

WTB

Kontakt

EINE AUSGABE DES WISSENSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN BAUZENTRUMS

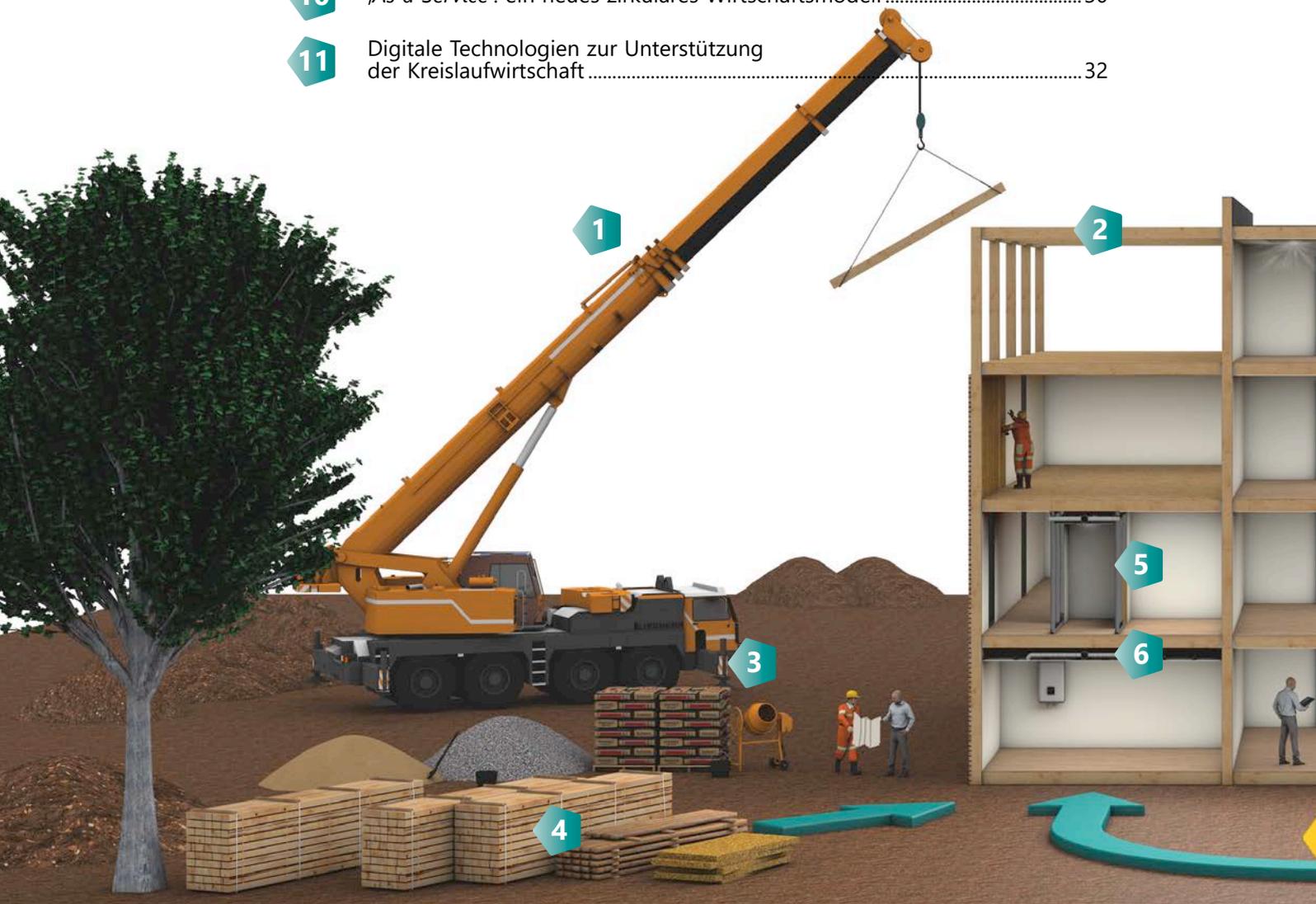
2020/1

Hin zu einer Kreislaufwirtschaft im Bauwesen



Inhalt 2020/1

1	Das zirkuläre Bauen im Dienste von <i>People, Planet</i> und <i>Profit</i>	3
2	Entwurf und Ausführung von zirkulären Gebäuden	4
3	Hin zu einer geringeren Umweltauswirkung von Beton	10
4	Biobasierte Materialien innerhalb der Kreislaufwirtschaft	12
5	Die Leistungen von verschiebbaren Wänden sicherstellen.....	16
6	Wie die speziellen Techniken anpassbar machen?.....	18
7	Instandhaltung: ein unverzichtbares Glied im Lebenszyklus von Gebäuden....	21
8	Wiederverwendung von Materialien: Wie kann man ihre technischen Leistungen nachweisen?	23
9	Hin zu einem (noch) besseren Recycling von Bauschutt und Abbruchmaterial.....	27
10	„As a Service“: ein neues zirkuläres Wirtschaftsmodell	30
11	Digitale Technologien zur Unterstützung der Kreislaufwirtschaft	32



Das zirkuläre Bauen im Dienste von *People, Planet* und *Profit*

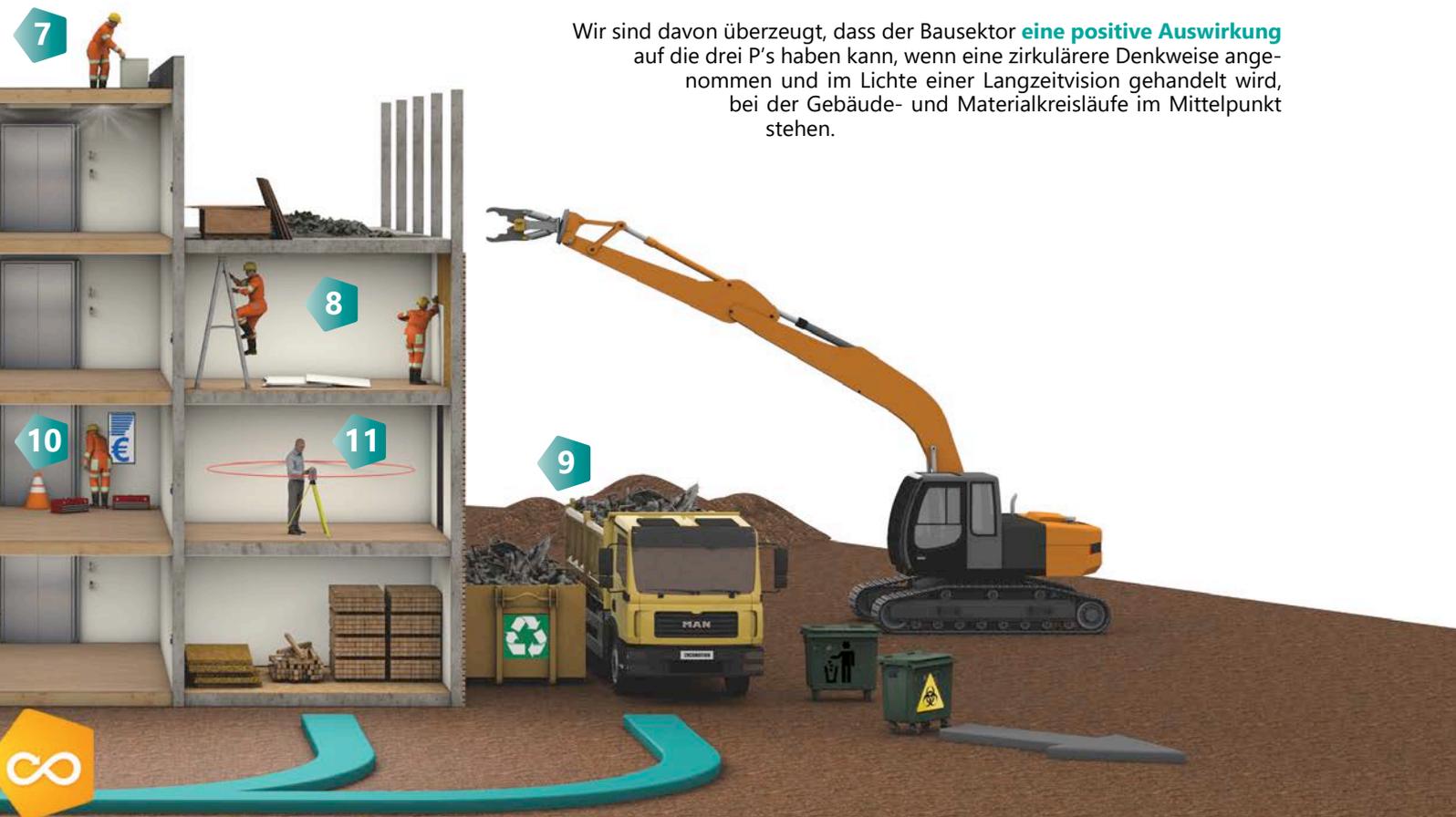
Der Bausektor ist einer der größten Material- und Energieverbraucher sowie einer der wichtigsten Produzenten von Treibhausgasen. So verbraucht er **mehr als 50 % der weltweit abgebauten Materialien** und trägt zu **30 % des weltweiten CO₂-Ausstoßes** bei. Dadurch, dass viele Gebäude außerdem renoviert oder abgerissen werden, da sie nicht mehr den Erfordernissen entsprechen, ist der Sektor ebenfalls **für den größten Abfallstrom von Europa** verantwortlich. Es liegt daher ganz im Interesse des Bausektors, die Umstellung hin zu einer zirkuläreren Wirtschaft einzuleiten, die auf den drei P's der nachhaltigen Entwicklung fußt: **People, Planet** und **Profit** (also auf den Menschen, dem Planeten und dem Gewinn).

Um die Auswirkung des Bausektors auf dem Planeten (**Planet**) zu verringern, muss der entsprechende Ansatz einerseits auf der **optimalen Nutzung von vorhandenen Gebäuden und Materialien** liegen, also der Verlängerung ihrer Lebensdauer und der Wiederverwendung von Materialien aus demontierten Gebäuden. Andererseits müssen neue Gebäude so entworfen und errichtet werden, dass sie sich an die Erfordernisse, die sich mit der Zeit ändern, **leicht anpassen lassen**. Dabei ist es vorzuziehen, sich für **nachhaltige Materialien** mit einer geringen Umweltauswirkung zu entscheiden, die später wiederverwendet werden können.

Zirkuläres Bauen entspricht auch dem P von **Profit** (Gewinn). Denn das Bauen wird immer teurer, während das Ertragsmodell des Bauunternehmers seine Grenzen erreicht, denn die Gewinnspannen stehen unter Druck und die Qualität kann nicht mehr immer an erster Stelle stehen. Für eine adäquate Reaktion auf diese Probleme muss den **Langzeitkosten** eine größere Beachtung geschenkt werden. Ferner müssen **neue Wirtschaftsmodelle** (die z.B. anstatt auf den Verkauf auf die Nutzung und die Dienste ausgerichtet sind) entwickelt werden, die während der gesamten Lebensdauer der Gebäude einen Zusatznutzen bieten.

Schließlich ist es selbstverständlich, dass auch die Menschen im Allgemeinen (**People**) Interesse an einem zirkulären Modell haben, das sich nicht nur auf die sich immer schneller ändernden gesellschaftlichen Bedürfnisse einstellt, sondern auch für die Lebensumgebung günstig ist und Beschäftigungsmöglichkeiten schafft.

Wir sind davon überzeugt, dass der Bausektor **eine positive Auswirkung** auf die drei P's haben kann, wenn eine zirkulärere Denkweise angenommen und im Lichte einer Langzeitvision gehandelt wird, bei der Gebäude- und Materialkreisläufe im Mittelpunkt stehen.





Entwurf und Ausführung von zirkulären Gebäuden

Um die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft bei einem Bauprojekt anwenden zu können, muss ausreichende Zeit in die Vorbereitung investiert werden. Darüber hinaus müssen die getroffenen Entscheidungen in praktisch ausführbare Lösungen umgesetzt werden können. Dieser Artikel bietet einen Stufenplan und einige Beispiele an, um dem Projektteam zu helfen, die richtigen Entscheidungen für die Ausführung eines anpassbaren Gebäudes im Hinblick auf Zirkularität und eine geringe Umweltauswirkung zu treffen.

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

A. Vergauwen, Dr. Ir.-Arch., Projektleiter, Laboratorium Nachhaltige und zirkuläre Lösungen, WTB

1 Die drei Achsen der Zirkularität im Bauwesen

Im Bausektor können die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft in drei große Themen umgesetzt werden, die bereits in der [WTB-Monographie Nr. 28](#) und [Les Dossiers du CSTC 2017/2.2](#) definiert wurden:

- das **Realisieren von dynamischeren Gebäuden**, die eine flexible Nutzung zulassen
- die **Verwendung verfügbarer Rohstoffe** aus dem vorhandenen Gebäudebestand (*Urban Mining*)
- die **Entwicklung neuer Wirtschaftsmodelle** im Hinblick auf das Schaffen eines Zusatznutzens während der gesamten Lebensdauer.

Dieser Artikel konzentriert sich auf den ersten Pfeiler, genauer gesagt den Entwurf und die Ausführung von zirkulären Gebäuden. Auf die zwei anderen Pfeiler wird später in diesem WTB-Kontakt eingegangen.

2 Die verschiedenen Entwurfs- und Ausführungsschritte

2.1 Schritt 1: Strategie und Langzeitvision

Beim Beginn eines Projekts müssen eine Reihe von strategischen Entscheidungen getroffen werden.

2.1.1 Start: renovieren oder neu bauen? An welchem Standort?

Die erste zu treffende Entscheidung besteht darin, ob man gegebenenfalls **einen bestehenden Zustand** als Ausgangsbasis zugrunde legt. Im Hinblick auf die Einsparung von Rohstoffen ist es vorzuziehen, von einem bereits vorhandenen

Gebäude und dessen Wiederverwendung oder Renovierung auszugehen. Das ist jedoch nicht immer möglich.

Auch die Wahl des **Standortes** ist wichtig. Wenn ein Gebäude beispielsweise keine gute Lage aufweist, wird es nach gewisser Zeit weniger oder sogar überhaupt nicht mehr genutzt werden und somit schnell seinen Wert verlieren.

2.1.2 Nutzungsszenarien

Sowohl bei Renovierungs- als auch bei Neubauprojekten muss man sich vor Augen halten, dass das Gebäude keine statische Einheit für die Ewigkeit ist, sondern eher **eine dynamische Umgebung**, die sich unter Einfluss der sich veränderten Nutzererfordernisse und der neuen technischen Entwicklungen weiterentwickeln wird. Demzufolge muss man beim Beginn des Projektes nicht nur die derzeitigen **Erfordernisse der Nutzer** vorsehen, sondern auch eine **Langzeitstrategie** ausarbeiten, und zwar mit einer Anzahl von Szenarien für die zukünftige Nutzung des Gebäudes (*Design for Change*) (siehe Kasten ‚ZIN-Projekt‘ auf der nächsten Seite).

2.1.3 Vorsehen der Endlichkeit

Beim Entwurf des Gebäudes muss bereits vorausschauend an dessen Ende der Lebensdauer gedacht werden, indem sichergestellt wird, dass die Baumaterialien und -elemente wiederverwendet oder recycelt werden können (*Design for Deconstruction*).

2.2 Schritt 2: ein konkreter Plan

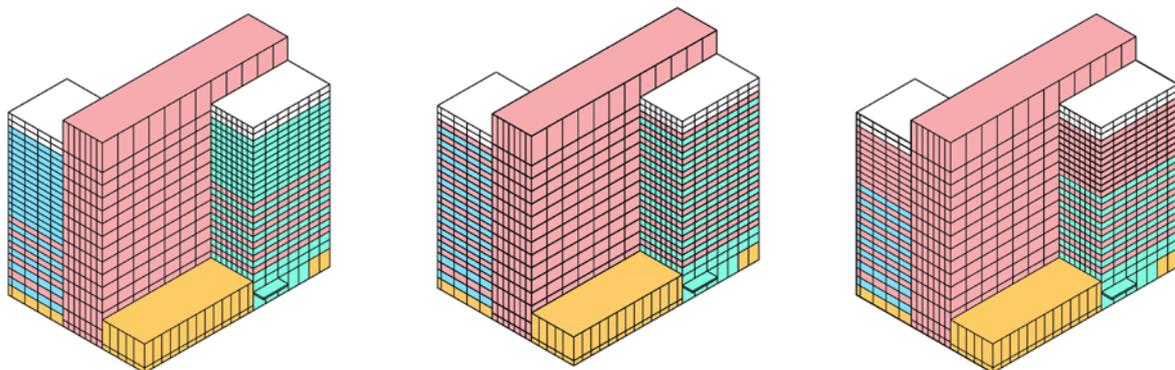
Bei der Umsetzung der allgemeinen Strategie in einen konkreten Plan muss man versuchen, die Ambitionen auf



Befimmo

ZIN-Projekt

Bei der Neugestaltung der WTC-Türme im Brüsseler Nordviertel hat man sich dafür entschieden, die Betonkonstruktion der zwei existierenden Türme zu behalten, wobei man versucht, die dabei entstehenden Abfallströme so weit wie möglich wiederzuverwenden und zu recyceln. Beim Entwurf wurden darin drei Funktionen vorgesehen: Büros (rosa Zonen), Apartments (blaue Zonen) und ein Hotel (grüne Zonen). Der Entwurf gestattet die Anpassung des Gebäudes, wenn es in der Zukunft weniger (siehe linke Abbildung) oder mehr Bedarf an Büroraum gibt (siehe rechte Abbildung).



Quelle: 51N4E/Jaspers-Eyers/LAUC und Befimmo



Aufbau in Schichten



VK Architects & Engineers

Im Vandemoortele-Gebäude liegt die Betongeschosdecke auf einer Stahl-Tragkonstruktion auf, an der die Fassade befestigt ist. Die technischen Anlagen sind von der Tragkonstruktion entkoppelt (d.h. dass sie nicht unter die Estriche gelegt oder in die Wände eingebaut wurden). In den Stahlträgern sind systematisch Öffnungen für die Durchführungen der technischen Anlagen vorgesehen. Für die Deckenausführung wurde eine ‚Klimadecke‘ gewählt (d.i. eine intelligente Decke, die verschiedene innovative Techniken kombiniert).

dem Gebiet von Zirkularität und Umweltauswirkung auf die verschiedenen technischen Anforderungen und Randbedingungen abzustimmen. Dabei muss häufig eine Abwägung getroffen werden zwischen den Aspekten, die dem Projekt einen Zusatznutzen bieten und jenen, die eine Auswirkung auf die Ausführung, die Kosten und möglicherweise auch auf die technischen Leistungen haben.

