).

Recycelte Mischgranulate

Recycelte Mischgranulate enthalten neben Betonbruch auch Ziegelschutt. Das Risiko in Bezug auf vorhandene Verunreinigungen, z.B. in Form von Holz, Kunststoff oder Gipsrückständen, ist außerdem größer als bei Betongranulaten. Die Verwendung dieser Granulate wird in der pränormativen Studie RecyBeton ebenfalls untersucht.

Diese Studie ergab, dass ein Austauschanteil bis 50 % keinen signifikanten Einfluss auf den **Erhalt der Konsistenz** des Frischbetons über die Zeit hat. In Abhängigkeit des Austauschanteils führt die Verwendung von Mischgranulaten in der Regel zu einer Verringerung der **Druck-** und **Biegezugfestigkeit**. Was die **Beständigkeit gegen Karbonatisierung** betrifft, hat der Einsatz von Mischgranulaten im Beton nur einen begrenzten Einfluss.

Recycelte Feingranulate

Obwohl die Verwendung von recycelten Feingranulaten

oder Brechsand in Beton gemäß den belgischen Referenzdokumenten bis jetzt nicht zugelassen ist, wurde im Sand2Sand-Projekt bereits dessen Anwendung untersucht. Hierbei ist anzumerken, dass die Betonmischungen bei den beteiligten Herstellern selbst mit ihren eigenen Rohstoffen angemacht wurden, dass der Austauschanteil bis 30 % begrenzt blieb und dass nur eine geringe Anzahl von Proben ausgeführt wurden.

Aus diesem Projekt ergab sich, dass der Einsatz von Brechsand keinen deutlichen Einfluss auf die **Druckfestigkeit** und die **Beständigkeit gegen Karbonatisierung** des Betons hat und dass sich der Frostwiderstand manchmal erhöht und manchmal verringert (siehe Abbildung 2). Im Allgemeinen lässt sich feststellen, dass die eigentliche Betonzusammensetzung (Wasserzementwert, Zementgehalt, Luftporenbildner) sich stärker als die Verwendung von Brechsand auswirkt.

Zukunftsperspektiven

Die Ergebnisse der verschiedenen Projekte geben bereits einen Ansatz für die weitere Ausdehnung des Anwendungsbereichs von recycelten Granulaten.

Daneben sind noch andere Technologien auf dem Vormarsch, um die Umweltauswirkung zu verringern und/oder den Betonkreislauf zu optimieren, wie z.B. alternative Bindemittel (z.B. Geopolymere), ‚selbstheilender‘ Beton und die Wiederverwendung von Betonelementen. Das WTB verfolgt diese Innovationen im Rahmen des Circular.Concrete-Projekts und betreut interessierte Parteien bei deren Anwendung in der Praxis. Für weitere Informationen über dieses Projekt weisen wir auf der Website www.circular-concrete.be. ◆

Dieser Artikel wurde verfasst im Rahmen der Projekte Circular.Concrete und Sand2Sand, mit finanziellem Zuschuss der VLAIO, und der Normen-Außenstelle ‚Beton-Mörtel-Granulate‘, mit finanziellem Zuschuss des FÖD Wirtschaft.



Die Wichtigkeit von Schwingungsdämpfern in technischen Anlagen

Dadurch, dass technische Anlagen die Gebäudestruktur in Schwingungen versetzen, können sie eine Lärmbelastung verursachen. Dieses Problem lässt sich beseitigen, indem wirksame Schwingungsdämpfer vorgesehen werden. Entdecken Sie in diesem Artikel alles, was man diesbezüglich wissen muss.

L. De Geetere, Dr. Ir., Leiter der Abteilung Akustik, Fassaden und Schreinerarbeit, WTB

Geräusche von technischen Anlagen

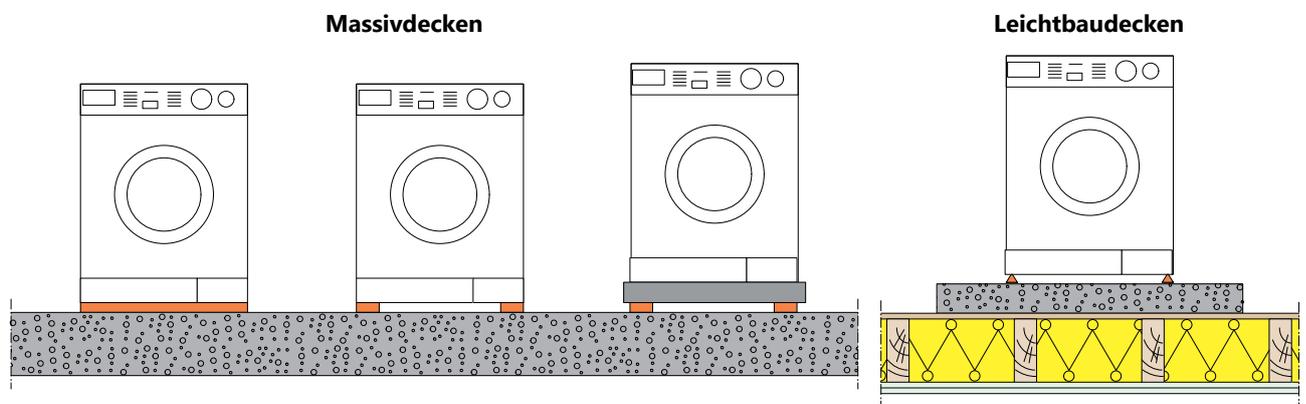
Technische Anlagen in Gebäuden verursachen dadurch eine Lärmbelastung, dass sie in dem jeweiligen Raum, in dem sie aufgestellt sind, Schall abstrahlen. Diese Belästigung kann reduziert werden, indem der **Technikraum ausreichend isoliert** und gegebenenfalls um die Anlage herum eine **zusätzliche schalldämmende Kapselung** vorgesehen wird.

Außerdem leiten diese Anlagen über ihre Befestigungs- oder Auflagerpunkte auch Schwingungen an die Bauelemente weiter. Diese häufig stärkeren Schwingungen pflanzen sich wiederum über die Gebäudestruktur fort und können in weiter entfernt gelegene Räume abgestrahlt werden, wo sie als störend erlebt werden können.

Schwingungsentkopplung auf Geschossdecken

Relativ schwere Anlagen (z.B. Wärmepumpen, Zentralheizungsanlagen, Kühlanlagen, Lüftungsaggregate, Waschmaschinen und Wäschetrockner) werden häufig in Technikräumen oder Abstellräumen aufgestellt. Diese Anlagen müssen auf eine möglichst schwere Deckenkonstruktion gestellt werden (vorzugsweise mindestens 400 kg/m^2 für individuelle Anlagen und proportional höher für schwerere gemeinschaftliche Anlagen).

Zur Reduzierung der an die Deckenkonstruktion weitergeleiteten Schwingungen muss man Schwingungsdämpfer anwenden. Diese bestehen im Allgemeinen aus **Matten oder Platten**, die **aus elastischen Materialien** wie z.B. (synthetischem) Kautschuk hergestellt sind. Die Verwendung von



1 | Verschiedene Arten der Schwingungsdämpfung für Massivdecken (mit zunehmendem Grad der Wirksamkeit) und für Leichtbaudecken.



2 | Elastische Entkopplung einer Sanitärabflussleitung, die an einer Holzskelettwand mit einer lokalen Betonbeschwe- rung befestigt ist.

Kork oder faserartigen Materialien ist in der Regel weniger geeignet, da solche Materialien zu steif sind. Man kann auch **glockenförmige Dämpfer** nutzen, die aus Stahl mit daran angebrachtem Gummi aufgebaut sind. Bei schweren Anlagen entscheidet man sich häufig für **Stahlfedern oder sogar Luftfederbälge**.

Eine zusätzliche Lösung besteht darin, die Anlage auf einen **schweren Sockel** zu stellen (dessen Masse vorzugsweise mindestens dreimal so groß wie die Masse der Anlage ist). Bei Leichtbaudecken ist dies sogar erforderlich (siehe Abbildung 1 auf der vorherigen Seite).

Die **Betriebsfrequenz** einer Anlage mit einem drehenden Teil (z.B. Motor, Pumpe, Kompressor oder Trommel) beträgt ein Sechzigstel ($1/60$) der Drehzahl (in Umdrehungen/min). Die Schwingungen, die an die Deckenkonstruktion weiter-

geleitet werden und die eine Lärmbelastigung verursachen können, weisen hauptsächlich diese Frequenz (und Vielfache von ihr) auf.

Die weitergeleiteten Schwingungen werden umso mehr abnehmen, je niedriger die **Resonanzfrequenz** des Anlagen-Dämpfer-Deckensystems bezogen auf die Betriebsfrequenz der Anlage ist. Dies lässt sich bewerkstelligen, und zwar durch:

- Nutzung von elastischeren Dämpfern
- Vergrößern der Dämpferdicke
- Verkleinern der Kontaktfläche zwischen dem Dämpfer und der Deckenkonstruktion
- Erhöhen der Masse der Deckenkonstruktion, des Sockels und/oder der Anlage.

In der Regel muss die Resonanzfrequenz mindestens um den Faktor drei kleiner sein als die Betriebsfrequenz (siehe Rechenbeispiel im nachstehenden Kasten).

Man muss auch vermeiden, dass der Schall noch durch die Wechselwirkung zwischen dem Anlagen-Dämpfer-Deckensystem und der Deckenkonstruktion verstärkt wird. Dazu muss die Letztere ausreichend biegesteif sein. Dies ist dann der Fall, wenn ihre **Eigenfrequenzen** mindestens gleich dem Dreifachen der Resonanzfrequenz des Systems sind.

Die Wahl des Schwingungsdämpfers ist hauptsächlich bei leichten Bauelementen (z.B. Holzgeschosdecken) und/oder niedrigen Drehzahlen besonders kritisch. In solchen Fällen muss man eine genaue Berechnung von einem spezialisierten Planungsbüro durchführen lassen.