2.2.1 Intelligente Gestaltung des Gebäudes

In erster Linie muss man den **Bodenplan und die Dimensionierung des Gebäudes** auf die Langzeitstrategie abstimmen, um verschiedene Nutzungsszenarien in Erwägung ziehen zu können.

Außerdem wird empfohlen, die **Tragkonstruktion** mit ausreichend großen Spannweiten zu versehen, um andere Raumeinteilungen zu ermöglichen und etwaige zukünftige

Belastungen (z.B. als Folge eines zusätzlichen Stockwerks oder einer Änderung des Verwendungszweckes) hinzufügen zu können.

Schließlich müssen die Stockwerke über eine ausreichende **lichte Höhe** verfügen, um eine Anpassung an andere Funktionen zuzulassen und die erforderlichen technischen Anlagen über den Boden oder die Decke vorsehen zu können.

Es ist selbstverständlich, dass man die Vorteile einer solchen Überdimensionierung gegen die möglichen Mehrkosten und die etwaige zusätzliche Umweltauswirkung von bestimmten Materialien abwägen muss.

2.2.2 Aufbau in Schichten

Da die verschiedenen Gebäudeelemente gewöhnlich über eine unterschiedliche Lebensdauer verfügen, werden einige



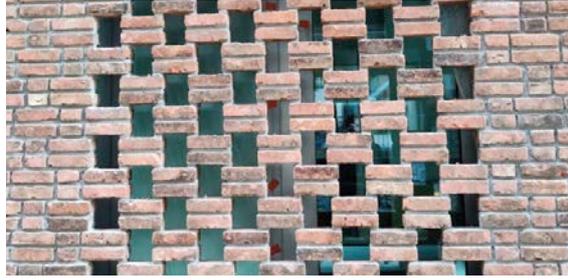
Trockenestriche

Das Staenis-System ermöglicht den Aufbau von Trockenestrichen. Dabei ist die Entnahme des Füllstoffs (der Recycling-Material, wie z.B. gebrochenen Zellenbeton, enthalten kann) und die Wiederverwendung von Rosten an einer anderen Baustelle möglich.



Zirkuläre Produkte

Im Rahmen des ProReMat-Projekts hat das WTB, in Zusammenarbeit mit der Gruppe Van Roey, eine nicht vollständige Übersicht von Produkten erstellt, die eine oder mehrere Qualitäten bezüglich der Zirkularitätskriterien aufweisen (z.B. Wiederverwertungsziegel). Weitere diesbezügliche Informationen finden Sie auf der Website www.proremat.be. In diesem Zusammenhang möchten wir darauf hinweisen, dass die in die Datenbank aufgenommenen Produkte nicht hinsichtlich ihrer technischen Leistungen bewertet wurden. Es ist daher erforderlich, die Leistungen eines jeden Projekts in Abhängigkeit der beabsichtigten Anwendung zu bestimmen.



Gruppe Van Roey

davon während der Nutzungsphase angepasst oder ersetzt werden müssen. Um diese Änderungen leicht durchführen zu können, wird das Gebäude am besten aus **verschiedenen unabhängigen Schichten** aufgebaut (siehe Kasten ‚Aufbau in Schichten‘ auf der vorherigen Seite), wie z.B.:

- der Tragkonstruktion
- den technischen Anlagen
- der Fassade
- dem Dach
- der Innenverkleidung und -einrichtung
- dem Mobiliar.

2.3 Schritt 3: Wahl der Materialien

Der dritte Schritt besteht darin, die Materialien, die Produkte und die technischen Lösungen zu wählen. Auch auf dieser Ebene kann man Zirkularität und eine geringe Umweltauswirkung anstreben, beispielsweise durch eine Entscheidung für:

- **demontierbare und wiederverwendbare Materialien:** robust, verschleißfest, wertvoll ...
- **recyclebare Materialien:** Vermeiden von komplexen Verbundwerkstoffen und Schadstoffen

- **natürliche Materialien:** kompostierbare oder biologisch abbaubare Materialien
- **Materialien, die sich bereits im Materialkreislauf befinden:** wiederverwendete oder recycelte Materialien oder Restströme aus anderen Sektoren (siehe Kasten ‚Trockenestriche‘ auf der vorherigen Seite).

Für eine Übersicht über mögliche Lösungen verweisen wir auf den Kasten ‚Zirkuläre Produkte‘.

Es ist diesbezüglich anzumerken, dass zirkuläre Materialien oder Lösungen nicht notwendigerweise eine geringere Umweltauswirkung haben. So kann es manchmal sein, dass sie bei der Herstellung mehr Energie erfordern und sich ihr Transport als aufwändiger erweist oder dass ihre Austauschhäufigkeit höher ist (siehe Artikel S. 12).

2.4 Schritt 4: Baudetails und Verbindungen

Wenn man eine Anpassbarkeit und die Wiederverwendung von Bauelementen und -materialien am Ende der Nutzungsphase des Gebäudes anstrebt, ist es wichtig, auf folgende



Circular Retrofit Lab

Die vorhandene, modulare Betonskelettkonstruktion von alten Studentenzimmern wurde mit modularen Fassadenelementen und demontierbaren Innenwänden erneut verkleidet. Die technischen Anlagen bleiben für spätere Anpassungen zugänglich. Für weitere Informationen:

<https://www.vub.be/arch/project/circularretrofitlab>.



Atract architecture - BLIEBERG - P. Van Gelooven

Reversible Verbindungen

Im Lab2Fab-Projekt liegen die Dachblechplatten auf einer Stahl-Tragkonstruktion auf und kann die aus CLT-Elementen aufgebaute Fassade (mittels Nut- und Feder-Verbindung) für die Demontage problemlos von der Konstruktion gelöst werden.

Punkte zu setzen:

- **Modularität:** Standardmaße (siehe Kasten ‚Circular Retrofit Lab‘ auf der vorherigen Seite)
- **Vereinbarkeit:** Materialien, die miteinander verträglich sind
- **reversible Verbindungen oder ‚Lösbarkeit‘**, durch so weit wie möglich auf mechanische Verbindungen (z.B. Schrauben oder Klemmschellen) zurückzugreifen und die Verwendung von Klebern und Kittungen auf ein Minimum zu reduzieren (siehe Kasten ‚Reversible Verbindungen‘).

2.5 Schritt 5: Ausführung

Die wichtigste Aufgabe des Bauunternehmers besteht darin, den Entwurf vor Ort in die Praxis umzusetzen. Da die oben skizzierten Entscheidungen auch einen Einfluss auf seine Rolle und Tätigkeiten haben, ist es – zum Erhalt eines optimalen Ergebnisses – wichtig, dass zwischen dem Ausführenden und dem Planer eine gute Zusammenarbeit besteht.

2.5.1 Praktische Machbarkeit

Die während des Entwurfs ausgearbeiteten Lösungen müssen auch praktikabel sein. Die Erfahrung hat jedoch gelehrt, dass manchmal Lösungen vorgeschlagen werden, die in der Praxis (noch) nicht existieren oder die einen ungeheuren Arbeitsaufwand erfordern. So ist es beispielsweise nicht einfach, für große Gebäude ein entsprechend umfangreiches

einheitliches Los an Wiederverwertungsziegeln zu finden oder Recyclingbeton zu bekommen, der über die erforderlichen technischen Bescheinigungen verfügt.

Folglich wird die Ausführung mehr Vorbereitung erfordern. Denken wir in diesem Zusammenhang nur einmal an:

- das Einholen der richtigen Informationen
- die gegenseitige Koordination der Arbeiten von den verschiedenen Parteien
- das Ausarbeiten von Baudetails, die nicht nur realisierbar, sondern auch ausreichend leistungsfähig sind (z.B. wasser- und luftdicht).

Doch dessen ungeachtet bieten bestimmte zirkuläre Lösungen auch **eine Reihe von Vorteilen** gegenüber den traditionellen Systemen. Beispiele dafür sind eine schnellere Ausführung (z.B. das Installieren von demontierbaren Wänden, siehe Kasten auf der nächsten Seite) oder die Möglichkeit, auch bei sehr kaltem oder sehr warmem Wetter zu arbeiten (z.B. Montage von Ziegelsteinen ohne Mörtel).

2.5.2 Technische Validierung und Innovation

Sowohl ‚alte‘ als auch ‚neue‘ Bauprodukte können **technische Herausforderungen** mit sich bringen. So verfügen die meisten innovativen Lösungen bis jetzt nicht über umfangreiche Erfahrungsnachweise aus der Praxis, auf die man zurückgreifen kann. Zudem passen sie nicht immer in den existierenden normativen Rahmen. Dies bedeutet jedoch keineswegs, dass diese Lösungen nicht angewendet werden

können, wohl aber, dass dabei auf durchdachte Weise vorgegangen werden muss. Man muss beispielsweise genug Zeit und ausreichende Mittel einplanen, um die erforderlichen technischen Informationen im Zusammenhang mit den Leistungen der Produkte zu sammeln.

Wenn die Leistungen von noch nicht validierten Lösungen vorher nicht garantiert werden können, kann man erwägen, diese Leistungen mittels moderner Technologien (wie z.B. Sensoren und Monitoring) genau zu verfolgen. Es liegt natürlich auf der Hand, dass in dem Fall klare Vereinbarungen in Bezug auf die Verantwortungsbereiche der beteiligten Parteien und die Art und Weise getroffen werden müssen, in der etwaige Probleme behoben werden.

2.5.3 Kosten von zirkulären Lösungen

Das Realisieren von zirkulären und nachhaltigen Gebäuden kann mit gewissen **Mehrkosten** verbunden sein, insbesondere wenn die Lösungen sich noch in einer Versuchsphase befinden oder wenn das Zirkularitätskonzept nicht beim Entwurf berücksichtigt wurde. Es sind dennoch verschiedene Ansätze zur Kompensation dieser Mehrkosten möglich:

- eine andere Form der **Ausschreibung**, die nicht nur den niedrigsten Preis, sondern auch die Lebenszykluskosten oder die Umweltvorteile berücksichtigt. Dies erfordert natürlich ein ausreichendes Wissen aller Parteien über

die Thematik und eine standardisierte Methodik, auf deren Grundlage ein objektiver Vergleich zwischen den verschiedenen Optionen erfolgen kann

- eine andere Form der **Finanzierung**: Ein Leasing- oder Mietkonzept ermöglicht es beispielsweise, die anfänglichen Investitionskosten über einen längeren Zeitraum zu verteilen.

3 Schlussfolgerung

Wenn die Zirkularität beim Entwurf berücksichtigt wird und dafür bestimmte Entscheidungen getroffen werden, können Gebäude und Bauelemente ihren Wert länger behalten. Da diese Entscheidungen auch einen Einfluss auf die Ausführung haben, wird es im Laufe der nächsten Jahre sehr wichtig werden, möglichst viele praktische Kenntnisse zu erwerben und diese anschließend mit dem gesamten Bausektor zu teilen. ◆

*Dieser Artikel wurde im Rahmen von zahlreichen Projekten verfasst, darunter das Projekt **Proeftuin Circulair Bouwen**, bezuschusst von Vlaanderen Circulair und OVAM, und das europäische FEDER-Projekt **BBSM** (spezifischer die **Veröffentlichung zum Thema Entwurfsqualitäten der VUB**).*



Demontierbare Wände

JuuNoo-Innenwandkonstruktionen müssen nicht geschraubt werden, sondern können mithilfe von teleskopartig ausziehbareren Rahmen zwischen dem Boden und der Decke fest verklemt werden. Die Platten können mit Schrauben oder mit Klettbandern an dieser Klemmkonstruktion befestigt werden.



Hin zu einer geringeren Umweltauswirkung von Beton

Beton ist eines der am häufigsten verwendeten Materialien im Bausektor und hat deshalb auch eine hohe Umweltauswirkung. Diese Auswirkung lässt sich durch die Optimierung des Armierungsanteils, die Anwendung alternativer Zementsorten und Bindemittel oder die Verwendung von recycelten Granulaten verringern. Auf diese Weise wird darüber hinaus eine adäquate Reaktion auf die zunehmende Knappheit an Rohstoffen und den großen Berg an Bauschutt und Abbruchmaterial geliefert.

A. Janssen, Dr. Sc., Projektleiter, Laboratorium Umweltleistung, WTB

L. Wastiels, Dr. Ir-Arch., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Umweltleistung, WTB

1 Umweltauswirkung von (Stahl-)Beton

Um die Umweltauswirkung von Beton zu bestimmen, muss der **gesamte Lebenszyklus** des Materials berücksichtigt werden, von dem Abbau und der Verarbeitung der Rohstoffe, über den Transport zur Baustelle und der dortigen Verarbeitung, bis zum Abriss des Bauwerks am Ende der Lebensdauer. Die Bestimmung der Umweltauswirkung erfolgt mithilfe von Lebenszyklusanalysen (LCA), und zwar anhand von **17 verschiedenen Umweltauswirkungsindikatoren** (z.B. Klimawandel, Feinstaubbildung, Erschöpfung von Rohstoffen und menschliche Toxizität). Diese können in Umweltkosten umgerechnet werden, die die gesellschaftlichen Kosten darstellen, um die etwaigen Umweltprobleme zu vermeiden oder zu kompensieren (siehe [Les Dossiers du CSTC 2018/2.2](#)).

Als Referenz gibt die Grafik auf der nächsten Seite die Umweltauswirkung von einem gebrauchsfertigen Stahlbeton an, der mit Portlandzement (CEM I) und primären Granulaten (nicht recycelter Sand und Kies) angemacht wurde, entsprechend den Dauerhaftigkeitsanforderungen der Norm NBN B 15-001 für die Umgebungsklasse EE3 (Frost- und Regenexposition). Bei diesem Beispiel wird ein Mindest-Zementgehalt von 320 kg pro m³ Beton berücksichtigt. In der Praxis sind die angewendeten Zementgehalte häufig höher.

Aus der Grafik lässt sich ableiten, **dass der Zement bei Weitem die größte Auswirkung hat**. Dies ist hauptsächlich auf die hohen CO₂-Emissionen während der Produktion der Klinker, dem Hauptbestandteil von Portlandzement, zurückzuführen. Auch die Abfallverarbeitung am Ende der Lebensdauer hat eine beträchtliche Umweltauswirkung, vor allem wegen des Energieverbrauchs und der Feinstaubbildung während des Abrisses, des Transports zum Recyclingzentrum und des Recyclings. Die Auswirkung des

Sandanteils und der groben Granulate rührt schließlich von dem Abbau und der Verarbeitung der Rohstoffe sowie dem Transport zur Betonzentrale her.

Auch der Armierungsstahl hat eine nicht zu unterschätzende Umweltauswirkung. Diese ist hauptsächlich durch den Einfluss der Metalle auf die Indikatoren bezüglich der Toxizität für den Menschen bedingt. Hinsichtlich dieser Indikatoren besteht jedoch noch eine recht große Unsicherheit, da die zugrunde liegenden Methoden als weniger robust betrachtet werden.

2 Verringerung der Umweltauswirkung von Beton

Genauso wie für jedes Bauprodukt oder -system besteht die allgemeine Strategie aus dem **Optimieren der Materialmengen** (z.B. dem Errichten von schlankeren Konstruktionen oder der Verwendung von Hohlelementen). Auch das Verlängern der Lebensdauer von Betonkonstruktionen durch eine regelmäßige Instandhaltung kann zu einer Verringerung der Umweltauswirkung dieses Materials beitragen.

2.1 Optimierung des Armierungsanteils

Innerhalb einer spezifischen Anwendung und Belastung können hinsichtlich des Armierungsanteils bedeutende Unterschiede bestehen. Die Entscheidung für eine Betonschalplattendecke, Hohlplatten oder eine vor Ort gegossene Platte wird beispielsweise einen Einfluss auf die benötigte Armierungsmenge haben. So ist bei großen strukturellen vorgefertigten Elementen eine zusätzliche Armierung erforderlich, um die Belastungen während des Transports zur Baustelle oder bei der Installation aufnehmen zu können.

2.2 Wahl von alternativen Zementsorten

Was die Betonzusammensetzung betrifft, kann die Umweltauswirkung durch die Nutzung von Zementtypen mit einem niedrigeren Klinkergehalt verringert werden. So weisen die Lebenszyklusanalysen von verschiedenen recycelten Zementtypen auf Umweltgewinne bis 60 % pro kg Zement bezogen auf einen klassischen Portlandzement (CEM I) hin. Bei der **Anwendung von Hochofenzement** (CEM III/A) anstelle von Portlandzement in gebrauchsfertigem Beton kann man auf diese Weise einen Umweltgewinn von ungefähr 20 % verzeichnen (siehe Grafik).

Aus technischen oder logistischen Gründen ist es jedoch nicht immer möglich, Hochofenzement zu verwenden. So können die längeren Entschalungszeiten (z.B. bei der Vorfertigung) oder der hellere Farbton Hindernisse für die Nutzung von Zementsorten mit niedrigeren Klinkergehalten darstellen.