Schwingungsentkoppelnde Aufhängung

Leichtere Anlagen (z.B. Wasserzu- und -abflussleitungen, Sanitäreinrichtungen, automatische Garagentore und Aufzugsführungen) werden häufig an der Gebäudestruktur aufgehängt. Auch hier gilt, dass diese am besten so elastisch wie möglich an einer möglichst schweren Tragwand (mindestens 200 kg/m^2) befestigt werden. Bei leichten Bausystemen ist es erforderlich, die Tragwand lokal zu beschweren (siehe Abbildung 2). ◆

Dieser Artikel wurde im Rahmen des Technologischen Beratungsdienstes C-Tech verfasst, der von InnovIRIS bezuschusst wird.

Rechenbeispiel

Wir gehen von einer Waschmaschine mit einer Masse (m) von 70 kg aus, die mit $1.500 \text{ Umdrehungen/min}$ betrieben wird (Betriebsfrequenz = $1.500/60 = 25 \text{ Hz}$). Diese Maschine steht auf einer Betongeschosdecke, die bedeckt ist mit einer elastischen Matte mit einer Fläche (S) von $60 \times 60 \text{ cm}^2$, einer Dicke (d) von 4 cm und einem (dynamischen) Elastizitätsmodul (E) von 2 MN/m^2 . In dem Fall beträgt die Resonanzfrequenz 81 Hz ($f_{\text{res}} = 1/2 \pi \sqrt{ES/dm}$). Falls man sich dagegen für vier elastische Platten mit einer Fläche von $5 \times 5 \text{ cm}^2$ entschieden hat, ergibt sich stattdessen ein Wert von 13 Hz . Wenn man dann noch einen zusätzlichen Sockel von 120 kg vorsieht, erhält man als Wert 8 Hz ($< 1/3$ der Betriebsfrequenz). Bei einer Holzgeschosdecke lässt sich dieselbe Resonanzfrequenz erhalten, indem man einen Sockel von 120 kg und vier glockenförmige Dämpfer mit einer Steifigkeit (k) von 30 kN/m nutzt ($f_{\text{res}} = 1/2 \pi \sqrt{4k(1/m + 1/m_{\text{Sockel}})}$).



Die Wärmeleistungen der Gebäudehülle messen? Bald ist dies möglich!

Durch das Messen der Wärmeleistungen der Gebäudehülle könnte man die tatsächliche Auswirkung von bestimmten Entwurfs- oder Ausführungsentscheidungen besser bewerten und außerdem die zu beachtenden Punkte ermitteln, mit denen sich die realen Wärmeleistungen von Gebäuden verbessern ließen. Angesichts der vielen Anwendungsmöglichkeiten läuft gegenwärtig eine Untersuchung, um eine zuverlässige Messmethode zu entwickeln, die sich im großen Maßstab anwenden lässt.

J. Deltour, Ir., Projektleiter, Laboratorium Energieeigenschaften, WTB

Warum diese Messung vornehmen?

Auf Basis der während der Entwurfsphase bewerteten Energieleistungen kann man einen sogenannten theoretischen Verbrauch berechnen. Nachdem das Gebäude abgenommen wurde und bewohnt ist, wird dieser **theoretische Verbrauch** häufig mit dem **gemessenen Verbrauch** verglichen. Dieser Vergleich kann jedoch durch verschiedene Faktoren verfälscht werden, nämlich durch:

- die tatsächliche Nutzung des Gebäudes und das wirklich vorliegende Klima (wenn sie von den für die Berechnungen verwendeten Hypothesen abweichen)
- die Qualität der Ausführung
- die Einstellung und die Instandhaltung der Systeme.

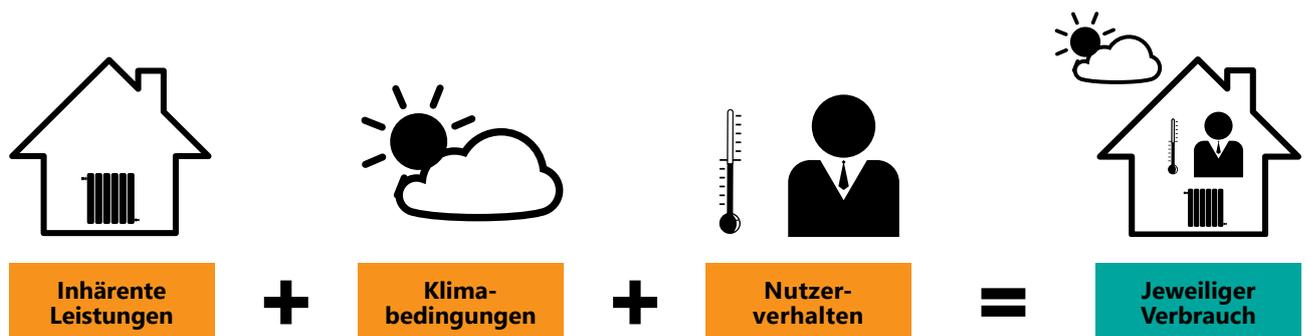
Da es die Absicht ist, nicht nur den theoretischen Verbrauch, sondern vor allem auch den tatsächlichen Energieverbrauch zu verringern, kann es sich als sehr nützlich erweisen, die inhärenten Eigenschaften des Gebäudes zu messen (Gebäudehülle, entweder alleine oder in Kombina-

tion mit den Systemen), also die Leistungen unabhängig von dem Klima und seiner Nutzung durch die Bewohner zu messen.

Der **Wärmeverlustkoeffizient** ist der Indikator, der aus der Messung der Wärmeleistungen der Gebäudehülle hervorgeht. Dieser Koeffizient berücksichtigt die Wärmeverluste durch Transmission (über die Wände) und Infiltration (über die Luftlecks).

Durch diese Messung ergeben sich zahlreiche Vorteile, denn sie kann:

- den Baufachleuten helfen, die Auswirkung von bestimmten Entscheidungen (in Bezug auf Entwurf und Ausführung) besser zu bewerten
- einen Hinweis über die Qualität der ausgeführten Arbeit liefern, was das Vertrauen zwischen den Bauherren und den Bauunternehmen steigern kann
- längerfristig die Leistungen, unabhängig von dem Verhalten der Nutzer, garantieren.





Welches Prüfprotokoll muss eingehalten werden?

Heute lässt sich der Wärmeverlustkoeffizient durch die Anwendung des Protokolls der **klassischen Co-Heating-Prüfung** erhalten. Diese Prüfung besteht darin, die Innentemperatur des Gebäudes – mithilfe eines für die Prüfung charakteristischen elektrischen Heizungssystems – auf ungefähr 25 °C zu halten und einen Unterschied von mindestens 10 °C bezogen auf die Außentemperatur sicherzustellen.

Um ein zuverlässiges und reproduzierbares Ergebnis zu gewährleisten, muss die Prüfung in einem leerstehenden Gebäude während eines Zeitraums von etwa fünfzehn Tagen der Heizperiode durchgeführt werden, das heißt, wenn nur wenig Sonneneinstrahlung vorhanden ist. Die Grundprinzipien der *Co-Heating-Prüfung* werden in einem kurzen Video erläutert, das Sie entdecken können, indem Sie den QR-Code im vorstehenden Kasten scannen.

Um diese Messmethode nach einer gewissen Zeit normieren zu können, wird gegenwärtig ein Normentwurf ausgearbeitet. Aus einer ersten Studie geht hervor, dass die Unsicherheit bezüglich des Ergebnisses, wenn das komplette Protokoll eingehalten wird, ungefähr 15 % beträgt.

Welche Verbesserungsansätze gibt es?

Um das Anwendungsgebiet dieser Messmethode möglichst groß zu machen, werden momentan verschiedene Verbesserungsansätze untersucht:

- die Verringerung der Prüfdauer (dynamisches *Co-Heating*)
- die Verwendung des gebäudeeigenen Heizungssystems (integriertes *Co-Heating*, siehe oben erwähntes Video)
- der Einsatz von vernetzten und drahtlosen Messgeräten
- die von der Jahreszeit unabhängige Ausführung von Messungen.

An welchen Aspekten wird zurzeit geforscht?

Es wird beachtlich viel Forschungsarbeit betrieben, um sich diesen Herausforderungen stellen zu können. So untersuchen das WTB und die KU Leuven im Rahmen des CoDyNi-Projekts die Möglichkeiten, die Prüfdauer zu verringern (dynamisches *Co-Heating*). Zwei Ansätze werden gegenwärtig in Erwägung gezogen:

- die Messbedingungen dadurch variieren zu lassen, dass man das Heizungssystem Ein- und Ausschaltzyklen durchlaufen lässt (anstatt eine Innentemperatur auf 25 °C festzulegen)
- die Anwendung von fortgeschrittenen Datenanalysemethoden.

Vor allem die Kombination dieser zwei Ansätze erweist sich als sehr interessant, da sich dadurch **die Prüfdauer auf**

Erläuterung per Video



Indem Sie diesen QR-Code mithilfe der Kamera Ihres Smartphones oder einer speziell dafür vorgesehenen Applikation scannen, entdecken Sie ein kurzes Video über die *Co-Heating-Prüfung*. Dieses Video wurde im Rahmen des CoDyNi-Projekts realisiert, das von dem FÖD Wirtschaft und dem NBN bezuschusst wird.

4 Tage verringern ließe (anstelle von 15 für eine klassische *Co-Heating-Prüfung*).

Obwohl die ersten Ergebnisse vielversprechend erscheinen, sind die dynamischen *Co-Heating-Prüfungen* noch nicht normiert. Darüber hinaus hängt die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse noch stark von der Datenanalyse ab. Diese erfordert jedoch einen hohen Grad an Sachkenntnis der ‚Operateure‘.

Ungeachtet der untersuchten Verbesserungsansätze liegt das Ziel unserer Forschung darauf:

- einerseits die verschiedenen Messprotokolle für alle *Co-Heating*-Typen (klassisch, dynamisch, integriert ...) festzulegen
- andererseits den erforderlichen Sachkenntnisgrad der zukünftigen Operateure so weit wie möglich zu verringern, ohne dabei die Zuverlässigkeit des Ergebnisses zu beeinträchtigen.

Schlussfolgerung

Um die *Co-Heating-Prüfungen* im großen Maßstab anwendbar zu machen, muss man **die richtige Balance finden zwischen den Kosten für die Prüfung, deren Dauer und der Zuverlässigkeit des Ergebnisses**.

Da diese Art von Messungen momentan noch nicht ganz ausgereift ist, ist es nicht ratsam, sie in ihrer heutigen Form zu verallgemeinern. Die Durchführung von solchen Messungen an einer großen Zahl von Gebäuden kann jedoch durchaus für ein Erfahrungs-Feedback gut sein.

Daraus werden sich sicherlich Lehren ziehen lassen, nicht nur bezüglich der Anwendbarkeit der Messung, sondern vor allem auch hinsichtlich der Verwendung der Ergebnisse zur Verbesserung der Rechenverfahren oder zur Identifizierung von wichtigen, bei der Durchführung zu beachtenden Punkten.

Sind Sie an einer solchen Messung interessiert und möchten Sie Ihren Teil zu unserer diesbezüglichen Forschung beisteuern? Dann zögern Sie nicht mit uns Kontakt aufzunehmen, um gegebenenfalls eines dieser Prüfprotokolle in der Praxis zu erproben. 

Dieser Artikel wurde im Rahmen des CoDyNi-Projekts verfasst, das von dem FÖD Wirtschaft und dem NBN bezuschusst wird.



Kapillaraktive Dämmsysteme: eine innovative Lösung für die Innendämmung?

In der letzten Zeit werden immer häufiger kapillaraktive Systeme eingesetzt, um die Wände längs der Innenseite zu dämmen. Aber nach welchem Prinzip arbeiten diese Systeme eigentlich? Und welche Vorteile bieten sie gegenüber den traditionellen Innendämmsystemen?

T. De Mets, Ir., Projektleiter, Laboratorium Hygrothermik, WTB
A. Tilmans, Ir., Leiter des Laboratoriums Hygrothermik, WTB
E. Vereecken, Abteilung Bauphysik, KU Leuven
S. Roels, Abteilung Bauphysik, KU Leuven

Bevor man eine bestehende Wand längs der Innenseite dämmen kann, muss man eine gründliche Diagnose stellen (siehe [Les Dossiers du CSTC 2012/4.16](#)) und ein geeignetes System auswählen und dimensionieren (siehe [Les Dossiers du CSTC 2013/2.4](#)). Dabei ist der Ausführung und insbesondere den Baudetails eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken, damit Wärmebrücken vermieden oder zumindest begrenzt werden (siehe [Les Dossiers du CSTC 2017/3.12](#)). Während die oben erwähnten Artikel nur die traditionellen Dämmsysteme mit Dampfspererschicht behandelten, geht dieser Artikel näher auf die sogenannten kapillaraktiven Dämmsysteme ein.

Was sind kapillaraktive Dämmsysteme?

Zum Vermeiden der inneren Kondensation wird bei den traditionellen Innendämmsystemen eine **Dampfspererschicht** vorgesehen (siehe Abbildung 1 auf der nächsten Seite). Diese besteht entweder aus dem eigentlichen Dämmstoff oder aus einer Dampfsperre, die an der warmen Seite der

Dämmung angebracht wird. Diese erhöhte Dampfdichtheit hat jedoch zur Folge, dass eine (z.B. durch Regen) feuchte Wand langsamer trocknen wird.

Kapillaraktive Systeme sind dagegen **dampfdurchlässig** und verhindern nicht die Kondensation, sondern speichern vorübergehend die Feuchtigkeit und verteilen sie, dank des Kapillarvermögens des Materials, auf der warmen Seite der Dämmung erneut (siehe Abbildung 1 auf der nächsten Seite). Dadurch muss keine durchgängige dampfdichte Schicht vorhanden sein (obwohl natürlich nicht außer Acht zu lassen ist, dass die Luftdichtheit dieser Systeme immer gewährleistet sein muss). Kapillaraktive Systeme haben den Vorteil, dass sie die Trocknung von feuchten Wänden dadurch erleichtern, dass der Dampf zur Innenseite der Räume wandern kann. Das steht dem Sachverhalt gegenüber, dass ihr Dämmwert in der Regel weniger günstig ist (Wärmeleitkoeffizient λ zwischen 0,043 und 0,065 W/mK) als jener der traditionellen Systeme (λ -Wert gewöhnlich kleiner als 0,04 W/mK). Folglich muss für den gleichen Wärmewiderstand eine dickere Dämmung angebracht werden.

Kapillaraktive Dämmsysteme speichern vorübergehend die Feuchtigkeit und verteilen sie, dank des Kapillarvermögens des Materials, auf der warmen Seite der Dämmung erneut.

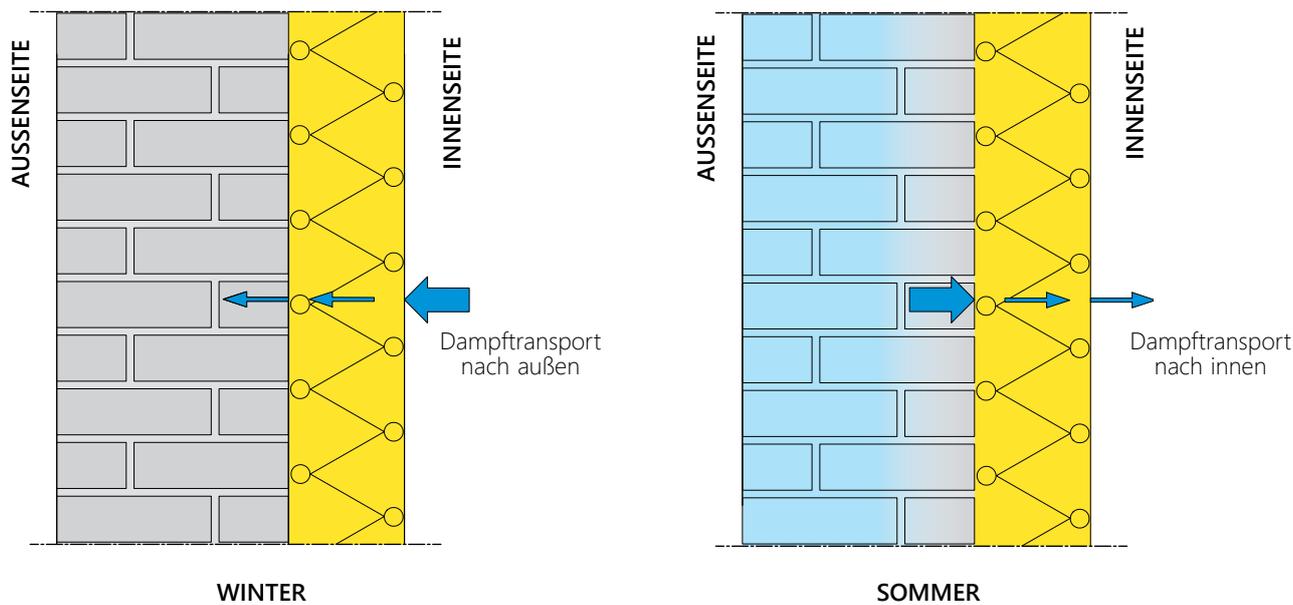
Welche Materialien sind kapillaraktiv?

Es gibt viele unterschiedliche Typen von kapillaraktiven Dämmstoffen, wie z.B.:

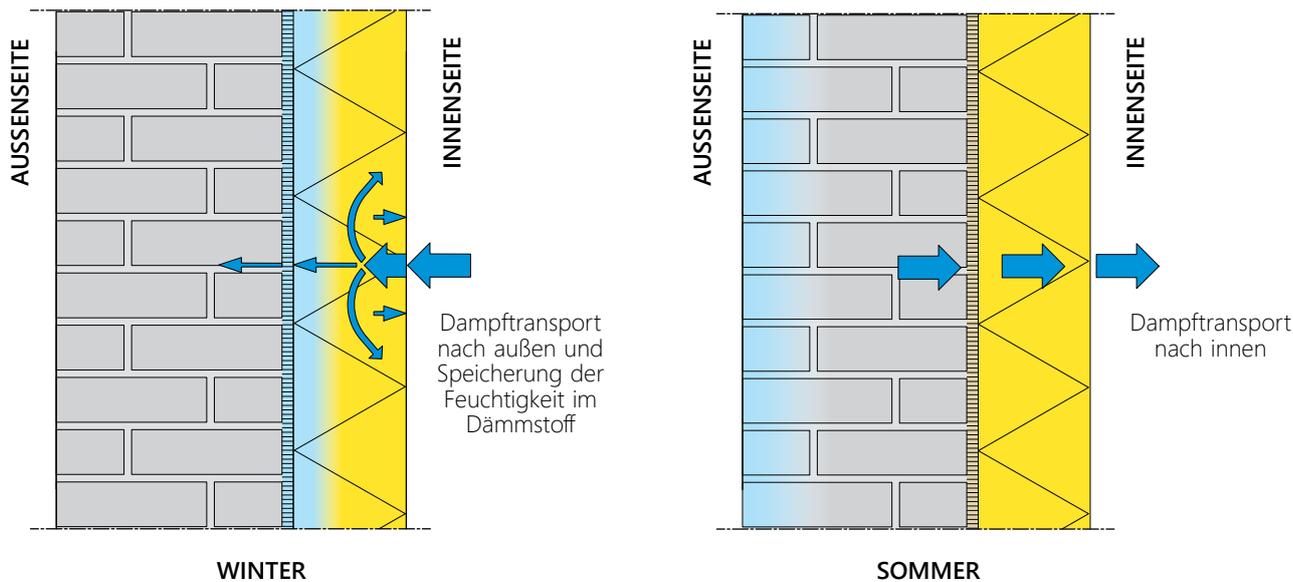
- Mineralplatten auf Basis von Zellenbeton (siehe Abbildung 2 auf der nächsten Seite) oder Perlit
- Dämmung aus Calciumsilicat
- Holzfaser-Dämmung.