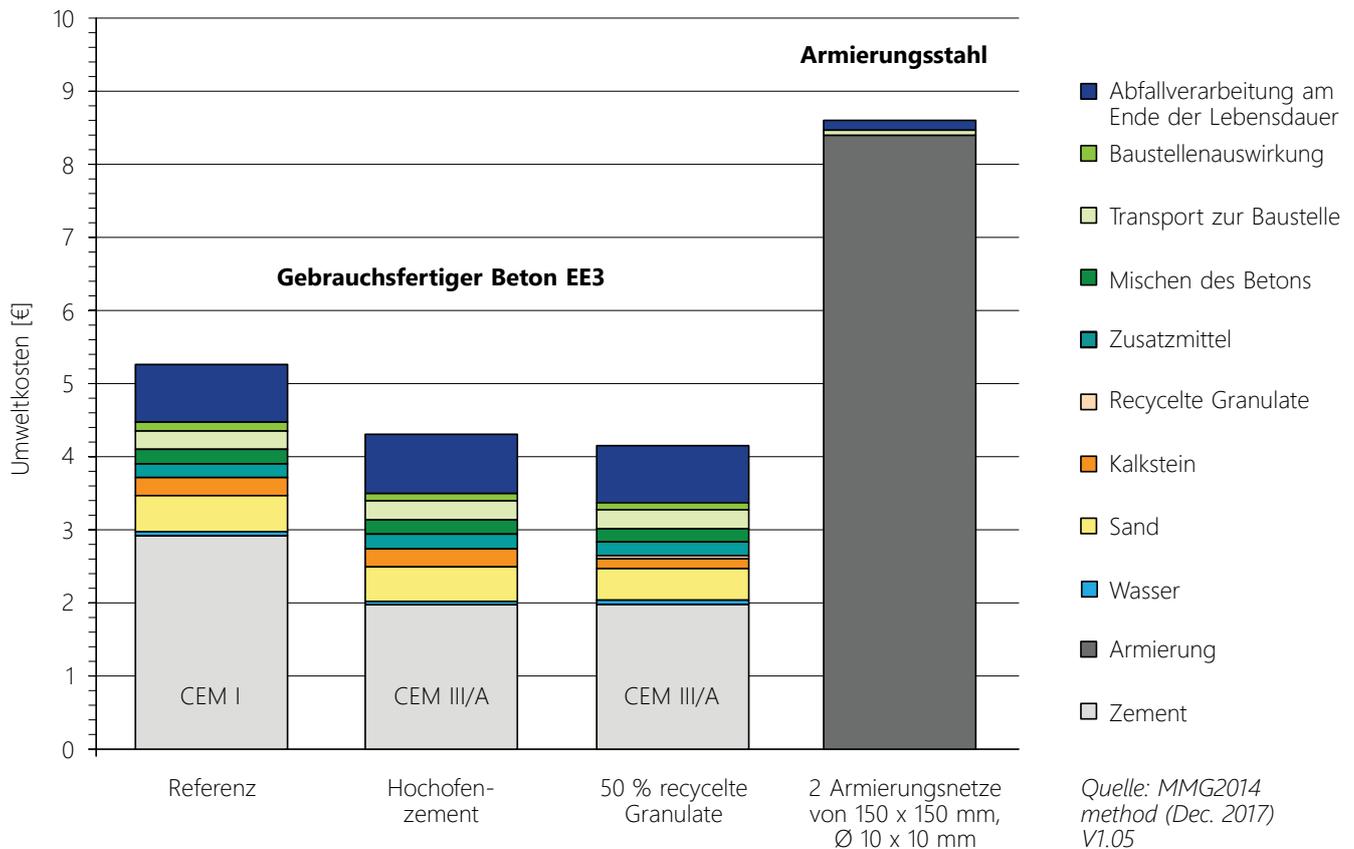
Neben den oben erwähnten klassischen Zementsorten gibt es auch eine Reihe von alternativen Bindemitteln, wie z.B. Geopolymeren, auf dem Markt. Innerhalb des Circular Concrete-Projekts wurden die technischen Leistungen und die Umweltauswirkung von ihnen genauer untersucht (www.circular-concrete.be).

2.3 Verwendung von recycelten Granulaten

Obwohl das teilweise Austauschen von primären groben Granulaten (gebrochener Kalkstein) durch recycelte, von Bauschutt und Abbruchmaterial stammende Granulate nur einen geringen Umweltgewinn ergibt (eine Verringerung von 5 % der Produktionsauswirkung im Falle eines Austauschanteils von 50 %, siehe Grafik), ist dies doch im Hinblick auf die zunehmende Knappheit an Rohstoffen nützlich.

Der Umweltgewinn ist jedoch **stark abhängig von dem für die recycelten Granulate benötigten Transport** zur Baustelle. So können zu große Transportentfernungen und die Nutzung von bestimmten Transportmitteln den Umweltgewinn zunichtemachen.

Obwohl die Druckfestigkeit des Betons bei Verwendung von recycelten Granulaten im Allgemeinen leicht sinkt, ist grundsätzlich keine Erhöhung des Zementgehalts erforderlich, wenn mit einem Austauschanteil von 20 bis 30 % gearbeitet wird (siehe [Les Dossiers du CSTC 2019/5.1](#)). Sollte man den Zementgehalt doch erhöhen, kann die Umweltauswirkung des Betons als Folge der Auswirkung des Zements dermaßen steigen, dass der Umweltvorteil zunichte gemacht wird. 



Umweltauswirkung einer Stahlbetonplatte mit einer Fläche von 1 m² und einer Dicke von 15 cm in Abhängigkeit der Betonzusammensetzung.



Biobasierte Materialien innerhalb der Kreislaufwirtschaft

Um der wachsenden Nachfrage nach Baumaterialien im Hinblick auf die derzeitigen gesellschaftlichen und Umweltzielsetzungen entsprechen zu können, ist der weitere Ausbau des Marktes von biobasierten Materialien von wesentlicher Bedeutung. Man muss jedoch der tatsächlichen Auswirkung dieser Produkte auf die Umwelt Aufmerksamkeit schenken.

L. Delem, Ir., Projektleiter, Laboratorium Umweltleistung, WTB

L. Wastiels, Dr. Ir-Arch., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Umweltleistung, WTB

Die Anwendung von biobasierten Materialien passt sehr gut in das Streben nach einem Ansatz der Kreislaufwirtschaft und des Ökodesigns, da diese Materialien viele Vorteile bieten. Denn neben dem Umstand, dass sie erneuerbar und potenziell auch biologisch abbaubar sind, gestatten sie auch:

- **vorübergehend Kohlendioxid (CO₂) zu speichern**
- **die lokale Wirtschaft zu stimulieren.**

Genauso wie bei allen anderen Materialien ist es jedoch erforderlich, sich davon zu vergewissern, dass ihre technischen Leistungen zu der beabsichtigten Anwendung passen. Die Tatsache, dass ein Produkt (oder ein Teil von ihm) biologischen Ursprungs ist, heißt nämlich an sich noch nicht, dass es auch eine geringe Umweltauswirkung hat. Auf den nächsten Seiten gehen wir näher auf einige Punkte ein, die in diesem Kontext in Betracht gezogen werden müssen.

Betrachten der Gesamtumweltbilanz

Biobasierte Materialien haben grundsätzlich eine relativ günstige **Kohlenstoffbilanz** (siehe Kasten auf der nächsten Seite). Diese Schlussfolgerung darf allerdings nicht verallgemeinert werden, weil diese Materialien nur selten vollständig aus biobasierten Rohstoffen bestehen. Denn um ihre technischen Leistungen über einen längeren Zeitraum gewährleisten zu können, müssen ihnen häufig **bestimmte Bestandteile** (z.B. Bindemittel, Flammschutzmittel und Fungizide) zugesetzt werden. Außerdem können auch der Anbau, der Transport und die Verarbeitung von biobasierten Rohstoffen eine beträchtliche Umweltauswirkung aufweisen.

Die Gesamtumweltleistung eines Materials hängt nicht nur von seinem CO₂-Ausstoß ab, sondern auch von seinem Einfluss auf eine Reihe anderer Aspekte. Auf Basis einer Kohlenstoff-

Biobasierte Materialien

Unter biobasierten Rohstoffen werden pflanzliche und tierische Stoffe verstanden, die hauptsächlich aus der Forst- und der Landwirtschaft stammen. Sie haben einen **relativ kurzen Regenerierungszyklus** (höchstens einige Jahrzehnte) und sind folglich erneuerbar (im Gegensatz zu fossilen oder mineralischen Rohstoffen).

Im Bauwesen sind die vor allem verwendeten Rohstoffe Holz, Holzfaserverivate, Stroh, Hanf und Zellstoffwatten. Neben dem Holzbau sind noch viele andere Anwendungen für biobasierte Rohstoffe möglich: Dämmung, Plattenmaterialien, Anstrichfarben, Kleber, leichte Granulate ...

CO₂-Fußabdruck

Der CO₂-Fußabdruck oder die Kohlenstoffbilanz eines Materials drückt – in Kilogramm CO₂-Äquivalenten – **die Menge an Treibhausgas aus, die während der verschiedenen Stufen des Lebenszyklus von diesem Material** (Abbau der Rohstoffe, Transport, Verarbeitung und Ende der Lebensdauer) **emittiert wird**. Dieser Wert quantifiziert den potenziellen Beitrag des Materials zur Klimaerwärmung. Je kleiner der CO₂-Fußabdruck ist, desto geringer ist die Umweltauswirkung.

Dank des Photosyntheseprozesses können die Pflanzen das in der Luft vorhandene CO₂ aufnehmen (siehe Abbildung 1 auf der nächsten Seite, **1**). Wenn diese pflanzliche Materie zum Herstellen eines Baumaterials verwendet wird, wird der so aufgenommene (vom CO₂ stammende) Kohlenstoff im Material in Form von biogenem Kohlenstoff gespeichert. Dieser wird – hauptsächlich in Form von CO₂ – am Ende des Lebenszyklus des Produkts erneut freigesetzt (Verbrennung, Deponierung, Kompostierung) (siehe Abbildung 1 auf der nächsten Seite, **5**).

Zur Vereinfachung wird bei bestimmten Bewertungstools, darunter auch das TOTEM-Tool (siehe [Les Dossiers du CSTC 2018/2.2](#)), der CO₂-Strom biogenen Ursprungs (CO₂-Aufnahme durch die pflanzliche Materie und Abgabe einer äquivalenten CO₂-Menge am Ende des Lebenszyklus) bewusst nicht berücksichtigt.

bilanz könnte man beispielsweise folgern, dass die künstliche Trocknung mithilfe eines (durch Sägeabfällen gespeisten) Biomassekessels nur eine geringe Auswirkung hat, da der durch die Verbrennung dieser Holzabfälle hervorgerufene Ausstoß durch die anfängliche CO₂-Aufnahme beim Wachsen des Baumes kompensiert wird. Wenn jedoch zugleich auch der Ausstoß von Feinstaub einbezogen wird, dann stellt sich heraus, dass die natürliche Trocknung ganz deutlich vorzuziehen ist. Es ist daher wichtig, nicht nur den gesamten Lebenszyklus der Materialien zu betrachten, sondern auch **andere Umweltproblematiken** zu berücksichtigen.

Bevorzugung von nachhaltig angebauten Rohstoffen

Die Art und Weise, in der ein Rohstoff angebaut wird, ist im

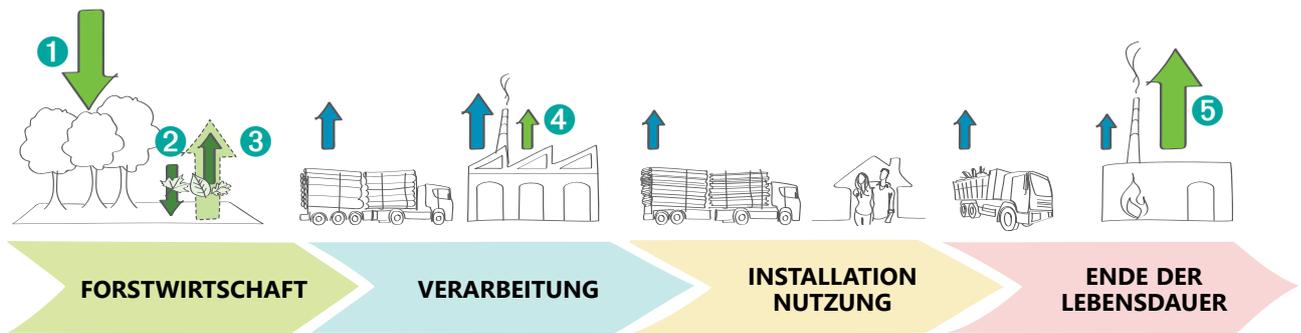
Allgemeinen für die Umweltauswirkung und den CO₂-Fußabdruck mitentscheidend. Man muss somit den nachhaltig angebauten Rohstoffen den Vorzug geben. Da der Boden Kohlenstoff in Form von organischem Material (Reste von Pflanzen, Tieren und anderen Organismen in einem unterschiedlichen Grad der Zersetzung) enthält, können bei der intensiven Nutzung in der Tat große Mengen an Kohlenstoff in die Atmosphäre gelangen (siehe Abbildung 1 auf der nächsten Seite).

Für Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft (FSC, PEFC) kann man davon ausgehen, dass der Kohlenstoffvorrat im Boden konstant gehalten wird (d.h. dass die Zufuhr und der Abbau von organischem Material im Gleichgewicht ist). Dagegen ist für Holz aus nicht nachhaltiger Forstwirtschaft das Ausmaß des Abbaus von organischem Material im Boden größer als das der Zufuhr (siehe Abbildung 1, **2** und **3**). Es wird mit anderen Worten ein Netto-CO₂-Ausstoß aus dem Boden vorliegen. Man geht davon aus, dass dieser Ausstoß von der gleichen Größenordnung ist wie die Menge an Kohlenstoff, die vom Holz aufgenommen und gespeichert wird. In dem Fall bewirkt der Ausstoß aus dem Boden somit, dass die mit der Speicherung einhergehenden Vorteile zunichte gemacht werden und dass die biogene Kohlenstoffbilanz größer als null ist.

Nutzen von recycelten Stoffen oder von landwirtschaftlichen Nebenprodukten

Nebenprodukte oder Restabfälle aus der Landwirtschaft (z.B. Stroh und Getreidehülsen) oder – besser noch – der **Abfall von biobasierten Materialien**, der aus anderen Sektoren stammt (z.B. Textilabfälle oder Papier, verwendet für die Herstellung von Dämmstoffen), sind sehr interessant, da ein (großer) Teil der Auswirkung, die aus ihrem Anbau resultiert, dem Hauptprodukt (z.B. Getreide) oder dem anfänglichen Produkt (z.B. Zeitungspapier oder Kleidung) zugeschrieben werden kann. Darüber hinaus passt deren Nutzung sehr gut





- 1 Aufnahme von CO₂ durch die Bäume, um organisches Material zu produzieren (Photosynthese)
- 2 Übertragung von Kohlenstoff auf den Boden

- 3 Emission von CO₂ als Folge der Zersetzung von organischem Material im Boden (der kleine Pfeil steht für nachhaltige Forstwirtschaft, der große Pfeil für nicht nachhaltige Forstwirtschaft)

- 4 Ausstoß von biogenem CO₂ (Trocknung – Biomassekessel)
- 5 Ausstoß von CO₂ während der Verbrennung

➔ Biogener Kohlenstoff in Form von CO₂ oder organischem Material

➔ CO₂, das bei der Verbrennung fossiler Rohstoffe freigesetzt wird

1 | Aufnahme und Ausstoß von CO₂ während des Lebenszyklus von Materialien auf Basis von Holz.

in das Konzept der Kreislaufwirtschaft, während das Risiko in Bezug auf die Konkurrenz mit anderen Formen der Bodennutzung (z.B. für Nahrung) begrenzt bleibt. Sofern dies auf eine durchdachte Weise erfolgt, bildet auch die Nutzung von Produkten, die aus einem natürlichen Ökosystem stammen (z.B. Schilfrohr), eine interessante Alternative.

Auswirkung, da es mit dem Flugzeug aus Neuseeland eingeführt wurde.

Begünstigen von kurzen Lieferwegen

Wahl von Produkten, die über ein Umweltlabel verfügen

Um zu vermeiden, dass die Auswirkung als Folge des Transports zu groß würde und um die lokale Wirtschaft zu stimulieren, kann es interessant sein, den lokalen Kulturen den Vorzug zu geben. Für die Auswirkung des Transports ist jedoch nicht nur die **Entfernung**, sondern auch das **Transportmittel** maßgebend. So entscheidet man sich bei gleicher Entfernung am besten für einen Transport mit dem Schiff oder der Eisenbahn anstelle eines Transports mit dem Lkw (oder gar mit dem Flugzeug). Die Grafik auf der folgenden Seite, die den relativen Beitrag der verschiedenen Bestandteile einer grünen Fassade wiedergibt, zeigt die Bedeutung des Transports für die Auswirkung sehr gut. So hat das Torfmoos – trotz des Umstandes, dass es ein zu 100 % pflanzlicher Bestandteil ist – eine beträchtliche

Biobasierte Bauprodukte werden häufig als gesünder wahrgenommen. Doch bedeuten Angaben wie z.B. ‚natürlich‘ oder ‚von biologischem Ursprung‘ nicht notwendigerweise, dass die Materialien nicht für die Gesundheit schädlich sind. Denn sie können tatsächlich flüchtige organische Verbindungen (FOV) emittieren und in bestimmten Bauprodukten außerdem mit Bestandteilen wie z.B. Klebern oder Fungiziden assoziiert sein. Für Materialien, die direkt mit der Innenumgebung in Kontakt stehen, ist es somit besser Alternativen zu wählen, die über ein **Label für geringe Emissionen** (z.B. Greenguard, M1 und Indoor Air Comfort) oder über ein Umweltlabel (z.B. Ecolabel, Blue Angel oder NaturePlus) verfügen (siehe **WTB-Bericht Nr. 17**). Neben Umweltkriterien auferlegen diese Labels im Allgemeinen auch die Einhaltung von Anforderungen bezüglich der Emission von Schadstoffen (FOV ...) in die Raumluft. Das Verfahren für den Erhalt eines solchen Labels ist freiwillig und kostenpflichtig. Dies hat zur

Labels für biobasierte Produkte



In Frankreich – und seit kurzem auch in der Wallonie – existiert ein Label für biobasierte Produkte. Dieses Label gibt den Gehalt an biobasierter Materie an. Der geforderte Mindestanteil für den Erhalt des Labels ist von Produkt zu Produkt verschieden (z.B. 70 % für Wärmedämmstoffe und 10 % für Abdichtungsmembranen).

Die Anfragenden des Wallonischen Labels können außerdem noch zusätzliche Kennzeichnungen, wie z.B. ‚lokale Kette‘ oder ‚Wallonische Kette‘, erhalten. Um die Kennzeichnung als lokale Kette erhalten zu können, müssen mindestens 80 % der biobasierten Stoffe innerhalb eines Radius von 350 km um den Produktionsstandort produziert, recycelt oder verarbeitet werden. Eine andere Anforderung für den Erhalt dieses Labels besteht darin, dass innerhalb von 12 Monaten eine Umweltprodukterklärung (EPD, *Environmental Product*

Declaration) zur Verfügung gestellt wird. Für weitere Informationen: www.produitbiosource.fr.

Folge, dass ein Produkt ohne Label nicht notwendigerweise weniger gesund sein muss.