Es gibt jedoch auch Materialien, die vom Hersteller als kapillaraktiv präsentiert werden, dies aber nicht sind. So sind einige dieser Materialien eher dampfsperrend als dampfdurchlässig und andere verfügen nur in einem begrenzten Maße über ein Kapillarvermögen. Man muss daher stets anhand der Produktmerkmale überprüfen, ob das betreffende Material tatsächlich eine Trocknung gestattet und eine Feuchtigkeitsansammlung vermeidet.

Traditionelles dampfsperrendes Innendämmsystem



Kapillaraktives Innendämmsystem



1 | Vergleich zwischen einem traditionellen dampfsperrenden Innendämmsystem und einem kapillaraktiven Innendämmsystem (links: Wintersituation mit Dampfdiffusion von innen nach außen, rechts: Sommersituation mit Dampfdiffusion von außen nach innen).



Unterliegt die Ausführung besonderen Anforderungen?

Kapillaraktive Materialien müssen immer mit einem geeigneten Mörtel (der im Allgemeinen beim gleichen Hersteller erhältlich ist) vollflächig an die Wand geklebt werden. Dies bedeutet, dass solche Systeme nur ausgeführt werden dürfen, wenn der Untergrund über eine ausreichende Festigkeit verfügt und ausreichend eben ist.

Da es sich um dampfdurchlässige Materialien handelt, muss auch die neue Innenverkleidung dampfdurchlässig

sein (z.B. zu einer maximalen Dampfdichtheitsklasse V1 für Anstriche gehören). Denn eine dampfsperrende Verkleidung kann zu einem erheblich höheren Feuchtigkeitsgehalt im Mauerwerk und in der Dämmung führen.

Wie verhält sich ein kapillaraktives System?

Eine Wand mit einer Innendämmung schließt mehr Feuchtigkeit ein als eine Wand ohne Dämmung. Dieser Effekt ist bei einem kapillaraktiven System jedoch weniger ausgeprägt als bei einem traditionellen System. So wird eine Wand

2 | Kapillaraktives Dämmsystem auf Basis von Zellenbeton.



Kapillaraktive Dämmsysteme haben den Vorteil, dass sie die Trocknung von feuchten Wänden nach innen zulassen.

mit einer kapillaraktiven Innendämmung, wenn sie einem starken Schlagregen ausgesetzt ist, im Mittel 18 % mehr Feuchtigkeit enthalten als eine nicht gedämmte Wand. Bei traditionellen Systemen kann der Wert sogar 62 % betragen (siehe Abbildung 3). Dadurch besteht ein höheres Risiko in Bezug auf Frostschäden und den Angriff der in der Wand eingearbeiteten Holzdeckenbalken. Diese Unterschiede werden jedoch beträchtlich kleiner, wenn die Wand weniger Regenwasser aufnimmt.

Dadurch, dass die kapillaraktiven Materialien die Feuchtigkeit vorübergehend speichern, vermindern sich ihre Wärmeleistungen. So sinkt der Gesamtdämmwert der Wand unter normalen Bedingungen (relative Feuchtigkeit von 50 %) um 10 %. Bei den traditionellen Systemen hat das Vorhandensein von Feuchtigkeit dagegen (fast) keine Auswirkung auf die Wärmeleistungen.

Im Falle von einer Feuchtigkeitsinfiltration durch die Wand hindurch (z.B. als Folge von Regenwasserinfiltration), wird

im Allgemeinen von der Anwendung einer Innendämmung abgeraten, da der Feuchtigkeitsgehalt in der Wand noch zunehmen und bei kapillaraktiven Dämmsystemen sogar Feuchtigkeit nach innen transportiert werden könnte.

Eine gute Lösung?

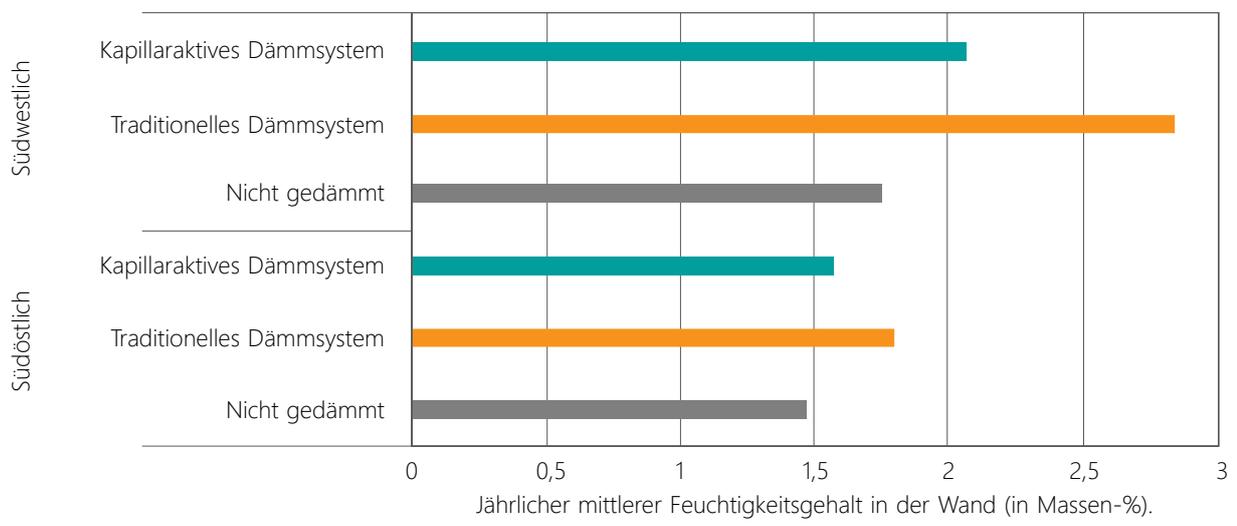
Kapillaraktive Dämmsysteme haben den Vorteil, dass sie ohne Dampfsperre angebracht werden können und die Trocknung von feuchten Wänden nach innen zulassen. Ihre Wärmeleistungen sind dagegen etwas kleiner als jene von traditionellen Systemen. Außerdem wird davon abgeraten, diese kapillaraktiven Systeme mit einer dampfsperrenden Innenverkleidung zu versehen und sie auszuführen, wenn Feuchtigkeitsinfiltrationen auftreten können. 

Dieser Artikel wurde verfasst im Rahmen von C-Tech, bezuschusst von InnovIRIS, und dem Projekt IN2EuroBuild, bezuschusst von dem Service public de Wallonie.

Vergleich des Feuchtigkeitsgehalts

Zum Untersuchen des hygrothermischen Verhaltens der Dämmsysteme haben wir den Feuchtigkeitsgehalt von drei verschiedenen Wänden verglichen. Dabei wurde von drei 40 cm dicken Mauerwerkswänden ausgegangen, wovon die erste nicht gedämmt war, die zweite längs der Innenseite mit einem traditionellen System aus XPS gedämmt war und die dritte längs der Innenseite mit einem kapillaraktiven System aus Calciumsilicat gedämmt war. Beide Dämmsysteme weisen einen Wärmewiderstand von 2 m²K/W auf.

Darüber hinaus wurde eine Wand jeweils mit südöstlicher und südwestlicher Orientierung berücksichtigt, um den Einfluss des Regens zu untersuchen. Dadurch, dass der Wind in unseren Regionen hauptsächlich aus dem Südwesten kommt, sind Wände mit einer solchen Orientierung dem starken Schlagregen mehr ausgesetzt. Eine Wand mit einer südöstlichen Orientierung wird ungefähr die Hälfte weniger an Regen auffangen.



3 | Vergleich des Feuchtigkeitsgehalt von drei verschiedenen Wänden.



Drahtlose Konnektivität in Gebäuden und um diese herum: Das ist nicht nur Wi-Fi!

Die drahtlose Konnektivität, also das drahtlose Verbinden von Objekten, spielt bei der Digitalisierung von Gebäuden eine wichtige Rolle. So können sich drahtlose Anwendungen nicht nur während der Nutzungsphase eines Gebäudes, sondern auch schon während dessen Bauphase als nützlich erweisen. Ziel dieses Artikels ist es, ein besseres Verständnis für die Welt der drahtlosen Konnektivität zu ermöglichen und aufzuzeigen, wie diese dem Gebäude und dem Bauunternehmer von Nutzen sein kann.

R. Delvaeye, Ing., Projektleiter, Laboratorium Nachhaltige und zirkuläre Lösungen, WTB

1 Ist drahtlos eine vollwertige Alternative?

Obwohl häufig noch eine gewisse Zurückhaltung im Zusammenhang mit der Nutzung von drahtlosen Technologien im Bauwesen besteht, haben sie doch gegenüber drahtgebundenen Systemen einige wichtige Vorteile. So sind drahtlose Lösungen viel **mobiler**: Das vernetzte Objekt kann an einem Ort installiert und – sofern die Reichweite des Signals dies gestattet – verlagert werden. Außerdem **lässt sich** ein drahtloses Netzwerk in der Regel **leichter erweitern**. Denn dazu müssen keine Datenkabel verlegt oder zusätzliche Kabel gezogen werden. Auch das Herstellen von Wandschlitz für Kabel kann dadurch vermieden werden. Obwohl etwas Affinität zu EDV-Systemen, wie z.B. Computern und Smartphones durchaus erforderlich ist, reicht ein begrenztes Verständnis der Grundprinzipien häufig aus, um die notwendigen Anpassungen durchführen zu können. Ein anderer wichtiger Vorteil von drahtlosen Technologien ist, dass der Nutzer seine **Systeme einfach direkt überwachen** und/oder mithilfe eines mobilen Geräts (z.B. eines Smartphones) verwalten kann.

Video-Türklingeln und Überwachungskameras, funktionieren häufig mithilfe des Wi-Fi-Protokolls.

Neben Wi-Fi gibt es noch Dutzende, wenn nicht Hunderte anderer drahtloser Kommunikationsprotokolle, wie z.B. **Bluetooth, LoRaWAN, Zigbee, Sigfox, EnOcean und 4G**.

Die Vielfalt von drahtlosen Kommunikationsprotokollen lässt sich durch die Tatsache erklären, dass jedes über seine eigenen Charakteristiken mit den dazugehörigen Vor- und Nachteilen verfügt. Dennoch lassen sie sich in mehrere Kategorien einteilen. Die Grafik der Abbildung 1 auf der nächsten Seite gibt an, welche Cluster von ähnlichen Protokollen existieren und ordnet sie bezogen aufeinander in Abhängigkeit ihrer Reichweite (waagrechte Achse) und der möglichen Datenrate (senkrechte Achse) an. Dabei möchten wir jedoch noch darauf hinweisen, dass die verschiedenen Protokolle in der Grafik nur in ungefährender Lage angeordnet sind. So können einerseits bestimmte Protokolle aus dem gleichen Cluster sich in höherem Maße überlappen und andererseits verschiedene Cluster weiter voneinander entfernt liegen.

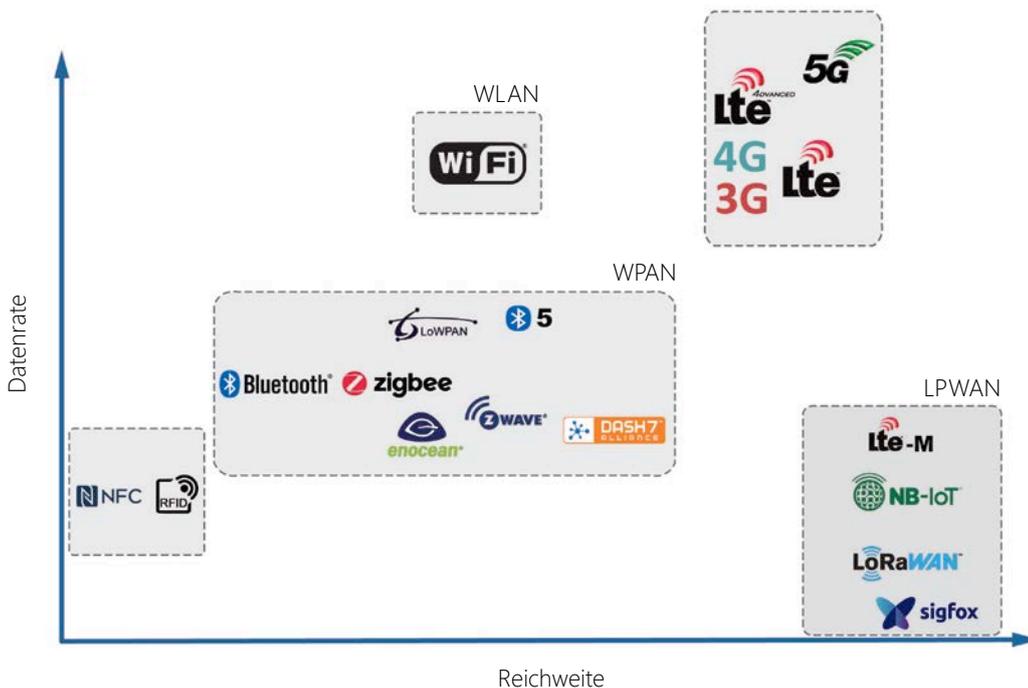
2 Vielfalt an drahtlosen Kommunikationsprotokollen

Wi-Fi ist ein sehr bekanntes drahtloses Kommunikationsprotokoll. Damit werden die in einem Gebäude täglich verwendeten Geräte (z.B. Smartphones, Laptops und Drucker) in einem lokalen Netzwerk (WLAN bzw. *Wireless Local Area Network*) drahtlos miteinander verbunden. Auch einige bekannte *Smart-Home*-Anwendungen, wie z.B. vernetzte

3 Wahl des geeigneten Kommunikationsprotokolls

3.1 Große Datenmengen

Zur drahtlosen Übertragung von großen Datenmengen kann man lokale Wi-Fi-Netzwerke in Gebäuden (mit begrenzter Reichweite) oder mobile Netzwerke, die von Betreibern gegen Bezahlung angeboten werden und über größere



1 | Bildliche Darstellung davon wie die verschiedenen drahtlosen Kommunikationsprotokolle bezogen aufeinander in Abhängigkeit der Reichweite und der Datenrate angeordnet sind.

Entfernungen (mehrere Kilometer) funktionieren, nutzen, wie z.B. 3G und 4G. Solche großen Datenmengen können beispielsweise erforderlich sein, um Kamerabilder zu übertragen, Online-Videos zu betrachten und Internetanwendungen zu nutzen.

Zudem ist auch ein mobiles Netzwerk der 5. Generation, 5G, im Anmarsch. Obwohl dieses Protokoll in Belgien heute noch keine weitverbreiteten Anwendungen verzeichnet, wird es zukünftig ermöglichen, dass viel mehr drahtlose Geräte vernetzt werden, die fähig sind, sofort und mit sehr hohen Übertragungsraten große Datenmengen auszutauschen.

3.2 Kleine Datenmengen für Smart Buildings

Viele drahtlos vernetzte Anwendungen in Gebäuden benötigen jedoch keine großen Datenströme, wodurch sich dafür ein viel geringerer Verbrauch erzielen lässt. Die für die Übertragung von großen Datenmengen verwendeten Kommunikationsprotokolle, wie z.B. Wi-Fi und 4G, verschwenden sehr viel Energie. Dies ist vor allem problematisch bei der Verwendung von batteriegespeisten Systemen. So müssen Smartphones, die häufig diese Kommunikationsprotokolle nutzen, täglich aufgeladen werden.

Es besteht auch eine gewisse Zurückhaltung, alle Smart-Home- und Smart-Building-Anwendungen an dem bestehenden, mit dem Internet verbundenen IT-Netzwerk anzuschließen, vor allem bei dem IT-Administrator (z.B. Wie gut ist das vernetzte Thermostat abgesichert? Bin ich als Administrator der Netzinfrastruktur dafür verantwortlich,

dass das Licht brennen bleibt, wenn das IT-Netzwerk gewartet und aktualisiert werden muss?).

Außerdem müssen viele Smart-Anwendungen nur innerhalb eines lokal eingerichteten Netzwerks verfügbar sein.

Aus diesen Gründen sind die sogenannten **WPAN-Technologien** (Wireless Personal Area Network) für Smart-Anwendungen in Gebäuden interessant. Darüber hinaus gestatten es viele dieser Technologien (z.B. Bluetooth 5 und Zigbee), in einer *Mesh-Network*-Topologie (also in einem vermaschten Netzwerk) zu arbeiten (siehe Abbildung 2 auf der nächsten Seite). Dabei fungiert jedes Bindeglied im Netzwerk, das auch als ‚Knoten‘ bezeichnet wird, als eine unabhängige Zwischenstation zwischen zwei anderen Knoten. Obwohl die Reichweite eines Knotens nur ca. zehn Meter beträgt, kann die Gesamtreichweite eines Netzwerkes mehr als 100 Meter betragen, da die Knoten des Netzwerkes untereinander verbunden sind und miteinander kommunizieren können. Ein anderer wichtiger Vorteil der *Mesh-Network*-Topologie ist, dass ein defekter Knoten im Netzwerk niemals den Ausfall des gesamten Netzwerkes zur Folge hat. Dies ist bei einem Sternnetz anders, bei dem das Versagen des zentralen Knotens den Ausfall des gesamten Netzwerkes mit sich bringt.

Es gibt zahlreiche Anwendungen im Bereich des Bauwesens, in denen die WPAN-Technologien eingesetzt werden. Denken wir hierbei nur einmal an Beleuchtungskörper, die sich drahtlos (z.B. über einen drahtlosen Schalter oder ein Smartphone) ansteuern lassen und auch selbst kommunizieren können. Ein anderes Beispiel sind die in Warmwasser- und

Heizungsanlagen eingesetzten Pumpen, die über einen drahtlosen Anschluss eingestellt, ausgelesen und bedient werden können. Auch Sensoren (z.B. Temperatur- oder CO₂-Sensoren) lassen sich untereinander vernetzen, um die gemessenen Daten drahtlos zu übertragen.

WPAN-Technologien finden auch immer mehr Anwendung in Baustellen-Ausrüstungen. So lässt sich beispielsweise ein Laserentfernungsmesser, der über die Bluetooth-Technologie verfügt, an ein Smartphone oder ein Tablet koppeln, um in das Foto direkt die detaillierten Messwerte zu integrieren oder um diese mit dem Grundriss auf dem mobilen Gerät zu verknüpfen.

3.3 Kleine Datenmengen, sehr kleine Reichweite

Drahtlose Technologien, mit denen sich kleine Datenmengen über eine sehr kleine Reichweite übertragen lassen, sind die radiofrequenzbasierte Identifizierung **RFID** (engl. *Radio Frequency Identification*) und die Nahfeldkommunikation **NFC** (engl. *Near Field Communication*). Die NFC kann beispielsweise eingesetzt werden bei der Zugangskontrolle in Gebäuden, dem Ein- und Ausschalten von Alarmen und dem Gewähren des Zugangs für externe Personen zum lokalen Wi-Fi-Netzwerk.

3.4 Sehr kleine Datenmengen, große Reichweite

Schließlich bestehen auch verschiedene Technologien, die dazu dienen, nur einige Male pro Tag sehr kleine Datenmengen zu übertragen (um dadurch den Energieverbrauch zu verringern) und die eine Reichweite von mehreren Kilometern haben (z.B. LoRaWAN und Sigfox). Diese werden als **LPWAN-Technologien** (*Low Power Wide Area Network*) bezeichnet.