Wahl von nachhaltigen, recycelbaren oder kompostierbaren Materialien

Dadurch, dass man einerseits Produkten mit einer relativ langen Lebensdauer den Vorzug gibt und andererseits die Demontage- und Wiederverwendungsmöglichkeiten der Materialien am Ende ihres Lebenszyklus optimiert, kann man die Menge an Rohstoffen, die für die Herstellung neuer Produkte erforderlich ist, stark reduzieren. Diese Argumentation trifft auch auf biobasierte Materialien zu. In dem Fall sorgt die Verlängerung der Lebensdauer darüber hinaus dafür, dass der im Produkt gespeicherte Kohlenstoff erst viel später erneut freigesetzt wird (siehe Abbildung 1 auf der vorherigen Seite, 5).

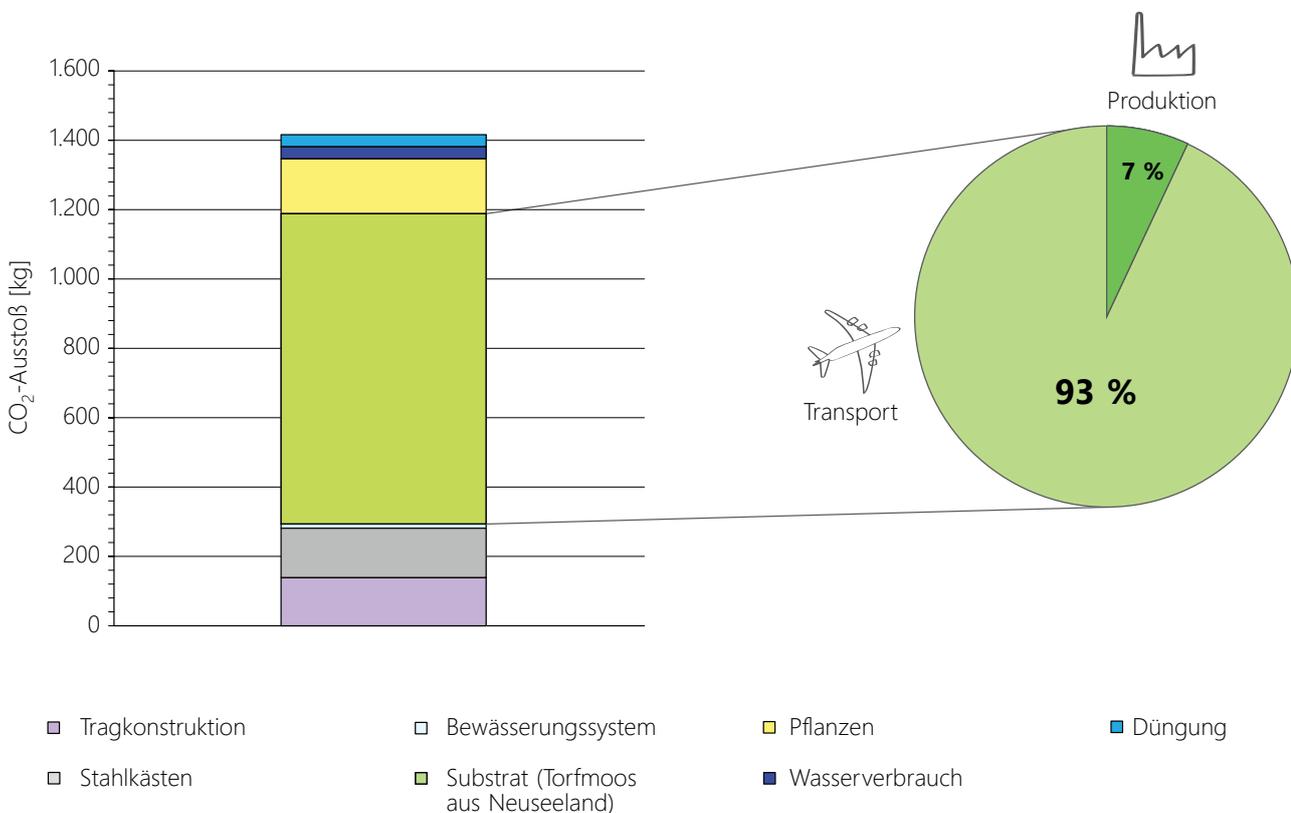
Neben dem Umstand, dass biobasierte Materialien am Ende ihrer Lebensdauer nicht entsorgt, sondern **wiederverwert** und **recycelt** werden können (technologischer Zyklus der Kreislaufwirtschaft), bieten sie grundsätzlich den Vorteil, dass sie potenziell **biologisch abbaubar** (kompostierbar) sind und so am biologischen Zyklus der Kreislaufwirtschaft teilnehmen können. Ihr Verwendungszweck am Ende ihres Lebenszyklus wird jedoch durch verschiedene Faktoren, wie z.B. die Art ihrer nicht biobasierten Zuschlagstoffe, die Verarbeitung und die Verfügbarkeit von Aufbereitungsanlagen, beeinflusst.

Mit Ausnahme von Holz und seinen Derivaten ist der Marktanteil von biobasierten Baumaterialien bis jetzt relativ klein. Die Logistik zur Verbesserung ihres Recycling- und Kompostierpotenzials muss demzufolge noch größtenteils ausgearbeitet werden (Identifikation der Schlüsselströme, optimale Sortierung, Kompostier- und Recycling-Anlagen).

Welche Rolle wird biobasierten Materialien vorbehalten sein?

Allein auf die Nutzung von biobasierten Materialien zu setzen, ist ungenügend, um die Zielsetzungen auf dem Gebiet der nachhaltigen Entwicklung erreichen zu können. Sie bilden jedoch einen wichtigen Bestandteil des Programms. Ferner können sie eine adäquate Reaktion auf bestimmte umweltbezogene Herausforderungen des Bausektors bieten, wobei sie ein großes Potenzial für das Unterstützen der lokalen Wirtschaftsaktivitäten aufweisen. Es besteht allerdings eine große Diversität an Produkten und der biologische Ursprung der Rohstoffe (oder einem Teil von ihnen) ist an sich nicht ausreichend, um deren geringe Umweltauswirkung zu gewährleisten. 

Dieser Artikel wurde verfasst mit der Unterstützung des europäischen Programms Interreg 2Seas 2014-2020, und zwar im Rahmen des CBCI-Projekts. Für weitere Informationen verweisen wir auf: <https://www.interreg2seas.eu/en/CBCI>.



2 | Relativer Beitrag der verschiedenen Bestandteile einer grünen Fassade mit einem aus Neuseeland stammenden Substrat aus Torfmoos.



Die Leistungen von verschiebbaren Wänden sicherstellen

Die Innenwände nehmen, was die Kreislaufwirtschaft betrifft, eine wichtige Rolle ein. Denn sie gestatten es nicht nur, die Räume anzupassen, sondern können außerdem zur Wiederverwendung ausgebaut und in anderen Gebäuden nach einer Aufbereitung wiederverwendet werden. Dazu ist es jedoch erforderlich, dass sie einige Sicherheits- und Komfortanforderungen erfüllen und sich ihre Leistungen im Laufe der aufeinanderfolgenden Demontagen und erneuten Montagen nicht verringern.

L. Lassoie, Ing., Redaktionskoordinator und stellvertretender Koordinator der Technischen Komitees, WTB

Y. Martin, Ir., Koordinator Strategie und Innovation und Koordinator der Technischen Komitees, WTB

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

Welche Wand für welche Anwendung?

Es besteht eine breite Palette an sogenannten demontierbaren und/oder anpassbaren Wänden. Für ihre Unterscheidung dient vor allem ihr **Grad an Anpassbarkeit**.

Obwohl die Erstinvestition im Allgemeinen höher ist als für traditionelle Trennwände, kann die Nutzung von verschiebbaren Wänden sich schnell als vorteilhaft erweisen (sobald mindestens eine Anpassung hinsichtlich der Position der Wände innerhalb der ersten 15 Jahre durchgeführt wird). Dies erklärt den Erfolg von diesem Typ von Wänden in Bürogebäuden, Schulen ...

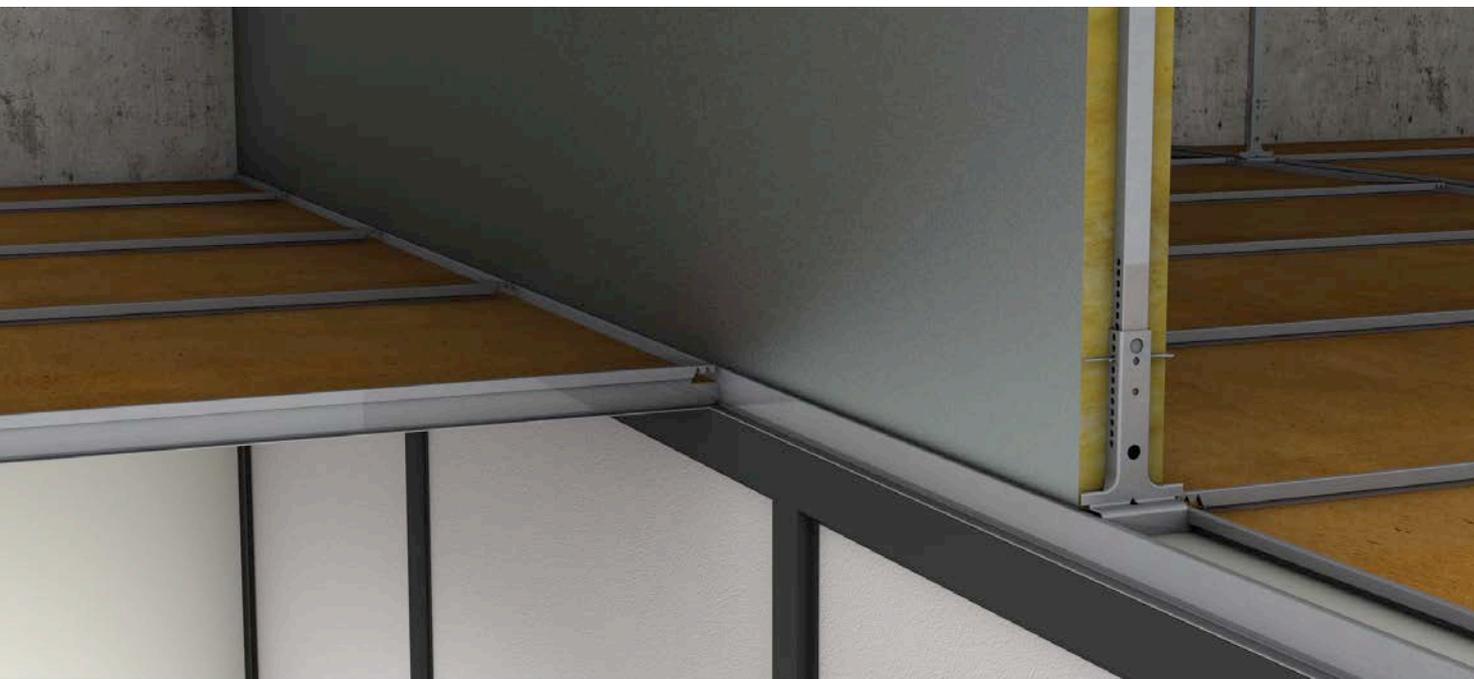
Seit kurzem trifft man diese Wände auch in Wohngebäuden an, wo sie es ermöglichen, die räumliche Aufteilung in Abhängigkeit der Erfordernisse oder Wünsche der Nutzer anzupassen.

In diese Wänden lassen sich verschiedene technische Anlagen integrieren. In der Regel handelt es sich dabei allerdings nur um Elektrokabel.

Demontierbare Wände müssen in jedem Fall **die gleichen Anforderungen wie ihre traditionellen Pendanten erfüllen**. So müssen sie einigen grundlegenden Anforderungen an die **Stabilität** und **Nutzungssicherheit** (zufällige Belastungen) genügen, wie dies in der **TI 233** dargelegt ist.

In bestimmten Situationen müssen jedoch auch noch andere Anforderungen in Betracht gezogen werden, beispielsweise auf dem Gebiet des Brandschutzes und des akustischen Komforts. Man muss natürlich darauf achten, dass die Leistungen der Wände im Laufe der aufeinanderfolgenden Verschiebungen erhalten bleiben, unabhängig davon, ob es sich um innovative Systeme oder gewöhnlichere Konzepte handelt.

1 | Ortsveränderliche Brandschutz- und/oder Schallschutzbarriere im Luftraum einer abgehängten Decke.



Brandschutz

Mit Ausnahme von Einfamilienhäusern müssen alle Neubauten dem Königlichen Erlass vom 7. Juli 1994 zur Festlegung von Grundnormen zur Brand- und Explosionsverhütung genügen. Darin wird gefordert, dass die Wände, die die Räumungswege oder Brandabschnitte begrenzen, je nach Höhe des Gebäudes EI-Leistungen aufweisen müssen, die zwischen 30 und 120 Minuten variieren.

Die **Verbindungen zwischen diesen Wänden** und der anderen Trennwände müssen gemäß den Anweisungen des Herstellers ausgeführt werden. Die aufeinanderfolgenden Demontagen und erneuten Montagen dürfen mit anderen Worten keinen negativen Einfluss auf diese Verbindungen haben. In der Regel muss man Folgendem eine besondere Aufmerksamkeit schenken:

- dem Typ der Profile
- ihrer Befestigung (Typ, Anzahl und Abstand)
- dem Vorhandensein eines nichtbrennbaren Füllmaterials (meistens Steinwolle).

Wenn die Wände nicht bis zu der oder den tragenden Decken verlängert werden und der Doppelboden und/oder die abgehängte Decke nicht über den erforderlichen Feuerwiderstand verfügt/verfügen, müssen im Luftraum **Brandschutzbarrieren** angebracht werden (siehe Abbildung 1 auf der vorherigen Seite). Diese können ortsveränderlich oder feststehend ausgeführt sein. In dem letzten Fall kann es interessant sein, sie in einem regelmäßigen Abstand zu installieren, um etwaige Verschiebungen vorwegzunehmen (siehe Abbildung 2).

Bei der erneuten Montage der ortsveränderlichen Brandschutzbarrieren muss man vorsichtig vorgehen. Die Installation dieser Elemente erfordert gewöhnlich eine **Anpassung der Profile**, von denen sie unterstützt werden (z.B. Begrenzung des Abstandes zwischen den Hängeelementen oder Hinzufügung von Gipsplattenstreifen im Profil). Außerdem muss der Anschlussbereich mit den angrenzenden Wänden (Decke, Wände und/oder Boden) mit Steinwolle verfüllt werden.

Die **Leitungs-, Kanal- oder Kabeldurchführungen an den Brandschutzbarrieren** dürfen keine negative Auswirkung auf den erforderlichen Feuerwiderstand der Barrieren haben (siehe TI 254). Die Brandschutzklappen, die auf den Lüftungskanälen vorhanden sind, müssen beispielsweise so woanders angebracht oder ersetzt werden, das sich das bewegliche Klappenblatt in der Achse der Brandschutzbarriere befindet. Wenn nichts anderes im Bericht der Brandprüfung angegeben ist, dürfen diese Einrichtungen nur in Höhe der nicht ortsveränderlichen Barrieren verwendet werden. Ferner müssen sie immer in einem Abstand bezogen auf die Wände von mehr als 75 mm angebracht werden. Der Mindestabstand zwischen zwei Klappen muss 200 mm betragen.

Schließlich muss man auf **die korrekte Integration der Steckdosen und Schalter** achten. Diese Elemente dürfen auf den beiden Seiten der Wand nicht gegenüberliegend voneinander installiert werden. Der Bereich um die Einbaudosen herum muss mit Steinwolle ausgeführt werden. Für Einfachdosen



2 | Feststehende Brandschutzbarrieren, die in einem regelmäßigen Abstand im Luftraum einer abgehängten Decke angebracht werden.

muss ein Mittenabstand von mindestens 100 mm eingehalten werden. Für Doppeldosen muss der Mittenabstand 200 mm betragen. Diese Anordnungen gelten nicht, wenn feuerbeständige Einbaudosen zur Anwendung kommen.

Akustischer Komfort

Genauso wie beim Brandschutz müssen alle Elemente – und insbesondere die Schallschutzbarrieren – im Luftraum des Doppelbodens und/oder der abgehängten Decke erneut installiert werden.

Es kann jedoch noch ein beträchtlicher Anteil des Schalls **über Elemente des Doppelbodens und/oder der abgehängten Decke** übertragen werden, und zwar vor allem wenn sie nur über eine begrenzte Masse verfügen. Die ideale Lösung besteht daher darin, diese in Höhe der vertikalen Wand zu unterbrechen. Eine solche Entkopplung ist allerdings nicht nur schwierig in der Praxis realisierbar, sondern darüber hinaus nicht erwünscht, wenn man eine flexible Raumaufteilung gewährleisten möchte. Um diesbezüglich Abhilfe zu schaffen, müsste man von Anfang an eine modulare Flexibilität der Wände vorsehen und den Doppelboden und/oder die abgehängte Decke somit in regelmäßigen Abständen unterbrechen.

Falls keine spezifischen Anordnungen vorliegen, müssen die **elektrischen Verteilerdosen** auf beiden Seiten der Wand mit einem gewissen Abstand zueinander installiert werden, der mindestens mit dem Abstand zwischen den Ständern der Konstruktion der Trennwand übereinstimmt. Man muss ebenfalls darauf achten, dass die etwaigen Fugen zwischen dieser Wand und allen angrenzenden Wänden mit einem porösen und elastischen Material verfüllt werden. Die Verwendung eines elastischen Kitts ist für verschiebbare Wände weniger geeignet. Dies gilt umso mehr, wenn eine häufige Änderung der Raumeinteilung vorgesehen ist. ◆

Wie die speziellen Techniken anpassbar machen?

Von Projektbeginn an muss man an die Anpassbarkeit der Räume und ihrer Techniken denken, wobei man die Räume in Module unterteilt. Dafür muss auch ausreichend Raum in den Technischächten, den Doppelböden und den abgehängten Decken vorgesehen werden. Schließlich muss man auch den Anpassungsmöglichkeiten der Technikräume eine besondere Aufmerksamkeit schenken.

B. Poncelet, Ir.-Arch., Projektleiter, Laboratorium Wassertechniken, WTB

P. Van den Bossche, Ing., Hauptprojektleiter, Abteilung Intelligente Anlagen und nachhaltige Lösungen, WTB

Dieser Artikel konzentriert sich auf die **Techniken für Sanitärinstallationen und HVAC-Anlagen** von kleinen Tertiärgebäuden (z.B. Kindertagesstätten, Schulen und kleine Büros). Dabei ist natürlich nicht außer Acht zu lassen, dass die hier angeführten Konzepte auch in Wohnungen, großen Gebäuden und bei anderen Techniken zur Anwendung kommen können.