Aufgrund ihrer großen Reichweite sind diese Lösungen sehr mobil und können sowohl innerhalb als auch außerhalb des Gebäudes stets eine Verbindung aufbauen. Genauso wie bei den mobilen 3G- oder 4G-Netzen ist es lohnenswert, auf der Landkarte mit dem eingetragenen vorhandenen Netz nachzusehen, in welchem Maße die Technologien in einem bestimmten Gebiet gegebenenfalls schon verfügbar sind. Der besonders niedrige Energieverbrauch solcher Protokolle

sorgt übrigens wiederum dafür, dass die integrierte Batterie eine Lebensdauer von mehreren Jahren aufweist.

4 Über Daten und Reichweite hinausgehende Parameter

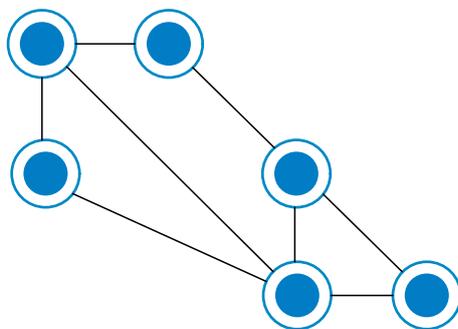
Außer der Datenrate, der Reichweite und dem Energieverbrauch gibt es verschiedene sonstige Parameter, die einen Einfluss auf die Tauglichkeit eines Protokolls für die beabsichtigte Anwendung haben. So kommt es bei bestimmten Anwendungen entscheidend darauf an, die **Latenzzeit** (d.i. die Zeit, die zwischen einer Aktion und der darauffolgenden Reaktion vergeht) sehr kurz zu halten (z.B. beim Scannen eines Ausweises bei einer Zugangskontrolle). Ein anderer Parameter, der unbedingt berücksichtigt werden muss, ist das etwaige **Risiko in Bezug auf Interferenzen** mit anderen, in der Nähe vorhandenen Netzwerken. Die Wahl von manchen Protokollen wird auch durch den Umstand bestimmt, ob man sich dafür oder dagegen entscheidet, das System vollständig **unabhängig vom Elektrizitätsnetz** zu machen (z.B. im Hinblick auf die Betriebssicherheit oder Mobilität).

Um zu ermitteln, welche die geeignetste Lösung ist, nimmt man als Ausgangspunkt am besten die konkrete Anwendung. Denn es ist nicht so, dass es so etwas wie ‚einen einzigen geeigneten Protokoll‘ gibt. Indem die Vor- und Nachteile der verschiedenen Protokolle gegeneinander abgewogen werden, lässt sich die beste Wahl treffen. Wenn man darüber hinaus mehrere Anwendungen (die ggf. nicht das gleiche Protokoll nutzen) kombinieren möchte, dann ist der Interoperabilität eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

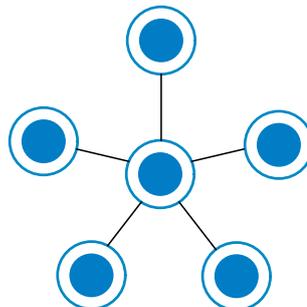
5 Der Aufwand lohnt sich

Obwohl es also sicherlich eine gewisse Mühe erfordert, sich mit der Welt der drahtlosen Konnektivität vertraut zu machen, lohnt sich doch der Aufwand, sich damit zu beschäftigen. Denn es existieren zahlreiche drahtlose Anwendungen, die sowohl während der Bauphase als auch während der Nutzungsphase eines Gebäudes für das Projekt einen Mehrwert bieten. ◆

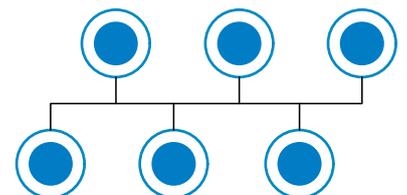
Dieser Artikel wurde in Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe DraMCo der KU Leuven verfasst.



Vermashtes Netz



Sternnetz



Busnetz

2 | Beispiele für Netzwerktopologien.

Zusammenfassende Tabelle von den Eigenschaften bestimmter drahtloser Kommunikationsprotokolle. Die grau unterlegten Zellen weisen darauf hin, dass der Parameter nicht (oder nur in begrenztem Maße) bei der Wahl des Protokolls mit ausschlaggebend ist.

Protokoll	Frequenz (Belgien)	Datenmenge und Frequenz der Übertragung	Datenrate	Typische Reichweite	Energieverbrauch	Anwendungsbeispiele im Bauwesen
Wi-Fi	2,4 GHz / 5 GHz (am häufigsten)	Menge quasi unbegrenzt (von kleinen Datenmengen bis Multimedia), bei kontinuierlicher Rate	Typisch sind mehrere Mbit/s bis mehr als 1 Gbit/s	15 bis 30 m, aber sehr variabel (mit Wi-Fi-Repeater erweiterbar)	Eher hoch	<ul style="list-style-type: none"> Drahtloses Anschließen von Computern an ein Netzwerk Vernetzte Video-Türklingeln und Überwachungskameras Bedienung von Smart-Anwendungen über das Smartphone
3G	900 MHz / 2100 MHz	Menge quasi unbegrenzt (von kleinen Datenmengen bis Multimedia), bei kontinuierlicher Rate	Typisch sind 5 bis 10 Mbit/s	Mehrere Kilometer	Eher hoch	Internetanschluss auf der Baustelle für Laptops, Smartphones und Videoüberwachung ...
4G	800 MHz / 1800 MHz / 2600 MHz (/ 2100 MHz)	Menge quasi unbegrenzt (von kleinen Datenmengen bis Multimedia), bei kontinuierlicher Rate	Typisch sind 30 Mbit/s und mehr		Hoch	
NFC	13,56 MHz	Sehr kleine bis kleine Datenmengen (z.B. Zugangscodes)	106 kbit/s - 424 kbit/s	Weniger als 10 cm	Niedrig	<ul style="list-style-type: none"> Zugangskontrolle in Gebäuden Gewähren des Zugangs zum lokalen Wi-Fi-Netzwerk
Blue-tooth 5	2,4 GHz	Von kleinen Datenmengen (z.B. Steuerbefehle für Geräte und Kommunikation zwischen Geräten) bis zu begrenztem Multimedia (vor allem für Tonübertragung)	Typisch sind 1 bis 2 Mbit/s	20 bis 40 m von Knoten zu Knoten, über ein vermaschtes Netz erweiterbar auf mehr als 100 m	Niedrig	Sehr breites Spektrum an drahtlosen Smart-Home- und Smart-Building-Anwendungen, wie Beleuchtung, HVAC und intelligenten Lautsprechern
IEEE 802.15.4 - Zigbee	2,4 GHz (/ 868 MHz)	Kleine Datenmengen (z.B. Steuerbefehle für Geräte und Kommunikation zwischen Geräten)	<ul style="list-style-type: none"> 250 kbit/s für 2,4 GHz 20 kbit/s für 868 MHz 	15 bis 25 m von Knoten zu Knoten, über ein vermaschtes Netz erweiterbar auf mehr als 100 m	Niedrig	
Z-Wave	868,4 MHz	Kleine Datenmengen (z.B. Steuerbefehle für Geräte und Kommunikation zwischen Geräten)	Bis 100 kbit/s	20 bis 40 m von Knoten zu Knoten, über ein vermaschtes Netz erweiterbar auf mehr als 100 m	Niedrig	
Sigfox	868 MHz	Sehr kleine Datenmengen und begrenzte Anzahl an Mitteilungen pro Tag	100 bit/s - 600 bit/s	Mehrere Kilometer	Sehr niedrig	Drahtlose Datenübertragung, unter anderem: <ul style="list-style-type: none"> Überwachung des Beton-Trocknungsvorgangs auf der Baustelle Auslesung von Gas- und Wasserzählern Fernverfolgung des Baustellenmaterials
LoRaWAN	868 MHz		0,25 - 5,5 - 50 kbit/s		Sehr niedrig	
NB-IOT	900 MHz		20 kbit/s - 250 kbit/s		Niedrig bis sehr niedrig	

Extended Reality im Bausektor: ein anderer Blick auf Bauprojekte

Der Bausektor erlebt in den letzten Jahren eine wahre digitale Revolution. Die vielen Anwendungen, die zurzeit neu entstehen, eröffnen für die Baufachleute eine Welt ungekannter Möglichkeiten. Das Gleiche gilt auch für die *Extended Reality* ...

H. Leen, Ing., Hauptberater, Abteilung Digitale Bau, WTB
F. Denis, Ir.-Arch., Berater, Abteilung Digitale Bau, WTB

Was ist Extended Reality?

Extended Reality ist die übergeordnete Sammelbezeichnung für *Virtual*, *Augmented* und *Mixed Reality*.

Die **Virtual Reality** versetzt den Nutzer in die Lage, mittels einer *Virtual-Reality*-Brille ein digitales 3D-Modell eines Gebäudes in wahrer Größe von allen möglichen Richtungen aus zu betrachten und sich darin frei herumzubewegen. Dadurch, dass der Nutzer durch das Aufsetzen dieser Brille die physische Welt um sich herum nicht mehr sieht und vollständig in das digitale Modell eingetaucht ist, spricht man bei *Virtual Reality* von einer vollständigen Immersion. Dank der *Virtual Reality* erhalten die Projektpartner eine bessere Gesamtvorstellung von dem betreffenden Gebäude, so dass etwaige Probleme schon ans Licht kommen, ehe mit den eigentlichen Arbeiten begonnen wurde. Dies stellt natürlich einen beachtlichen Zeitgewinn dar.

Im Gegensatz zur *Virtual Reality* bleibt bei der **Augmented Reality** die reale Welt sichtbar, die aber mit zusätzlichen Informationen versehen wird, die durch eine Brille oder auf einem Tablet oder einem Smartphone sichtbar sind. Diese Informationen können gegebenenfalls mit den entsprechenden Orten in der physischen Welt gekoppelt sein. Es handelt

sich dabei in der Regel um ziemlich einfache Informationen, wie z.B. Zahlen, Texte, Symbole, 2D-Zeichnungen, Schemas oder Fotos. In diesem Zusammenhang findet keine dreidimensionale Interaktion mit der physischen Welt statt. Die hinzugefügten Informationen werden wie ein zusätzlicher Layer auf die physische Welt gelegt.

Bei der **Mixed Reality** wird die physische Welt um virtuelle 3D-Modelle ergänzt, die mithilfe einer Brille oder eines Smartphones sichtbar sind. Diese Modelle werden an ihrem exakten Ort und im richtigen Maßstab dargestellt, wobei das virtuelle Modell und die reale Welt miteinander interagieren (So ist es z.B. möglich, Elemente des virtuellen Modells hinter physischen Objekten zu verbergen).

Abbildung 1 veranschaulicht den Unterschied zwischen der *Virtual*, der *Augmented* und der *Mixed Reality* (angeordnet vom realsten bis zum virtuellsten Grad der Darstellung).

In welchen Anwendungsgebieten ließe sich die Extended Reality einsetzen?

Die *Virtual Reality* bietet vor allem während der **Entwurfsphase** einen Mehrwert. So können bereits in einem

1 | Vergleich zwischen der *Augmented*, der *Mixed* und der *Virtual Reality*.

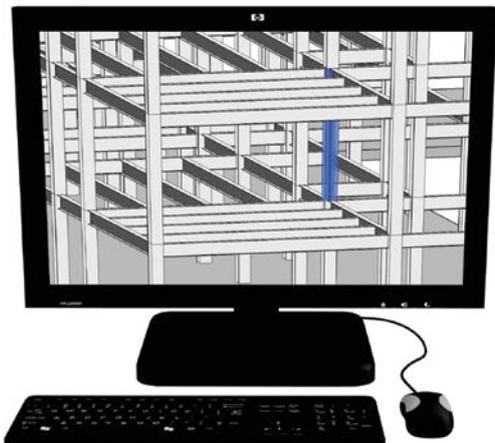
Augmented reality



Mixed reality



1 QR-Code erstellen

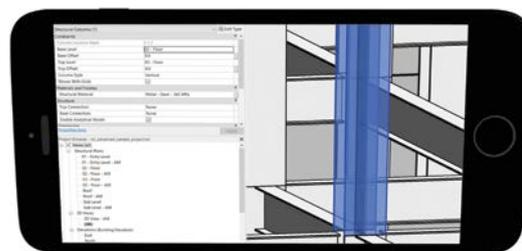


2 QR-Code am Bau anbringen



Shutterstock

3 QR-Code einscannen



2 | Schneller Zugang zu den 3D-Modellen auf der Baustelle mithilfe eines QR-Codes.

frühen Stadium Entscheidungen im Zusammenhang mit der gewünschten Ausführung getroffen und etwaige Konfliktsituationen bereits im Voraus gelöst werden. *Virtual-Reality*-Simulationen ermöglichen es beispielsweise, im Nu in Erfahrung zu bringen, ob die Drehrichtung einer Tür angepasst werden muss.

Außerdem kann die *Virtual Reality* auch für die **Schulung und das Training** (z.B. von Sicherheits- und Montageverfahren) verwendet werden.

Auf der **Baustelle** selbst kann man dank der *Mixed Reality* einen schnellen Zugang zu den 3D-Modellen des Gebäudes erhalten, und zwar indem man mithilfe eines Smartphones oder einer Brille einen QR-Code scannt, der am Bau angebracht ist (siehe Abbildung 2). Dadurch lassen sich heikle Baudetails (z.B. eine Träger-Säulen-Verbindung) in wahrer Größe in 3D visualisieren.

Welche Hard- und Software gibt es?

Die *Augmented* und die *Mixed Reality* können mithilfe von zwei Kategorien von Einrichtungen visualisiert werden:

- den **See-through-Einrichtungen** (z.B. HoloLens und

Magic Leap One), bei denen der Nutzer die physische Welt direkt durch die transparenten Bildschirme sehen kann

- den **videobasierten Einrichtungen**, bei denen der Nutzer die physische Welt indirekt durch die Kamera (z.B. eines Tablets oder eines Smartphones) sieht und die zusätzlichen Informationen oben auf die Kamerabilder gelegt werden.

Während die *See-through*-Einrichtungen teurer sind, bieten sie auch mehr Möglichkeiten. So gestatten sie es unter anderem, die Informationen ohne die Verwendung der Hände einzusehen.

Außerdem sind die *Extended-Reality*-Softwarepakete mit den Informatiktools kompatibel, die im Bausektor verwendet werden und lassen sich recht leicht in einen BIM-Prozess integrieren.

Die *Extended Reality* wurde allerdings noch nicht im großen Maßstab implementiert, denn sie erfordert noch technische Verbesserungen (Kosten, genaue Lokalisierung ...). Es laufen Entwicklungen, um diese Technologien an die Verwendung auf der Baustelle anzupassen (z.B. 5G, Miniaturisierung). ◆

Virtual reality

Shutterstock



Demonstrationen

Im Rahmen des VLAIO-Projekts ConstructionSiteVision wird das WTB, in Zusammenarbeit mit Howest und Sirris, zahlreiche Demonstrationen und Workshops organisieren, die die *Extended-Reality*-Möglichkeiten im Bausektor veranschaulichen werden.

Lean Construction: der Mehrwert für den Kunden, ohne Verschwendungen

In einem ersten Artikel, der im [WTB-Kontakt 2019/3](#) erschienen ist, wurden die *Lean*-Prinzipien im Bauwesen vorgestellt. Dieser zweite Artikel baut darauf auf, indem er auf den menschlichen Aspekt dieser Managementphilosophie aufmerksam macht und näher auf die ersten zwei *Lean*-Prinzipien eingeht: das Identifizieren des Mehrwerts für den Kunden und das Eliminieren von Verschwendungen.

T. Vissers, Ing., stellvertretender Leiter der Abteilung Verwaltung und Qualität, WTB

1 Lean Construction unter Wahrung des menschlichen Aspekts

Dadurch, dass man mit der *Lean*-Philosophie intelligenter und häufig schneller bauen kann, kann die gleiche Arbeit mit weniger Arbeitskräften und/oder in einem kürzeren Zeitraum ausgeführt werden. Dies bedeutet jedoch keineswegs, dass man deswegen Mitarbeiter entlassen muss (siehe Abbildung 1). Denn die frei gewordene Zeit kann auch dazu benutzt werden, mit dem gleichen Team mehr Projekte auszuführen, weiteren Verbesserungen zusätzliche Zeit zu widmen oder neue Aktivitäten zu entwickeln.

Die *Lean*-Philosophie lässt sich jedoch nur erfolgreich einsetzen, wenn das Talent aller Mitarbeiter voll ausgeschöpft wird. Man geht somit von dem Prinzip aus, dass je glücklicher und leidenschaftlicher die Mitarbeiter tätig sind, desto produktiver sie auch sein werden.

1 | Der erfolgreiche Einsatz der *Lean*-Philosophie darf niemals bedeuten, dass deswegen Arbeitskräfte entlassen werden, sondern dass die gewonnene Zeit dazu benutzt wird, mit dem gleichen Team das Unternehmen zu verbessern.

2 Erstes *Lean*-Prinzip: Identifizieren des Mehrwerts für den Kunden

Dieses erste Prinzip besteht darin, herauszufinden, auf was der Kunde Wert legt. Dazu muss man sich die folgenden Fragen stellen:

- Was findet der Kunde wichtig? Was sind mit anderen Worten die **Kundenerwartungen**?
- Inwieweit wird den Kundenerwartungen entsprochen? Ist der Kunde **zufrieden**?

Durch den Vergleich der Dienstleistungen seines Unternehmens mit den Erwartungen und der Zufriedenheit des Kunden kann der Bauunternehmer wertvolle Informationen sammeln. Es können dabei drei Arten von Kriterien unterschieden werden:

- **Basiskriterien**, die vom Kunden als selbstverständlich betrachtet werden: Sogar wenn sie einwandfrei erfüllt werden, wird der Kunde deshalb nicht zufriedener sein. So erwartet ein Kunde, dass eine Wohnung ohne Leckagen hochgezogen wird und dass die Türen nicht klemmen.
- **‚Wow‘-Kriterien**, die hinsichtlich der Kundenzufriedenheit den großen Unterschied ausmachen. Es werden in dem Zusammenhang Dinge angeboten, von denen der Kunde sich sogar nicht bewusst war, dass er daran einen Bedarf hat (beispielsweise Reinigung der Fenster durch den Lieferanten sechs Monate nach dem Einbau)
- **Leistungskriterien**, bei denen die Kundenzufriedenheit in starkem Maße von der Qualität der Ausführung abhängt: Erfolgt die Lieferung rechtzeitig? Wird das Budget eingehalten? Wird die Baustelle sauber gehalten?

Die Dienstleistungen und Produkte, die heute als Kriterium ein ‚Wow‘-Potenzial aufweisen, können jedoch schnell zu einem Basiskriterium derselben werden. So gehörte die Verfügbarkeit von Wi-Fi-Netzwerken vor einigen Jahren noch zu den ‚Wow‘-Kriterien (geringe Erwartungen, hohe Zufriedenheit), wohingegen man heute enttäuscht ist, wenn sie nicht verfügbar sind (hohe Erwartungen, niedrige Zufriedenheit).



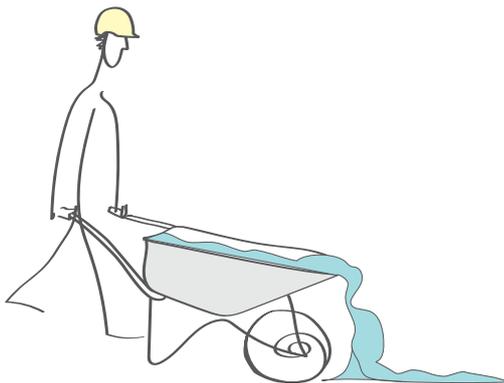
3 Zweites Lean-Prinzip: Eliminieren von Verschwendungen

Die *Lean*-Philosophie konzentriert sich auf das Eliminieren von Verschwendungen, so dass man nur das behält, was wertvoll ist.