Dieser Artikel ist nicht nur für **Planer** bestimmt. Denn er enthält auch nützliche Informationen für die **Installateure**, die im Falle von kleinen Tertiärgebäuden häufig beim Entwurf mitbeteiligt sind.

Anpassbarkeit auf der Ebene der Räume

Die Änderungen, die an den speziellen Techniken in Tertiärgebäuden durchgeführt werden müssen, sind im Allgemeinen Folgendem zuzuschreiben:

- einer neuen räumlichen Aufteilung (z.B. Verschiebung der Trennwände)
- einer Verwendungszweckänderung der Räume (z.B. Umwandlung von einzelnen Büros in Großraumbüros).

Die Herausforderung besteht daher darin, HVAC-Systeme zu entwickeln, die den Erfordernissen der Nutzer in allen Räumen entsprechen, ohne dabei ihr Änderungspotenzial zu gefährden.

Um eine maximale Anpassbarkeit zu erreichen, müsste man:

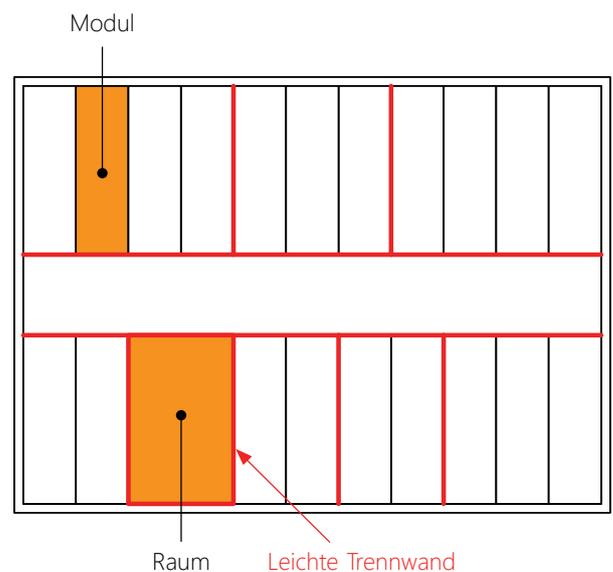
- das gesamte Anfangsvolumen in verschiedene **Module** unterteilen (siehe Abbildung 1). Jeder Raum kann ein oder mehrere Module umfassen
- Techniken entwickeln, die den Komfort und die Luftqualität in jedem dieser Module gewährleisten können.

Es handelt sich dabei um einen theoretischen Ansatz. Eine solche Konzeption hätte zur Folge, dass man für jedes Modul eine spezifische Endausrüstung (Heizkörper und

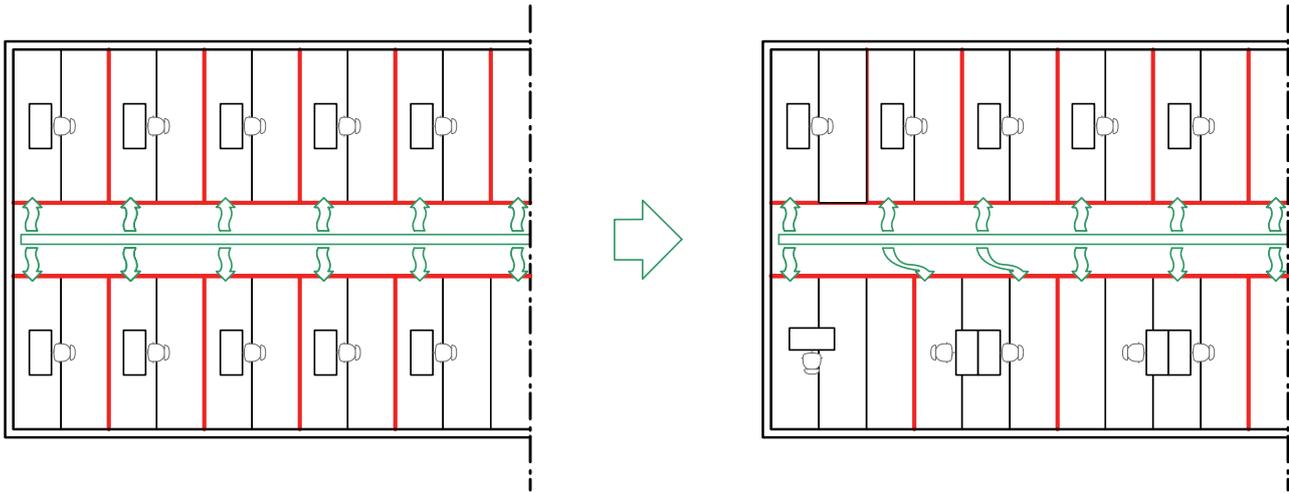
Lüftungsöffnungen) vorsehen müsste, was in der Praxis sehr teuer würde. Man muss daher für jedes Projekt einen Kompromiss zwischen der gewünschten Flexibilität und dem verfügbaren Budget finden.

Konkret bedeutet dies zum Beispiel:

- dass für jeweils zwei Module ein Luftverteiler installiert werden muss, mit der Möglichkeit zusätzliche Verteiler hinzuzufügen und diese dank kurzer flexibler Anschlüsse woanders anzubringen (siehe Abbildung 2 auf der nächsten Seite)
- dass man auf Flächenheizungssysteme (z.B. Strahlungsdecken) zurückgreifen muss, die eine einfache hydraulische Unterteilung pro Modul zulassen, da jedes Modul mit einem unabhängigen Hydraulikkreis ausgestattet ist.



1 | Übliche Unterteilung eines Stockwerks in mehrere Module.



2 | Durch die Installation eines Luftverteilers in regelmäßigen Abständen lassen sich die Trennwände mit einer minimalen Auswirkung auf das Lüftungsnetz woanders installieren.

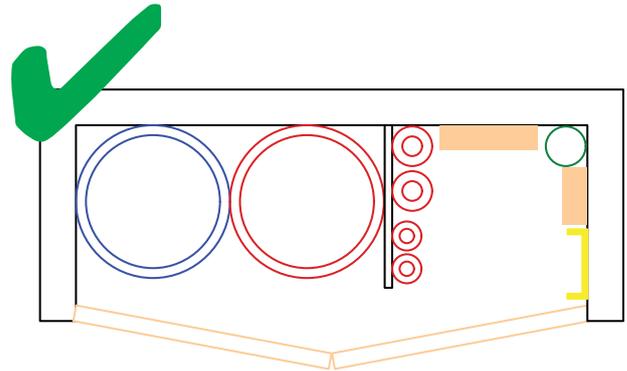
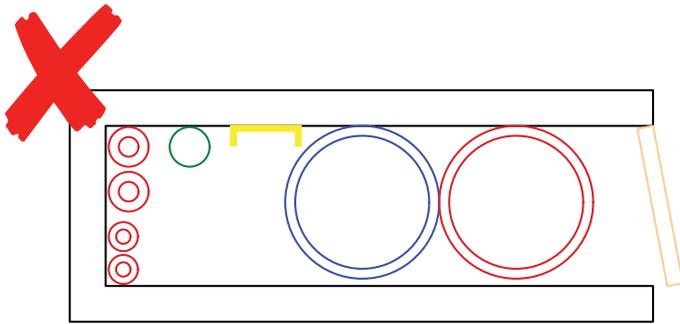
Anpassbarkeit auf der Ebene der technischen Verteilsysteme

Es wäre relativ kostspielig, beispielsweise für alle Luftkanäle im Hinblick auf eine etwaige Änderung des Verwendungszwecks eine Überdimensionierung vorzunehmen. Es ist dagegen durchaus möglich, einen Mindestgrad an Anpassbarkeit auf der Ebene der technischen Verteilsysteme (Schächte, Doppelböden und abgehängte Decken) vorzusehen. So muss man unter anderem:

- **einen zusätzlichen Raum in den vertikalen Schächten einrichten**, um eine optimale Anordnung der Techniken sicherzustellen und diesbezüglich Zugangsluken, Treppen, Roste ... vorzusehen. Auf diese Weise bleiben die verschiedenen Techniken nachträglich für Interventionen zugänglich. Zudem bleibt dadurch Raum für etwaige zukünftige Installationen verfügbar (siehe Abbildung 3 auf der nächsten Seite). Dem gleichen Gedankengang kann man für die horizontalen technischen Verteilsysteme, wie z.B. die abgehängten Decken und die Doppelböden, folgen
- **in einer ausreichenden Zahl vertikale Schächte vorsehen**, um im Rahmen des Möglichen die verschiedenen möglichen Anordnungen der Trennwände vorwegzunehmen. Dieser Ansatz wird bereits öfters beim Kaskoverkauf (*) und für die Vermietung von Großraumbüros angewendet
- **vermeiden, Techniken in Wänden einzuarbeiten, die Änderungen unterliegen können** (wie dies z.B. bei den Trennwänden zwischen Büros der Fall ist). Denn es ist vorziehen, die Techniken in den Doppelböden und/oder abgehängten Decken zu verlegen. Diese Letzteren müssen natürlich hinsichtlich ihrer Kosten, ihres ästhetischen Aussehens, ihrer akustischen Leistungen und dem Verlust der Trägheit des Gebäudes gründlich bewertet werden. In diesem Zusammenhang kann es beispielsweise von Nutzen sein, nur eine abgehängte Teildecke zu realisieren.

(*) Verkauf einer Immobilie im Rohzustand, als geschlossener Rohbau und ohne Sanitärinstallation und HVAC-Anlagen.





3 | Ein Schacht ist dann gut entworfen, wenn er den Zugang zu allen Techniken ermöglicht und wenn ausreichend Raum hinsichtlich der Installation von zusätzlichen Techniken reserviert ist.

Anpassbarkeit auf der Ebene der Technikräume

Die Ausrüstungen der Technikräume können eine Anpassung erfordern, wenn das Produktionssystem nicht länger an die Erfordernisse angepasst ist. Dies kann unter anderem der Fall sein, wenn ein Bürostockwerk in Schulungsräume umgewandelt wird (was eine Erhöhung der Kühlleistung für die Klimatisierung erforderlich machen kann).

Falls möglich, empfiehlt es sich daher:

- **dafür zu sorgen, dass die Technikräume leicht zugänglich sind**, und zwar im Hinblick auf etwaige Anpassungen. Die Anlage muss so entworfen sein, dass sich die Bauelemente einfach entfernen lassen (d.h. ohne dass die anderen Anlagen demontiert werden müssen) und dass sich auf einfache Weise neue Ausrüstungen hinzufügen lassen
- **an den Sammlern einen Reservekreis vorzusehen**, und zwar im Hinblick auf die etwaigen zukünftigen Erfordernisse (oder sogar modulare Sammler zu verwenden). Was die Sammler für das sanitäre Warmwasser betrifft, muss man sich davon vergewissern, dass der Reservekreis auf der Seite der Wasserzufuhr und nicht am Ende des Sammlers installiert ist (siehe Abbildung 4). Auf diese Weise kann man die Entwicklung der Legionellenbakterien in stagnierendem Wasser vermeiden.

Es ist auch wichtig, **die Möglichkeit zu bewerten, den Brennstoff für die Wärme- und Kältegeneratoren zu ändern**. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn man die Anlage verbessern oder neue umweltbezogene Ambitionen erfüllen möchte. Um eine solche Änderung der Energieform zu ermöglichen, kann man unter anderem:

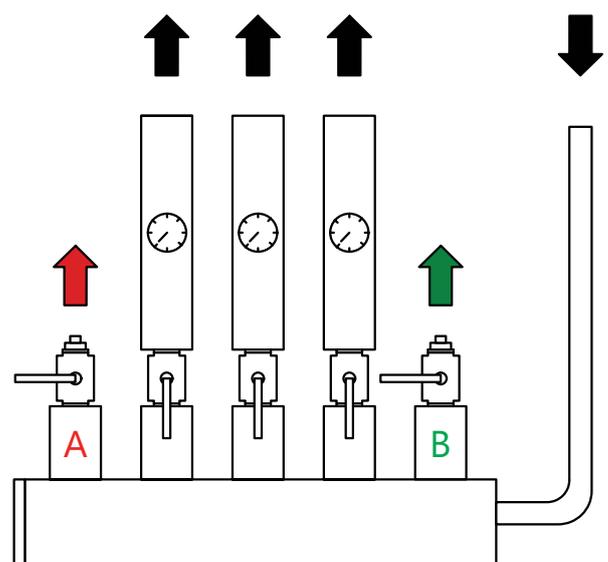
- ein zusätzliches vorläufiges Mantelrohr im Technikraum in der Richtung des Straßennetzes anbringen
- einen kleinen Keller in der Nähe eines Heizungsraums zu einem Lagerplatz (z.B. für Pellets) umwandeln.

Folgen der Anpassbarkeit für die Kosten

Es ist unmöglich, eine Vorstellung von den Mehrkosten zu geben, die mit jeder Anpassungslösung einhergehen, da sich die jeweiligen Projekte hinsichtlich ihrer Geometrie, der verwendeten Techniken und der an sie gestellten Erwar-

tungen stark voneinander unterscheiden. Dennoch sind die folgenden Prinzipien zu beachten:

- Je früher beim Entwurfsprozess die Lösungen berücksichtigt werden, desto niedriger werden ihre Kosten sein. Es ist sogar möglich, dass die Mehrkosten gleich null sind (wie z.B. beim Beispiel der vertikalen Schächte)
- Durch eine Investition in Anpassungslösungen für die Techniken zum jetzigen Zeitpunkt lassen sich die Anlagen zu einem späteren Zeitpunkt zu niedrigeren Kosten ersetzen. Aus rein wirtschaftlicher Sicht ist es demzufolge erforderlich, die aus den beabsichtigten Lösungen resultierenden Mehrkosten mit der Kostenverringerung für die wahrscheinlichen zukünftigen Änderungen in Beziehung zu setzen.



4 | Sammler mit drei Kreisen, wobei der Reservekreis A, im Gegensatz zum Kreis B, nicht vorteilhaft installiert ist.

Instandhaltung: ein unverzichtbares Glied im Lebenszyklus von Gebäuden

Um den Wert eines Gebäudes möglichst lange zu erhalten, muss man darauf achten, dass es während seiner Nutzung in einem guten Zustand bleibt. In dieser Hinsicht spielt die Instandhaltung eine entscheidende Rolle. Denn dank einer durchdachten Instandhaltung oder Lebenszyklusverwaltung kann die Lebensdauer des Gebäudes verlängert werden und hat man am Ende der Lebensdauer noch vorhandene Materialien, die sich wiederverwenden lassen.

*E. Mahieu, Ing., Leiter der Abteilung Technische Gutachten und Beratung, WTB
J. Vrijders, Ir., Leiter des Laboratoriums Nachhaltige und zirkuläre Lösungen, WTB*

Eine gute Instandhaltung ist nicht nur für den Erhalt einer ordnungsgemäßen Arbeitsweise des Gebäudes entscheidend, sondern bietet auch **in wirtschaftlicher Hinsicht** einen Mehrwert für den Bauunternehmer. So versetzt sie ihn in die Lage, eine langfristige Beziehung mit den Kunden aufzubauen und ihnen neue Dienstleistungen anzubieten (z.B. Inspektion, Verwaltung und Erneuerung). Sie generiert außerdem auch Einnahmen (z.B. über Wartungsverträge) und spielt eine wichtige Rolle bei neuen Wirtschaftsmodellen, wie z.B. Produkt-Dienstleistungskombinationen (siehe Artikel S. 30).

Instandhaltungsfreundliche Entwürfe

Schon beim Entwurf des Gebäudes muss über dessen Instandhaltung nachgedacht werden. So können die etwai- gen Wartungs- und Austauscharbeiten durch die Anwendung **einer Anzahl logischer Prinzipien** stark vereinfacht werden:

- Wählen von robusten Materialien
- Ausarbeiten der Baudetails derart, dass eventuelle Schäden oder Verschmutzungen vermieden werden (z.B. Vorsehen von Dachvorsprüngen)
- Streben nach Standardisierung und Modularität
- Sicherstellen der Zugänglichkeit zu Elementen, die regelmäßig gewartet oder kontrolliert werden müssen.

In diesem Kontext wurden auch einige Checklisten ausgearbeitet, die den Planern diesbezüglich helfen (siehe Kasten auf der nächsten Seite).

Um die Materialien wiederverwenden zu können, entscheidet man sich am besten für einen **demontierbaren Aufbau**. Wenn ein solcher Aufbau keinen Einfluss auf die Qualität oder die Dauerhaftigkeit des Gebäudeelementes in



1 | Eine gute Instandhaltung ist unverzichtbar, um die Dauerhaftigkeit von Außenschreinerarbeiten aus Holz zu gewährleisten.



Checklisten

Im Rahmen des Nachhaltigkeitsinstruments der Flämischen Regierung GRO wurden einige Listen mit zu beachtenden Punkten ausgearbeitet, die es zulassen, bereits in der Entwurfsphase die Instandhaltung und die Reinigung von Gebäuden zu berücksichtigen. Für weitere diesbezügliche Informationen verweisen wir auf die Checklisten LCC1 (Instandhaltungsfreundliches Entwerfen) und LCC2 (Reinigungsbewusstes Entwerfen) auf der Website <https://do.vlaanderen.be/documenten-gro>.

Gegenwärtig wird untersucht, wie diese Checklisten in der Wallonischen Region und der Region Brüssel-Hauptstadt genutzt werden können.

seiner Gesamtheit hat, ist dieser natürlich zu bevorzugen. Sollte das Gegenteil zutreffen, muss man eine fundierte Entscheidung treffen:

- Entweder baut man für die Nutzung während einer begrenzten Zeitspanne (z.B. 15 bis 20 Jahre, wie dies bei einigen Industriegebäuden der Fall ist) und entscheidet sich für demontierbare Lösungen
- oder man legt eine beabsichtigte Lebensdauer von beispielsweise 50 oder 100 Jahren zugrunde und stimmt die jeweilige Material- und Entwurfswahl darauf ab.

Schließlich ist es wichtig, die für die Verwaltung und die Instandhaltung des Gebäudes zuständigen Parteien so weit wie möglich beim Entwurf so zu beteiligen, dass durchdachte Entscheidungen getroffen werden können.