Der Automobilhersteller Toyota macht bei seinem **3M-Modell** einen Unterschied zwischen drei Faktoren, die für die Überschreitung der für die auszuführende Arbeit erforderlichen Fristen verantwortlich sind: die Faktoren *Muda*, *Mura* und *Muri*.

3.1 Muda: Verschwendung

Der Faktor *Muda* umfasst alle Arten von Verschwendungen, mit denen unsere Organisationen konfrontiert sind (siehe [Les Dossiers du CSTC 2019/3.7](#)). Die Unternehmen, die die *Lean*-Philosophie anwenden, schulen ihre Mitarbeiter, um diese Verschwendungen zu erkennen und deren Ursachen zu ermitteln. Die Mitarbeiter dürfen ihrerseits sich Lösungen ausdenken und entwickeln, um diese Verschwendungen zu eliminieren. Auf diese Weise stellt jede Verschwendung eine Gelegenheit zur kontinuierlichen Verbesserung dar.



2 | *Muda*: Verschwendung.

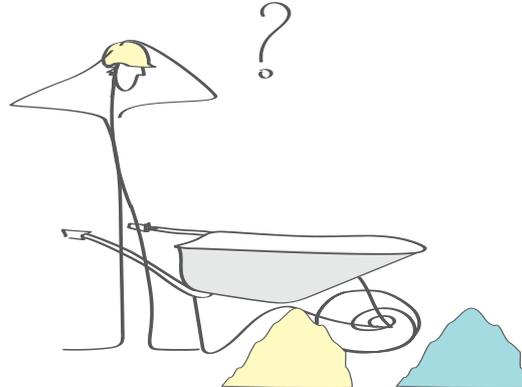
3.2 Mura: Variation und Ungleichgewicht

Der Faktor *Mura* steht für Variation und Ungleichgewicht. Er umfasst mit anderen Worten alles, was vom normalen, vorhersagbaren Verlauf abweicht und so den Flow unterbricht. Einige Beispiele für Unregelmäßigkeiten oder Variationen sind:

- Wechselnde Baupartner (z.B. Planer, Ausführende und Kunden)
- Variationen hinsichtlich der Bedingungen (z.B. Zugänglichkeit des Standorts und Witterungsverhältnisse)
- Variationen bezüglich der Kenntnisse oder der Kompetenzen des Personals
- Variationen in Bezug auf die Kommunikation und die Informationsverbreitung.

Zum Eliminieren dieser Unregelmäßigkeiten muss man den täglichen Ablauf der Dinge durch das Anwenden von stabilen

und zuverlässigen Prozessen vorhersagbarer machen. Dazu müssen Vereinbarungen darüber getroffen werden, welche die beste Art des Arbeitens ist. Diese Arbeitsmethode muss dann von jedem angewendet werden, darf aber auch wieder im Rahmen der kontinuierlichen Verbesserung infrage gestellt werden.



3 | *Mura*: Variation und Ungleichgewicht.

3.3 Muri: Überlastung und Komplexität

Der Faktor *Muri* steht in erster Linie für die Überlastung von sowohl Personen als auch Maschinen. Wenn Personen mit Arbeit überlastet sind, empfinden sie viel Stress und haben immer mehr Schwierigkeiten, ihre Aufgaben auszuführen. Im schlimmsten Fall kann diese Überlastung zu einem Burn-out führen. Bei Maschinen kann die Überlastung wiederum einen Ausfall oder einen Störfall zur Folge haben.

Die zweite Bedeutung von *Muri* ist Komplexität. Das heißt, dass die auszuführende Arbeit zu kompliziert ist. Ziel der *Lean*-Techniken ist es, die Arbeitsmethoden einfacher und transparenter zu machen. Dank des visuellen Managements kann man mithilfe visueller Mittel jeder Person klar zeigen, wie gearbeitet werden muss oder was die Erwartungen sind. 



4 | *Muri*: Überlastung und Komplexität.

Möchten Sie mehr über Lean Construction erfahren? Die Abteilung Verwaltung und Qualität wird Ihre Fragen gerne beantworten, die Sie bitte an die folgende E-Mail-Adresse senden: gebe@bbri.be.

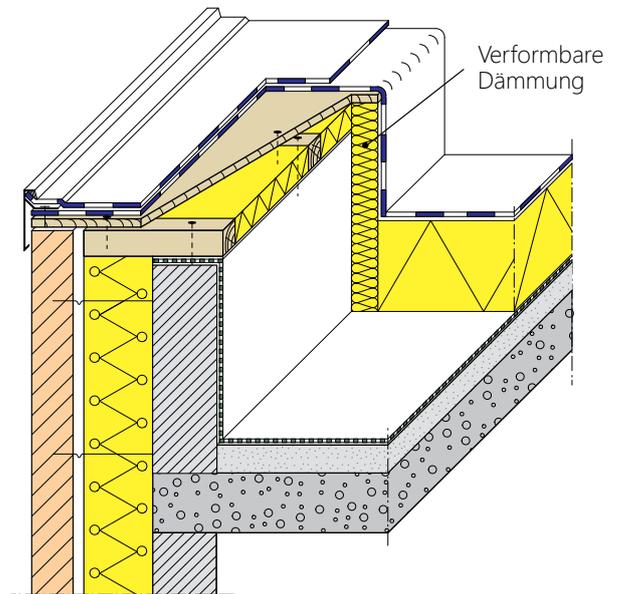
Im Fokus

Schäden an den Rändern von Flachdächern

Seit einiger Zeit werden bestimmte Unternehmen mit Schäden in der Umgebung der Ränder von Flachdächern konfrontiert. Durch die Untersuchung mehrerer solcher Fälle konnten wir zu den folgenden Feststellungen gelangen:

- Die Schäden äußern sich durch eine Bewegung der Dachbrüstung, die Risse im Verblendmauerwerk oder im Putzsystem auf der Dämmung verursacht.
- In allen untersuchten Fällen ist die Wärmedämmung des Flachdaches aus PU-Platten aufgebaut.
- Es ist kein Raum zwischen den PU-Platten des Daches und dem Mauerwerk der verschobenen Dachbrüstung sichtbar.
- Das Phänomen ist weder auf eine(n) bestimmte(n) Marke/Typ von PU-Platten noch auf eine bestimmte Dachkonfiguration beschränkt.

Es wurde ein Forschungsprojekt initiiert, um die genauen Ursachen für dieses Schadensphänomen zu ermitteln. In Erwartung der Ergebnisse empfehlen wir bei der Verwendung von PU-Platten das Baudetail so auszuführen, wie es nebenstehend schematisch abgebildet ist. In dem Fall muss zwischen der Dachbrüstung und den PU-Platten eine



verformbare Dämmung von einigen Zentimetern Dicke angebracht werden. Eine andere Lösung besteht darin, das Mauerwerk der Dachbrüstung in der Tragkonstruktion des Daches zu verankern.

Neue Norm für Isolierverglasung



Die Normen-Außenstelle ‚Tolérances et aspect‘ hat kürzlich eine Ankündigung bezüglich der neuen Norm NBN EN 1279-1 veröffentlicht, die es ermöglicht, die visuelle Qualität einer Isolierverglasung zu bewerten. Diese Norm definiert ganz klar, unter welchen Bedingungen diese Bewertung erfolgen muss:

- Die Verglasung muss hinsichtlich der Transmission und nicht hinsichtlich der Reflexion untersucht werden.
- Die Anomalien dürfen nicht auf der Verglasung (z.B. mit Aufklebern) gekennzeichnet werden.
- Die Verglasung muss aus einem Abstand von 3 Metern und unter möglichst senkrechten Betrachtungswinkel bewertet werden.
- Die Beobachtungsdauer darf maximal 1 min/m² betragen.
- Die Bewertung muss bei diffusem Tageslicht und ohne direktes Sonnenlicht oder Kunstlicht durchgeführt werden.

Wenn Sie diesbezüglich weitere Informationen möchten oder falls Sie die Norm herunterladen möchten, besuchen Sie die Website www.cstc.be.

WTB-Veröffentlichungen



Les Dossiers du CSTC

2018/3.11 ‚Conductivité thermique et marquage des isolants‘

2019/4.12 ‚Exigences de sécurité incendie relatives aux conduits de fumée placés dans une gaine technique‘

Monographien

Nr. 32 ‚Utilisation de granulats de béton recyclés dans le béton‘

Nr. 33 ‚Les drones au service de la construction. Technologies, enjeux et perspectives‘

Nr. 34 ‚Des façades-manteaux préfabriquées multifonctionnelles. Une technique innovante pour la rénovation‘

CSTC-Digest

Nr. 16 ‚Comment évacuer les eaux usées?‘

Technische Informationen

TI 270 ‚Installations d'évacuation gravitaire des eaux pluviales des bâtiments. Conception et dimensionnement‘



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 T. Vangheel.
- 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: Olivier Vandooren, 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 55 Jahren den wissenschaftlichen und technischen Mittelpunkt des Bausektors. Das Bauzentrum wird hauptsächlich mit den Beiträgen der 95.000 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 Mausclicks 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 750 Informationssitzungen und Thementage für Baufachleute. Auch die Anfragen an unseren Beratungsdienst Technische Gutachten finden regen Zuspruch, was anhand von mehr als 18.000 geleisteten Stellungnahmen jährlich deutlich wird.

Firmensitz

Rue du Lombard 42, B-1000 Brüssel

Tel.: 02/502 66 90

Fax: 02/502 81 80

E-Mail: info@bbri.be

Website: www.wtb.be

Büros

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe

Tel.: 02/716 42 11

Fax: 02/725 32 12

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

Versuchsgelände

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette

Tel.: 02/655 77 11

Fax: 02/653 07 29

- Forschung und Innovation
- Bildung
- Bibliothek

Brussels Greenbizz

Rue Dieudonné Lefèvre 17, B-1020 Brüssel

Tel.: 02/233 81 00