Ausführung und Abnahme: Instandhaltungsplanung

Bei der Ausführung des Gebäudes ist es wesentlich, alle Arbeiten gut zu dokumentieren, und zwar sowohl während der Bauphase als auch danach. Dies ist zum Beispiel mithilfe eines **Postinterventionsdossiers** möglich, das unter anderem die technischen Merkblätter von den verwendeten Produkten und die ausgeführten Baudetails enthält. Daneben werden auch immer mehr **(digitale) Gebäude- und Materialpässe** verfasst, in denen die technischen Informationen über das Gebäude im Hinblick auf ihre etwaige spätere Nutzung gesammelt werden. Wenn man diese Informationen durch Eingabe und Speicherung in einem **BIM-Modell** zur Verfügung stellt, können daraus auch der Gebäudeverwalter, der Nutzer und die Wartungstechniker Nutzen ziehen. Es ist

natürlich empfehlenswert, diese Informationen danach, in einer Art virtueller Kopie, die auch als *Digital Twin* bezeichnet wird, auf dem neuesten Stand zu halten.

Sowohl für neue als auch existierende Gebäude ist es wichtig, dass eine **gute Instandhaltungsplanung** erstellt wird. Denn durch diese Planung lässt sich der Zustand der Gebäudeelemente in regelmäßigen Abständen kontrollieren. Zudem gestattet sie, die erforderlichen Mittel für deren Wartung, Instandsetzung oder Austausch vorzusehen. Ein Hilfsmittel zur Erstellung dieser Planung ist der **Guide de l'entretien pour des bâtiments durables** des WTB. Dieser Leitfaden gibt für alle Gebäudeelemente eine Übersicht über die vorgesehene Instandhaltung, die meistens aus periodischen Kontrollen, Reinigungen, Überprüfungen und dem Austausch von Elementen besteht. Der Inhalt dieses Leitfadens wurde vom WTB überarbeitet und wird wahrscheinlich im Laufe des Jahres 2020 auf unserer Website zur Verfügung gestellt werden.

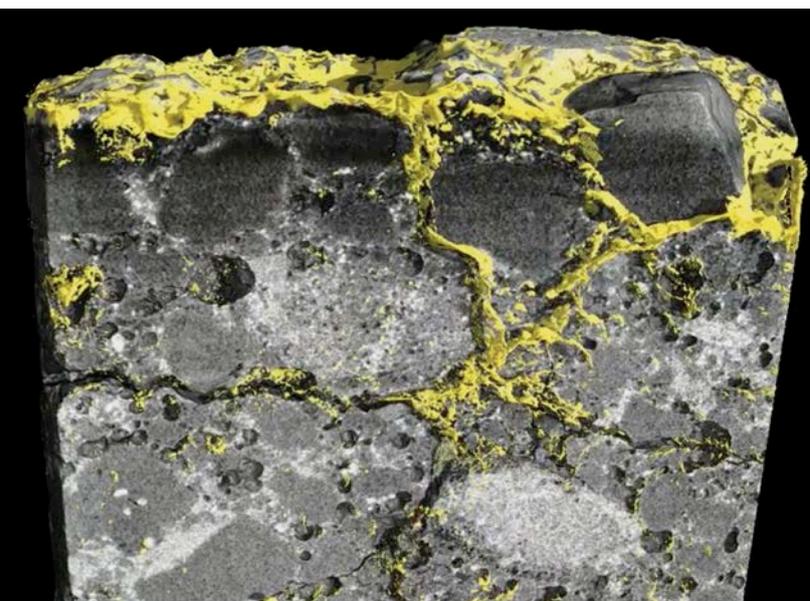
Innovationen im Bereich der Instandhaltung

Auf dem Gebiet der Instandhaltung und der Verwaltung beginnen die digitalen Technologien eine immer wichtigere Rolle zu spielen (siehe **Les Dossiers du CSTC 2019/3.5**). So werden immer häufiger Sensoren und automatisierte Kontrollen genutzt. An die Stelle der sogenannten ‚reparierenden‘ Wartung, bei der Probleme erst angepackt werden, wenn sie auftreten, tritt somit **eine vorbeugendere und vor allem vorausschauende Wartung**.

Die von diesen Sensoren generierten Daten können uns eine Vielzahl von Informationen darüber liefern, wie und wann genau die Materialien und Gebäudeelemente versagen könnten. Dadurch können neue und bessere Produkte entwickelt werden, was zudem den effizienteren Entwurf von zukünftigen Gebäuden ermöglicht. Indem man beispielsweise den Belegungsgrad von bestehenden Gebäuden misst oder die genutzten Funktionen überwacht, kann man die zukünftigen Räume im Hinblick auf die Belegung der Räume optimal entwerfen.

Schließlich machen wir auch darauf aufmerksam, dass **auf materialtechnologischer Ebene** an neuen Lösungen gearbeitet wird, die die Lebensdauer von Gebäuden und ihrer Elemente verlängern können. Denken wir hierbei nur einmal an selbstheilenden Beton, bei dem die Risse – ohne irgendwelchen sonstigen Eingriff – abgedichtet werden, indem während der Herstellung in ihn Kapseln mit Polymeren oder Bakterien eingebracht werden (siehe nebenstehende Abbildung). ◆

2 | Illustration von mikrobiellem selbstheilendem Beton (UGent, VUB – SIM-SECEMIN).



Wiederverwendung von Materialien: Wie kann man ihre technischen Leistungen nachweisen?

Im Bausektor gibt es gegenwärtig einen wachsenden Trend zur Wiederverwendung von Materialien. Denn die Wiederverwendung von Elementen wie z.B. Ziegelsteinen, Natursteinplatten, Dämmstoffen, Innenverkleidungen oder Beleuchtungsarmaturen ermöglicht es, kurze Kreisläufe zu schaffen, die zu einer Verminderung der Umweltauswirkung und zum Schaffen von lokalen Wirtschaftsaktivitäten führen.

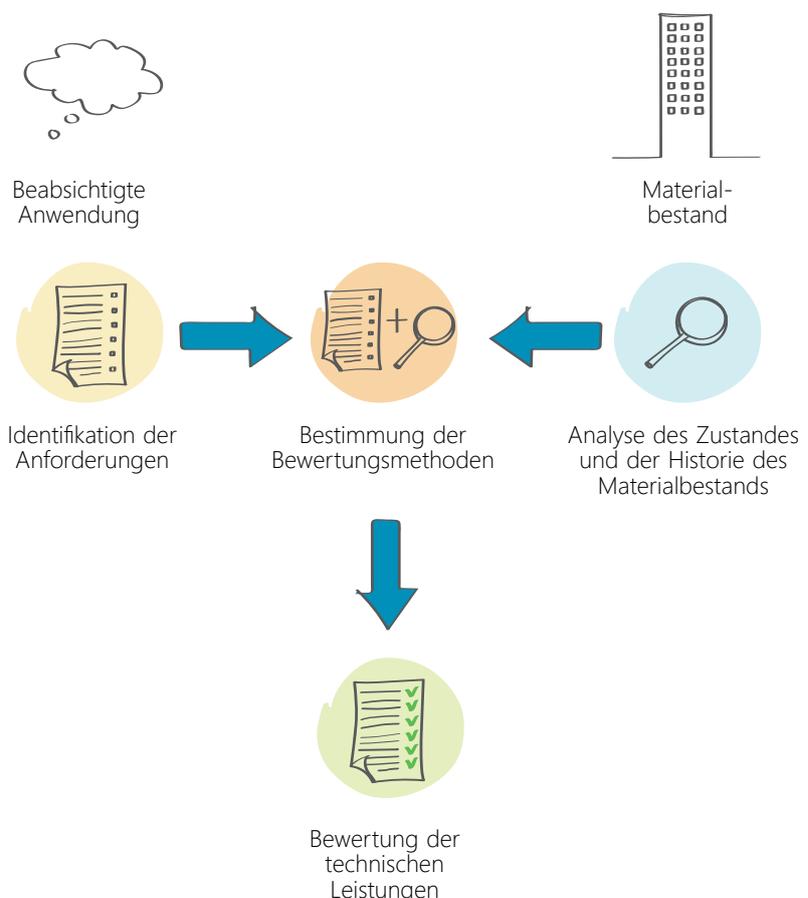
F. Poncelet, Ir.-Arch., Forscher, Laboratorium Nachhaltige und zirkuläre Lösungen, WTB
M. Deweerdt, Ir.-Arch., Forscher, Laboratorium Nachhaltige und zirkuläre Lösungen, WTB
J. Vrijders, Ir., Leiter des Laboratoriums Nachhaltige und zirkuläre Lösungen, WTB

Eines der Hindernisse für die Wiederverwendung von Baumaterialien und Bauelementen liegt darin, dass es schwierig ist, **ihre technischen Leistungen zu garantieren**. Im Gegensatz zu neuen Produkten werden Wiederverwendungsmaterialien nicht in Serie und in einer kontrollierten Umgebung produziert. Darüber hinaus sind häufig unzureichende Informationen über ihre Eigenschaften verfügbar. Damit die Bauunternehmer diesen Produkten genauso viel Vertrauen wie neuen Materialien entgegenbringen, ist es daher erforderlich, neue Methoden zum Nachweis ihrer Leistungen zu entwickeln.

Falls sich eine Wiederverwendungsmöglichkeit bietet, können die im Folgenden vorgeschlagenen vier Schritte bei der Überprüfung helfen, ob die Leistungen des Produkts den Anforderungen der beabsichtigten Anwendung entsprechen.

1 Identifikation der Anforderungen für die beabsichtigte Anwendung

Im Bauwesen müssen die Leistungen der verwendeten Produkte identifiziert werden. Diese können mithilfe des Las-



1 | Diese vier Schritte ermöglichen es zu ermitteln, ob die Leistungen des Wiederverwendungsmaterials der beabsichtigten Anwendung entsprechen.



2 | Lagerung von Materialien, die für die Wiederverwendung bestimmt sind.

tenheftes vom Kunden auferlegt werden, sie können aber auch explizit oder implizit aus dem normativen oder verordnungsrechtlichen Rahmen resultieren (z.B. Brandschutz, akustische Leistungen, Energieleistungen und Ausstoß von flüchtigen organischen Verbindungen).

Für eine zukünftige Anwendung können zwei Arten von Leistungen gefordert werden:

- **grundlegende Leistungen**, die gesetzlich erforderlich und/oder notwendig sind, da das Material für seine bestimmte Nutzung geeignet sein sollte, und zwar unter Berücksichtigung der Gesundheit und der Sicherheit der beteiligten Personen und dies während der gesamten Lebensdauer des Bauwerks. Dabei handelt es sich unter anderem um Kennwerte wie z.B. die mechanische Festigkeit und die Stabilität, das Brandverhalten, die Hygiene, Gesundheit, Umwelt und – gegebenenfalls – die Zugänglichkeit oder Akustik
- **ergänzende Leistungen**, die nicht grundlegend und projektspezifisch sind. Diese werden in Abhängigkeit der beabsichtigten Anwendung und/oder in Abhängigkeit der Wünsche des Bauherrn bestimmt. Es handelt sich dabei beispielsweise um die Abmessungen oder die Farbe eines Produkts oder aber um die Verschleißfestigkeit eines Bodenbelags. Diese letztgenannte Eigenschaft ist tatsächlich im Falle einer Anwendung in einer Eingangshalle eines Bürogebäudes wichtig, aber weniger relevant für ein Schlafzimmer. Je nach beabsichtigter Nutzung kann sich der Bauherr für bestimmte ergänzende Leistungen mit einem weniger hohen Anforderungsniveau begnügen. Ferner können bestimmte Kriterien wie der Preis oder der kulturhistorische Wert des Materials seine Entscheidung beeinflussen. In dem Fall kann er beispielsweise bestimmte Unzulänglichkeiten akzeptieren, die bei einem neuen Material nicht annehmbar wären.

Grundsätzlich wird eine Liste mit den grundlegenden und ergänzenden Anforderungen erstellt, sobald die beabsich-

tigte Anwendung für das Wiederverwendungsmaterial oder -element ermittelt wurde.

2 Analyse des Zustandes und der Historie des Materialbestands

Ein ‚Materialbestand‘ kann definiert werden als eine Gesamtheit von Materialien oder Elementen, die sich in einer genau definierten Zone befinden und die **gemeinsame Kennwerte und die gleiche Historie** aufweisen. Die Historie ist eine sehr wichtige Angabe im Kontext der Wiederverwendung eines Baumaterials oder eines Bauelements. Denn sie kann einen Einfluss auf deren ursprünglichen Kennwerte haben. So ist ein Parkett, das sich in einem Durchgangsbereich befand, Teil eines anderen Materialbestands als ein Parkett, das in einen nicht so häufig frequentierten Ort verlegt war, angesichts dessen, dass deren Nutzung unterschiedlich war.

Ziel dieses Schritts ist es, möglichst viele Informationen über das ursprüngliche Produkt *in situ* zu sammeln. Eine ‚Bestandsaufnahme der technischen Leistungen‘ bietet die Möglichkeit eine genaue Vorstellung von den ursprünglichen und/oder derzeitigen Kennwerten des Materialbestands zu erhalten. Es wird bevorzugt, dass diese Bestandsaufnahme vor der Demontage erfolgt.

Der Auftrag der Bestandsaufnahme kann in zwei Phasen unterteilt werden:

- Die erste Phase besteht darin, **eine Bestandsliste für alle vorhandenen technischen Dokumente zu erstellen**, mit Informationen über die Kennwerte des Materialbestands bei dessen ursprünglicher Ausführung. Es gibt eine breite Palette an Dokumenten, die eine Fülle an Informationen liefern können: technische Merkblätter, das ursprüngliche Lastenheft, die zum Zeitpunkt der Ausführung geltenden Normen ...
- Die zweite Phase besteht darin, eine ***In-situ*-Bestandsliste**

zu erstellen, deren Ziel es ist, den derzeitigen Zustand der Materialien zu überprüfen. Die Person, die die Bestandsliste erstellt, muss unter anderem Angaben zu etwaigen Schäden, Verschleißerscheinungen und Verformungen protokollieren. Sie muss darüber hinaus überprüfen, ob die ursprüngliche Ausführung und die Instandhaltung der Elemente des Produktes nach den Regeln für die fachgemäße Ausführung erfolgten, was ebenfalls eine Auswirkung auf ihre Eigenschaften hat.

Während der Bestandsaufnahme können sich alle Informationen über die frühere Anwendung und die Historie des Produkts als nützlich erweisen, um leichter zu bewerten, ob das Produkt für eine neue Anwendung mit einem vergleichbaren Anforderungsniveau geeignet ist.

3 Bestimmung der erforderlichen Bewertungsmethoden

Die Liste mit den Anforderungen für die beabsichtigte Anwendung (siehe § 1) muss mit den Informationen verglichen werden, die beim Erstellen der Bestandsliste (siehe § 2) gesammelt wurden. Der grundlegende oder ergänzende Charakter der Anforderungen gestattet es, die Bewertungsmethoden festzulegen, die zur Überprüfung erforderlich sind, ob die derzeitigen Leistungen des Produkts den geforderten entsprechen. Denn die Bewertung einer grundlegenden Anforderung erfordert einen höheren Grad an Genauigkeit und Sicherheit als die Bewertung einer ergänzenden Anforderung. Bei der Wahl der Methoden muss man auch den Kontext, die Art und den Zustand des Produkts berücksichtigen, wie er bei der Bestandsaufnahme erfasst wurde.

4 Bewertung der technischen Leistungen

Es gibt hauptsächlich drei Bewertungsmethoden zur Überprüfung der technischen Leistungen von Wiederverwen-

dungsmaterialien:

- eine direkte Bewertung
- eine indirekte Bewertung
- eine Bewertung durch Prüfungen.

Es wurden auch eine Anzahl innovativer Vorgehensweisen entwickelt, um das Vertrauen in Wiederverwendungsmaterialien zu erhöhen:

- eine Kontrolle der Lieferkette
- eine Bewertung während der neuen Anwendung.

4.1 Direkte Bewertung

Wenn die besagten Leistungen sich visuell oder mit zerstörungsfreien technischen Mitteln kontrollieren lassen, können sie nach der Bestandslistenstellung *in situ* validiert werden. Es handelt sich somit um die derzeitigen Leistungen des Materials, die vom Experten bestätigt werden, der die Erstellung der Bestandsliste übernommen hat. So lässt sich die Dicke eines Dämmstoffs direkt bei einer *In-Situ*-Bestandslistenstellung bewerten.

4.2 Indirekte Bewertung

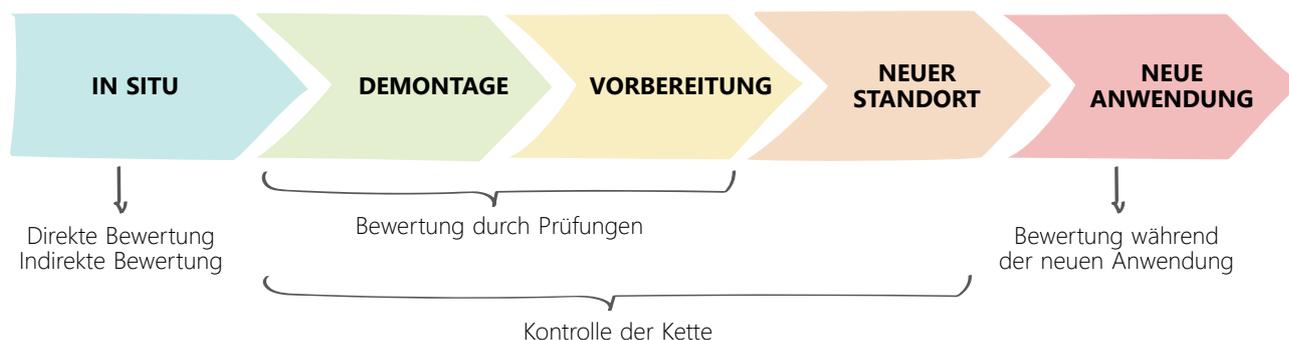
Bestimmte Leistungen lassen sich auf Basis von Informationen über die anfänglichen Leistungen oder die Historie des Produkts bewerten, die während der Bestandsaufnahme der technischen Dokumente gesammelt wurden. Diese Leistungen können entweder nachgewiesen oder abgeleitet werden aus den technischen Merkblättern oder anderen technischen Dokumenten, wobei man stets die gesammelten historischen Daten berücksichtigen muss.

Wenn beispielsweise die technische Dokumentation eines Dämmstoffs, den man wiederverwenden möchte, angibt dass es sich um Mineralwolle handelt, dann kann deren Mindestwert für die Wärmeleitfähigkeit λ abgeleitet werden.

3 | Lagerung von Fliesen zum Zweck ihrer Wiederverwendung.



Rotor



4 | Es können verschiedene zusätzliche Kontrollen im Laufe des Demontagevorgangs, während der Vorbereitung, während der erneuten Installation und bei der neuen Anwendung ausgeführt werden.

4.3 Bewertung durch Prüfungen

Ebenso wie es bei neuen Produkten der Fall ist, müssen auch an Wiederverwendungsmaterialien häufig Prüfungen durchgeführt werden. Es ist dabei jedoch den zwei folgenden Punkten eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

In den Normen für neue Produkte sind Prüfmethode zur Bewertung ihrer technischen Leistungen beschrieben. **Diese Methoden sind allerdings nicht immer auf Wiederverwendungsmaterialien anwendbar.** So muss die gegenwärtige Prüfung zur Bewertung der Glätte von Pflastersteinen an Pflastersteinen mit einer ebenen Oberfläche ausgeführt werden, und zwar während ein großer Teil der älteren Pflastersteine eine gewölbte Oberfläche aufweist. Ihre Glätte kann folglich nicht auf diese Weise bewertet werden. Manche Methoden müssen daher angepasst werden.

In einigen Fällen wird es außerdem **erforderlich sein, einen statistischen Ansatz anzuwenden**, da die Prüfprotokolle auf einer standardisierten Herstellung und nicht auf einem Materialbestand oder ein bestimmtes Los basiert sind. Wenn man eine Aussage über die ‚Glätte‘ eines Loses von 10.000 Fliesen machen möchte, muss man bestimmen, wie viele Fliesen geprüft werden müssen, um eine Leistung für das vollständige Los deklarieren zu können.

4.4 Kontrolle der Kette

Zusätzlich zur Bewertung der Produkte kann man auch in Erwägung ziehen, die Wiederverwendungskette zu kontrollieren. In dem Fall liegt der Schwerpunkt nicht so sehr auf der genauen Bewertung der Produktleistungen, sondern eher auf den **Verfahren und den Kompetenzen, die es ermöglichen, ihre Zuverlässigkeit ab der Vorbereitungsphase bis zu ihrer Wiederverwendung zu erhöhen.**

So können Bauelemente, deren Leistungen wahrscheinlich unter dem geforderten Anforderungsniveau liegen, schon während des Demontageprozesses von einem Praktiker, der über das dafür notwendige *Know-how* verfügt, eliminiert werden.

Ferner können auch Kontrollen während der Reinigung, der Lagerung, der Wiederaufbereitung ... ausgeführt werden,

um die Produkte für die Wiederverwendung zu filtern und letztendlich nur die zuverlässigen Elemente zu behalten.

Um beispielsweise die Frostbeständigkeit und die Festigkeit der demontierten Ziegelsteine zu kontrollieren, überprüfen manche Unternehmen bereits während deren Reinigung, ob diese nicht beginnen auf der Oberfläche abzubröckeln und noch ausreichend solide sind.

4.5 Bewertung während der neuen Anwendung

Im Einvernehmen mit dem Bauherrn können bestimmte Anforderungen, sobald das Produkt erneut installiert wurde, bewertet werden. So lässt sich die Homogenität der Farbe von wiederverwendeten Teppichfliesen sofort, nachdem diese an ihrem neuen Ort angebracht wurden, bewerten. Die Praxis zeigt, dass die Bewertung von technischen Anlagen, wie z.B. Lüftungsaggregaten, ebenfalls auf diese Weise möglich ist. Nach ihrer direkten oder indirekten Bewertung können die Leistungen dieser Anlagen erneut bei deren Wiederanlauf am neuen Standort kontrolliert werden. **Diese Methode beinhaltet jedoch mehr Risiken** und ihre Anwendung muss von Fall zu Fall bewertet werden. Denn es besteht die Wahrscheinlichkeit, dass der Bauherr nicht mit dem Produkt zufrieden ist und dass der Prozess noch einmal durchlaufen werden muss.

Um die bleibende Unsicherheit bezüglich der Produktleistungen aus der Welt zu schaffen, kann in bestimmten Fällen eine Langzeitkontrolle durchgeführt werden. Eine hoch entwickelte Überwachung oder eine sich wiederholende Bewertung kann beispielsweise zur Feststellung dienen, dass ein Produkt nicht länger die Anforderungen erfüllt. In dem Fall kann es vom Lieferanten ersetzt werden. Diese alternative Praxis lässt sich dann an das *Pay for Use*-Modell koppeln, bei dem Instandhaltung und Lieferung kombiniert werden. Dies bedeutet, dass auch der Lieferant seine Verantwortung auf sich nehmen muss und dass die Überwachung der Leistungen mit der Instandhaltung verknüpft wird. ♣

Der in diesem Artikel vorgestellte Ansatz resultiert aus einem Verfahren, das vom WTB im Rahmen des EU-FEDER-Projekts BBSM (Le bâti bruxellois: source de nouveaux matériaux) entwickelt wurde. Es stützt sich auf eine große Anzahl von praktischen Fällen und wird im Laufe der nächsten Jahre noch weiter ausgearbeitet werden.

Hin zu einem (noch) besseren Recycling von Bauschutt und Abbruchmaterial

Was das Recycling des steinartigen Abfalls aus dem Bausektor betrifft, ist Belgien schon seit Jahren ein Wegbereiter. So werden mehr als 90 % dieses Abfalls heute recycelt. Der Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft fordert den Sektor jedoch heraus, auch andere Materialien mehr – und auf eine hochwertige Weise – zu recyceln.

*A. Vergauwen, Dr. Ir.-Arch., Projektleiter, Laboratorium Nachhaltige und zirkuläre Lösungen, WTB
J. Vrijders, Ir., Leiter des Laboratoriums Nachhaltige und zirkuläre Lösungen, WTB*

Vom einfachen Recyceln zum hochwertigen Recyceln

In den letzten Jahren ist bei den Materialherstellern stets mehr Interesse entstanden, sekundäre Rohstoffe (die vom Recycling stammen) in neue Baumaterialien zu integrieren. Denn dies verringert die Umweltauswirkung, ist gut für das Image des Unternehmens und kann aus verschiedenen Gründen wirtschaftlich interessant sein. Beispielsweise, weil das Recylat billiger ist als die primären Rohstoffe oder weil dann weniger Energie bei der Materialerzeugung erforder-

lich ist. Um diese sekundären Rohstoffe effizient einsetzen zu können, bedarf es jedoch eines Recyclingprozesses, bei dem die Qualität und der Wert der Materialien so weit wie möglich erhalten bleiben. Dabei ist es wichtig, dass die Abfallströme möglichst rein sind und dass daher schon an der Quelle – d.h. auf der Baustelle – **ein getrenntes Sammeln** erfolgt (siehe Abbildung 1). Die verschiedenen, so gesammelten Abfallströme können anschließend über spezifische Absatzwege abtransportiert und aufbereitet werden (siehe Kasten S. 29).

- 1 | Beispiel für eine Baustelle, auf der die Abfallströme getrennt gesammelt werden: Neben den traditionellen Abfallströmen erfolgt die getrennte Sammlung auch für Kunststoffabfälle, gefährliche Materialien, Dämmstoffe sowie Papier und Karton (Baustelle: Tivoli GreenCity – Kairos & THV BAM Contractors – Jacques Delens – CFE Brabant).





- 2 | Links: Pilotbaustelle, auf der die Kunststoffverpackungsabfälle getrennt gesammelt werden
Rechts: Herkömmliche Praxis mit einem Container für unsortierte Abfälle, in dem die Kunststoffabfälle viel Platz beanspruchen.

Innovative Lösungen für Baustellen

Obwohl die auf der Baustelle entstandenen Abfallströme häufig rein sind (meistens Bearbeitungsabfälle und Überschüsse von Materialien), sind sie nur in relativ kleinen Mengen verfügbar. Folglich ist es nicht leicht, für diese Abfälle geeignete Recyclingsysteme zu finden. So liegen die Kosten für einen getrennten Abtransport nicht immer unter denen eines Containers für unsortierte Abfälle. Trotzdem werden auf vielen Baustellen Anstrengungen für eine Abfallverwaltung erbracht.

Innerhalb des Brüsseler Projekts **„Chantiers pilotes de gestion innovante des déchets de construction“** wurden in Zusammenarbeit mit verschiedenen großen und kleinen Bauunternehmern eine Anzahl innovativer Praktiken auf 17 Baustellen geprüft (www.cpdb.brussels). Diese Erfahrung hat klar gezeigt, dass eine gute Vorbereitung für das Treffen von Entscheidungen in Sachen Abfallverwaltung unerlässlich ist. Indem man auf der Grundlage eines Aufmaßes eine Abschätzung für die frei werdenden Abfallströme macht, kann beispielsweise entschieden werden, bestimmte Anteile (z.B. Reste von Gipskartonplatten oder Dachbitumenbahnen) gegebenenfalls getrennt zu sammeln. So stellte sich das getrennte Sammeln von Kunststoffverpackungsabfällen für die meisten Baustellen als eine rentable Maßnahme heraus: Denn die Kosten für die Sammlung von 6 m³ Verpackungsabfällen in 400-Liter-Säcken beträgt nur 37,5 € (15 Säcke zu je 2,5 €) gegenüber 120 € für den Platz, den eine äquivalente Menge an Kunststoffabfällen in einem Container für unsortierte Abfälle einnehmen würde (siehe Abbildung 2).

Ferner ist es interessant, **zu überwachen, welche Abfallströme tatsächlich abtransportiert werden**. Auf diese Weise kann man überprüfen, ob die Container ausreichend gefüllt sind (z.B. ob sie nicht durch eine schlechte Stapelung zu viel Leerräume enthalten) und ob auf der Baustelle Fehler

erfolgen. Denn auf großen Baustellen stellt man nicht selten fest, dass die billigeren Container für Monoabfallströme (z.B. 150 €/Container für Steinschutt) ‚deklassiert‘ werden müssen und letztendlich als – teurer – unsortierter Abfall in Rechnung gestellt werden (z.B. 300 €/Container). Es lassen sich daher viele Kosten einsparen, wenn man der korrekten und kompakten Füllung der Abfallcontainer eine besondere Aufmerksamkeit schenkt.

Auch die Anwendung von **neuen zirkulären Wirtschaftsmodellen** kann interessante Geschäftsmöglichkeiten bieten. Denn was für den einen Bauunternehmer ein Abfallstrom ist, kann für eine andere (lokale) Partei vielleicht als ein Rohstoff dienen. So kommt man zu einer *Win-Win*-Situation mit einer positiven Umweltauswirkung. Ein diesbezügliches Beispiel ist die Werflink-Plattform, auf der Bauunternehmer ihren jeweiligen Überschuss an Material oder Geräten ihren Kollegen zur Verfügung stellen können. Es sind auch einige inspirierende Beispiele von Bauunternehmern bekannt, die ihre Holzabfälle an Unternehmen abgeben, die sie ihrerseits für die Herstellung von Gewächshäusern, Möbeln, Einzäunungen, Wanderwege usw. wiederverwenden.

Abbrucharbeiten: Abfälle als Rohstoffe

Auch bei Abbrucharbeiten ist es vorzuziehen, sich für eine Vorgehensweise des getrennten Sammelns zu entscheiden und die verschiedenen Ströme getrennt zu verarbeiten. Abbrucharbeiten müssen somit nicht länger als eine Quelle für Abfälle betrachtet werden, sondern als eine Quelle für Materialien, die wiederverwendet werden können. Dabei ist es wichtig, **eine qualitative Abbruchbestandsliste** zu erstellen. Denn dadurch, dass die Mengen und die Qualität der frei werdenden Materialien korrekt eingeschätzt werden, kann man den Abbruch besser vorbereiten und das getrennte Sammeln optimal organisieren. Deshalb wird auch

empfohlen, dass in diesem Dokument alle Schadstoffe und gefährlichen Stoffe aufgelistet werden. Das WTB arbeitet außerdem im Rahmen des europäischen FCRBE-Projekts an einer Methodik, die es ermöglicht, auch potenziell wiederverwendbare Materialien und Bestandteile in die Abbruchbestandsliste aufzunehmen.

Das getrennte Sammeln bei Renovierungsarbeiten: eine logistische Herausforderung

Dadurch, dass Renovierungsarbeiten häufig in verschiedenen Phasen durchgeführt werden, wobei spezifische Gebäudeelemente ausgetauscht, angepasst oder repariert werden, stellen sie eine interessante Quelle von spezifischen Abfallströmen (z.B. Fenster oder Dachziegel) dar. Die Herausforderung besteht hierbei darin, das Sammeln dieser Abfallströme **logistisch zu organisieren und wirtschaftlich rentabel zu machen**. Dazu wird man in der Praxis mehr auf innovative Abholssysteme, die Umkehrlogistik und die Zusammenarbeit mit Materiallieferanten und Herstellern setzen müssen. Im Brussels Construction Consolidation Centre (BCCC) finden Experimente zu dieser Problematik statt, indem die logistische Organisation der Versorgung mit neuen Materialien mit der Umkehrlogistik des Abtransports von verwertbaren Abfallstoffen kombiniert wird (siehe Abbildung 3).

Schlussfolgerung

Es ist deutlich geworden, dass es im Bausektor nicht an Initiativen im Hinblick auf ein besseres Recycling des Bauschutts und Abbruchmaterials fehlt. Doch dessen ungeachtet ist noch mehr zu leisten, um dessen **Wirtschaftlichkeit** sicherzustellen. Dies erfordert allerdings zusätzliche Anstrengungen:

- des Endkunden: Ist er bereit einen Preiszuschlag zu bezahlen?
- der öffentlichen Behörden: Können sie zusätzliche Anreize oder ergänzende Regelungen einführen?
- des Sektors selbst, der Innovationen über den gesamten Sektor und die Wertschöpfungskette hinweg hervorbringen muss. ◆

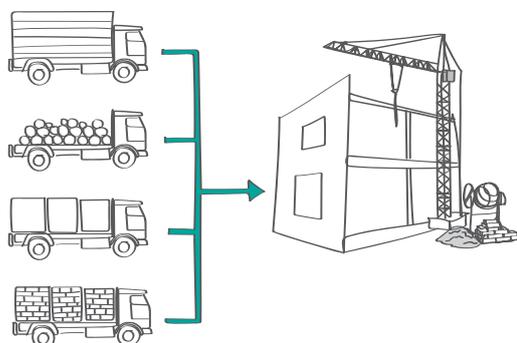
Möchten Sie sich als Bauunternehmer für eine bessere Abfallverwaltung einsetzen und mehr über die Sammelmöglichkeiten für bestimmte Abfallströme erfahren? Dann setzen Sie sich mit dem WTB unter der Adresse research@bbri.be oder mithilfe des [ATA-Formulars](#) in Verbindung. Wir stehen jederzeit zu Ihrer Verfügung, um Sie bei diesem Vorhaben zu begleiten.

Recycling-Lösungen

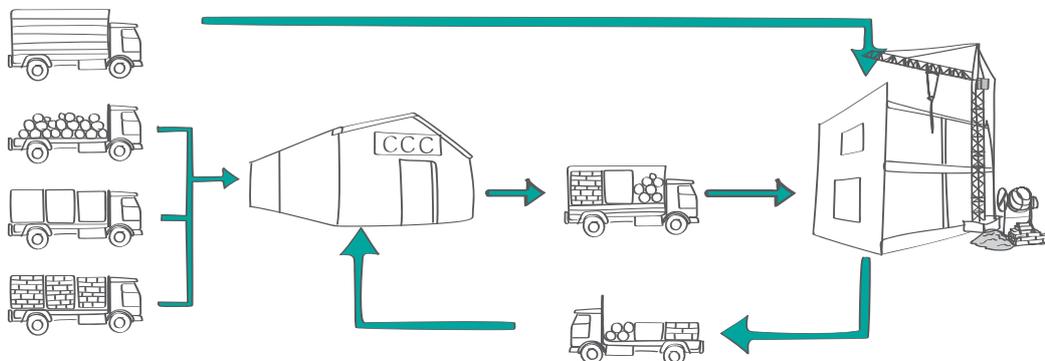
Durch das Scannen des nebenstehenden QR-Codes können Sie eine Tabelle entdecken, die eine Übersicht von verschiedenen Sammelkanälen oder Abtransportmethoden für spezifische Abfallströme gibt.



Traditioneller Ansatz



BCCC-Ansatz



- 3 | Oben: der traditionelle Ansatz, bei dem die verschiedenen Baumaterialien direkt auf die Baustelle geliefert werden. Unten: Die Baumaterialien werden erst gesammelt und im BCCC gelagert. Danach werden sie zusammen zur Baustelle transportiert, wobei das gleiche Transportmittel verwendet werden kann, um die Abfallströme zum BCCC zu befördern.



„As a Service“: ein neues zirkuläres Wirtschaftsmodell

Während unser heutiges Konsum- und Verkaufsmodell hauptsächlich auf dem einmaligen Kauf eines Produkts durch den Nutzer basiert, der danach Eigentümer davon wird, werden in der letzten Zeit neue Wirtschaftsmodelle entwickelt, die darin bestehen, die Funktion oder die Nutzung eines Produkts anstelle des eigentlichen Produkts zu verkaufen. Die sogenannten *as a Service*-Modelle bieten auch viele Geschäftsmöglichkeiten für den Bausektor.

P. D'Herdt, Ir., Leiter des Laboratoriums Licht und PEB-Koordinator, WTB

A. Deneyer, Ir., Leiter der Abteilung Intelligente Anlagen und nachhaltige Lösungen, WTB

As a Service im täglichen Leben

Obwohl die *as a Service*- oder *aaS*-Modelle erst seit einigen Jahren stark im Kommen sind, wird dieses Prinzip im täglichen Leben schon auf vielfältige Art angewendet. So besitzt der Verbraucher selbst kein Elektrizitätswerk oder Verteilernetz, sondern er bezahlt für den erzeugten Strom oder für die Nutzung des Netzes. Dies wird als **Infrastructure as a Service** oder *IaaS* bezeichnet. Auch auf kleinerer individueller Ebene lassen sich Beispiele für das *as a Service*-Prinzip finden, wie z.B. das Leasen eines Wagens, bestimmte Versicherungsarten oder die Nutzung webbasierter Software.

Die *as a Service*-Modelle haben ebenfalls Einzug in die Bauwelt gehalten. Denken wir in diesem Zusammenhang nur einmal an Miet-, Wartungs- und/oder Serviceverträge für Heizungs- oder Lüftungssysteme oder das Leasen von Teppichfliesen oder Aufzügen.

Light as a Service

Dank der Entwicklung von intelligenten Sensoranwendungen, der weiteren Miniaturisierung der Informatik und der Generalisierung des Zugangs zum Internet breiten sich die *as a Service*-Möglichkeiten schnell aus und können immer mehr Produkte als Dienst angeboten werden (**Products as a Service** oder *PaaS*). Die Beleuchtung ist dafür ein bekanntes Beispiel.

Gegenwärtig entscheidet man sich häufig für LED-Leuchten als Beleuchtungslösung, da diese stets effizienter werden und über eine lange Lebensdauer verfügen.

-  Datenvisualisierung
-  Status- und Verbrauchsdaten
-  Von Sensoren kommende Daten
-  Manuelle Eingabe von Daten
-  Regelung

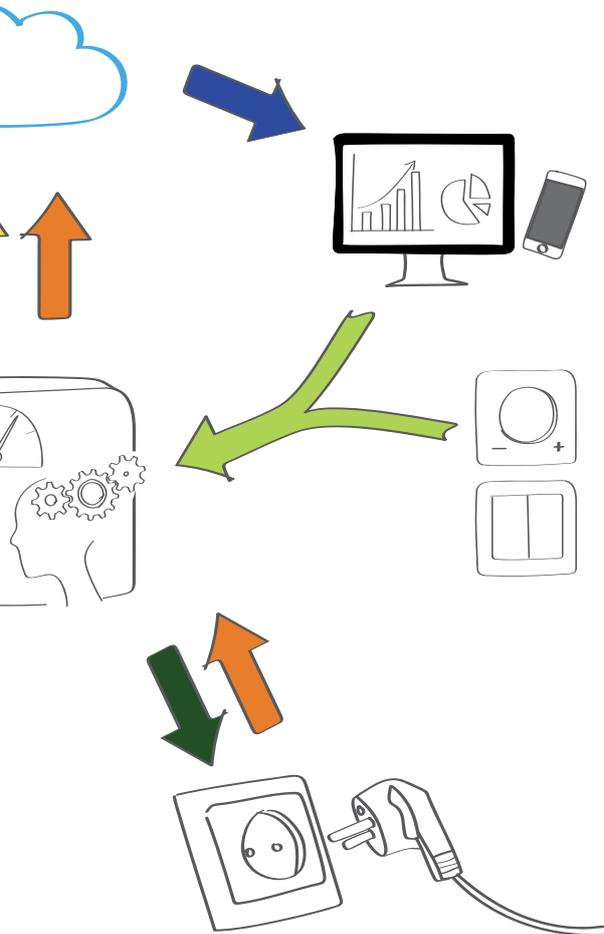


Beispiel für das Arbeitsprinzip eines Gebäudeverwaltungssystems.



Außerdem bieten sie zahlreiche Möglichkeiten in Sachen Regelung, und zwar dank der kürzlichen Entwicklungen auf dem Gebiet der Informatik (z.B. Datensammlung, Speicherung in der *Cloud* und *Internet of Things*). Dadurch ist es beispielsweise möglich, die Betriebsstunden und die Leistungen zu verfolgen, um – falls erforderlich – rechtzeitig einzugreifen und Einstellungen vorzunehmen. Dies versetzt den Hersteller in die Lage, die ordnungsgemäße Arbeitsweise seiner Produkte zu garantieren und Dienste anstelle von Produkten anzubieten. Dieses Prinzip wird auch als *Light as a Service* oder *LaaS* bezeichnet: **Der Verbraucher bezahlt nicht mehr für den eigentlichen Beleuchtungskörper, sondern für das Licht, das er von ihm erhält.**

Es wurden inzwischen schon **verschiedene LaaS-Modelle** entwickelt. Einerseits gibt es Modelle, bei denen der Nutzer nach einer gewissen Zeit Eigentümer der Beleuchtungskörper wird, indem er während eines bestimmten Zeitraums dem Energielieferanten die Stromkosten bezahlt, der seinerseits die Kosten für die Installation und die Verfolgung des bereitgestellten Dienstes übernimmt (*Third Party Investment*). Obwohl diese Modelle zu einer gewissen Energieeinsparung führen können, ist ihr möglicher Beitrag an der Kreislaufwirtschaft recht begrenzt, da die Abfallbehandlung letztendlich in den Händen des Verbrauchers liegt.



Andererseits gibt es auch Modelle, bei denen der Lieferant Eigentümer der Lampen oder Beleuchtungskörper bleibt und der Verbraucher nur für den Dienst bezahlt. In dem Fall übernimmt der Lieferant die Aufgabe, einen optimalen Betrieb während einer möglichst langen Lebensdauer zu garantieren und den jeweiligen Beleuchtungskörper am Ende seiner Lebensdauer wiederzuverwerten oder korrekt zu entsorgen. Diese Modelle können wiederum einen bedeutenden Beitrag zur Kreislaufwirtschaft liefern.

Notwendigkeit klarer Vereinbarungen

Obwohl die *as a Service*-Modelle dem Bausektor zweifellos zahlreiche Geschäftsmöglichkeiten bieten, sind sie – wie alle neuen Entwicklungen – auch mit einigen Herausforderungen verbunden. So wird der Kunde von ihrem Mehrwert überzeugt werden müssen. Zudem wird der Bauprofi Garantien bezüglich seiner Einnahmen haben wollen. Dabei ist ganz wichtig, **klare Vereinbarungen** zu treffen und **realistische Ziele** festzulegen, und zwar in Bezug auf (siehe Abbildung):

- die Daten, die zu verfolgen sind
- die Art und Weise, in der diese Daten verarbeitet werden
- die vorzusehenden Alarme
- die Aktionen, zu denen diese Alarme führen
- die Frist, innerhalb der diese Aktionen ausgeführt werden müssen.

Wenn der Bauprofi Eigentümer des Geräts bleibt, wird darüber hinaus empfohlen, im Voraus **klar festzulegen, was mit ihm am Ende von seiner Lebenszeit erfolgen soll**: Wie und von wem müssen die Materialien zurückgenommen, entsorgt oder – im Idealfall – wiederverwendet werden?

Außerdem erfordert die Realisierung dieser Modelle eine gewisse Investition. Die dafür erforderlichen **finanziellen Mittel** können jedoch ein Hindernis für kleinere Unternehmen darstellen. Eine diesbezügliche mögliche Lösung besteht darin, dass sie sich größeren Akteuren anschließen (z.B. als Subunternehmer tätiger Monteur oder Techniker) und auf diese Weise ihre Aktivitäten sicherstellen und ausbauen. Auch bei solchen Formen der Zusammenarbeit sind klare Vereinbarungen natürlich von wesentlicher Bedeutung.

Schlussfolgerung

Vorausgesetzt, dass klare Vereinbarungen getroffen werden und dass das *as a Service*-Konzept durch die Rückmeldung von Erfahrungen weiter verfeinert wird, kann jeder nach einer gewissen Zeit daraus einen Nutzen ziehen: Der Kunde kommt in den Genuss der Produktvorteile und muss sich keine Sorgen über die Verfolgung oder die Abfallverwaltung machen und der Bauprofi verfügt über eine neue, kontinuierliche Quelle von Einnahmen.

Dadurch, dass außerdem fortwährend auf die optimale Arbeitsweise der Geräte und deren effizienten Behandlung am Ende ihrer Lebensdauer geachtet wird, bilden die *as a Service*-Modelle zahlreiche Möglichkeiten innerhalb des Kontextes der Kreislaufwirtschaft. ◆



Digitale Technologien zur Unterstützung der Kreislaufwirtschaft

Die neuen Technologien für die Verarbeitung, die Verwaltung, die Speicherung und gegebenenfalls die Optimierung von Informationen bieten dem Bausektor die Gelegenheit, die Zirkularität von Gebäuden zu verbessern, und zwar sowohl dank der Genauigkeit und der Zuverlässigkeit der gesammelten Informationen als auch durch die Optimierung der Austausch- und Entwurfsprozesse.

F. Denis, Ir.-Arch., Berater, Abteilung Digitaler Bau, WTB

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

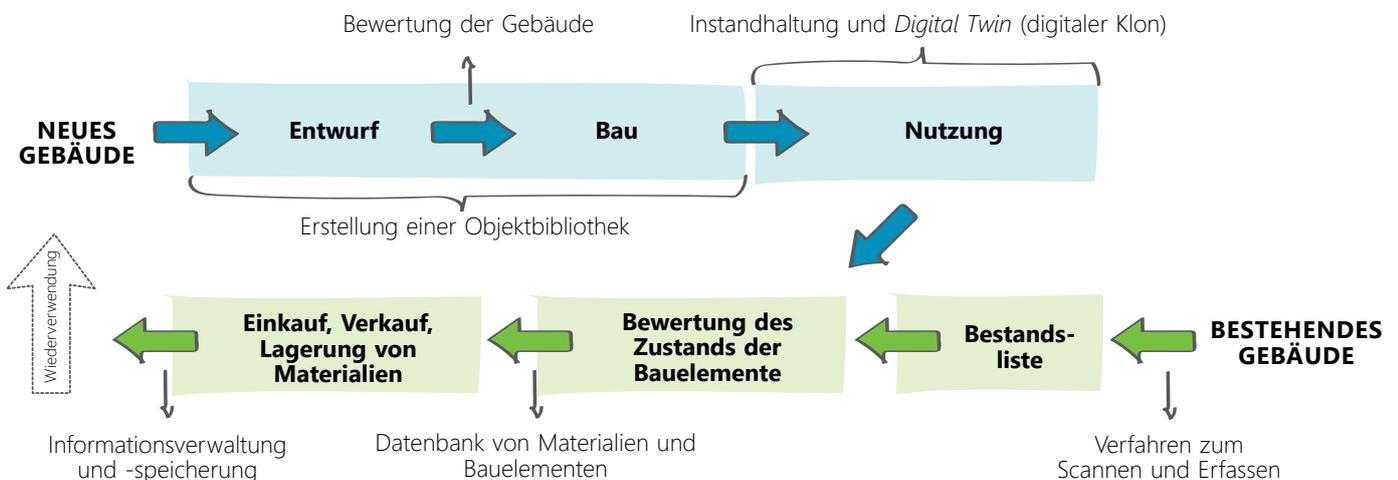
Während beim Kauf eines neuen Produkts die technischen Eigenschaften vom Hersteller geliefert werden, verfügt man bei einem gebrauchten Produkt häufig nicht über diese Informationen. Die Entwicklung von digitalen Hilfsmitteln hat jedoch dafür gesorgt, dass **die Verarbeitung, die Speicherung und die Übertragung von Materialdaten etwas leichter geworden ist. Diese Hilfsmittel tragen so zum Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft bei.**

In diesem Artikel wird auf zwei Szenarien eingegangen, bei denen die digitalen Hilfsmittel schon einen Beitrag zu diesem Übergang liefern, und zwar auf:

- den Entwurf eines neuen Gebäudes
- die Bestandsaufnahme eines bestehenden Gebäudes.

1 Entwurf eines neuen Gebäudes

Beim Entwurf eines neuen Gebäudes kann man auf die Nutzung von BIM zurückgreifen. Der objektorientierte Ansatz davon, der zur Folge hat, dass jedes im Modell vorhandene Element durch eine Liste von Eigenschaften und Parametern charakterisiert ist, ermöglicht es, die Informationen bezüglich der verschiedenen Bauelemente in das Modell zu integrieren und sie darin zu bewahren und zu verwalten. Obwohl dieser Ansatz an sich schon vorteilhaft für den Bauprozess ist, werden wir in den folgenden drei Punkten die Möglichkeiten der Speicherung und Verwaltung dieser Informationen im Rahmen der Kreislaufwirtschaft bewerten.



1 | Integration von BIM in die verschiedenen Phasen des Bau- und Abbruchprozesses.

1.1 Generieren von Informationen und Objektbibliothek

Zu Beginn des Projekts kann **für die Bauelemente eine Art Pass erstellt werden**, der sowohl ihre technischen und Umwelteigenschaften als auch ihre Historie zusammenfassend enthält. Diese Daten lassen sich dazu verwenden, das Vertrauen in ein Produkt zu vergrößern und somit Anreize für dessen Wiederverwendung zu schaffen. Eine Verfolgung und Analyse von ihnen ermöglicht es auch, mehr über die langfristige Entwicklung der technischen Eigenschaften dieser Elemente zu erfahren. Wenn diese Letzteren bestimmten Qualitätsnormen oder spezifischen Labels entsprechen, ist es ebenfalls möglich, dies im Pass anzugeben.

Das BIM-Modell eines neuen Gebäudes kann somit betrachtet werden als eine Sammlung von Objekten, die jeweils eine Reihe von daran gekoppelten Eigenschaften und technischen Merkmale aufweisen.

1.2 Bewertung von Gebäuden

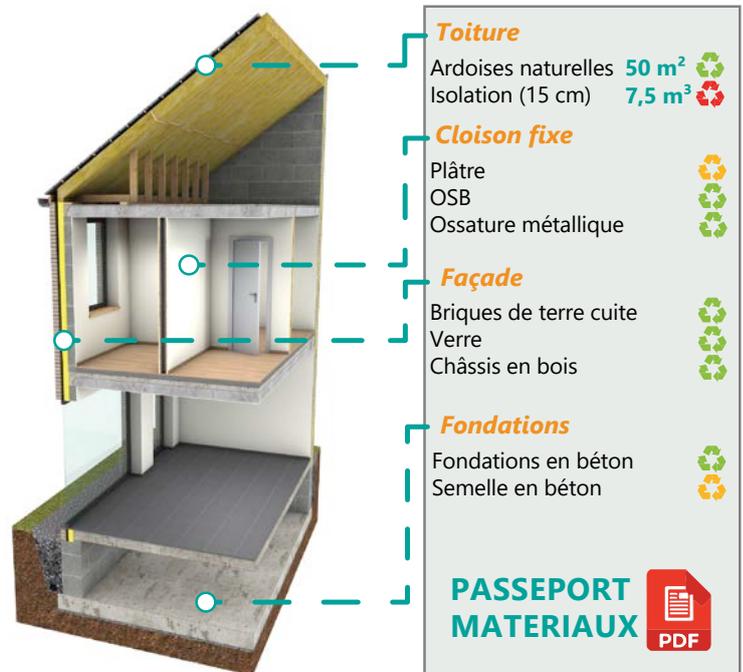
Während des Entwurfs können die an die Objekte gekoppelten Informationen für die Ausführung von bestimmten Studien verwendet werden und um zu überprüfen, ob die Regeln für die gute Ausführung oder die Normen eingehalten werden. Auf diese Weise kann die Demontierbarkeit von austauschbaren Elementen einfach bewertet werden.

Ähnlich wie bei einer Analyse der Energieleistungen eines Gebäudes (PEB), bei der die physikalischen Eigenschaften der Materialien und die Geometrie des Gebäudes berücksichtigt werden, **lässt sich die Umweltauswirkung eines Gebäudes mithilfe von Lebenszyklusanalysen (LCA) bewerten**, die auf dessen Materialeigenschaften und Geometrie basieren.

Um die Anpassbarkeit eines Gebäudes und die Wiederverwendungsmöglichkeiten bewerten zu können, müssen heute komplexe Studien ausgeführt werden, für die die Intervention eines Experten erforderlich ist. Diese Bewertung ließe sich durch die Entwicklung von zugänglichen Hilfsmitteln beträchtlich erleichtern, die auf die Daten der BIM-Modelle zurückgreifen, um die Auswirkung dieser Anpassbarkeit – sogar in einer vereinfachten Weise – zu quantifizieren und zu qualifizieren. In Analogie zu den derzeitigen Energiestudien für Gebäude könnte der Planer dann seine Entscheidungen gegeneinander abwägen, um einen Kompromiss zwischen den Baukosten, den Wiederverwendungsmöglichkeiten und der Umweltauswirkung seines Entwurfs und seiner Materialentscheidungen zu finden.

1.3 Instandhaltung von Gebäuden und Digital Twin

Alle während der Entwurfsphase generierten und gespeicherten Daten werden fortwährend aktualisiert, und zwar nicht nur beim Treffen von Entscheidungen bezüglich des Baus, sondern auch nachdem das Gebäude errichtet wurde. So entwickeln sich die an die Elemente gekoppelten Informationen zusammen mit dem Bauwerk. Dies wird als **Digital Twin** oder digitaler Klon bezeichnet.



2 | Beispiel für die Informationen, die gewöhnlich in einem Materialpass eines Gebäudes angegeben werden.

Dieser Ansatz vereinfacht nicht nur den Bau, sondern auch die Instandhaltung, die Renovierung und die zukünftige Wiederverwendung. So fungiert der *Digital Twin* während der Entwurfs- und Bauphase als ein digitaler Prototyp des zukünftigen Gebäudes und ermöglicht es, Simulationen für das Treffen von Baumentscheidungen und das Ausarbeiten von verschiedenen Szenarien auszuführen. Auch nachdem das Gebäude errichtet wurde, entwickelt sich dieser Klon weiter:

- erstens, um die *As-built*-Dossiers zu erstellen
- zweitens, um die Daten bezüglich der Nutzung des Gebäudes und der möglichen Änderungen, die während dieser Phase auftreten können, zu speichern.

Wenn ein Bauelement repariert oder ausgetauscht werden muss, sei es wegen einer spezifischen Beschädigung oder schlichtweg wegen eines normalen Verschleißes, ist es möglich, die gespeicherten Daten zu diesem Element einzusehen, um von ihm sowohl den Hersteller als auch die technischen Eigenschaften in Erfahrung zu bringen. Dies kann den Austausch oder – wenn der Zustand des Elementes es gestattet – die Wiederverwendung von ihm erleichtern.

Gegenwärtig arbeiten viele Forscher und Fachleute aus dem Bausektor an einer konkreteren Definition des Inhaltes dieser ‚Objekt-‘ oder ‚Materialpässe‘. Um den Fortbestand dieser Informationen zu garantieren (z.B. was deren Zugänglichkeit und die Möglichkeit betrifft, diese innerhalb mehrerer Jahrzehnte noch konsultieren zu können), ist es außerdem ganz wichtig, zu bestimmen, welche Daten aufbewahrt werden müssen und wie dies erfolgen muss (z.B. Dateiformat, ggf. physikalisches Medium).

2 Bestandsaufnahme von bestehenden Gebäuden

Es muss auch der Anwendung dieser Technologien im bestehenden Gebäudepark, der einen beträchtlichen Teils

des architektonischen Erbes ausmacht, eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

2.1 Bestandsaufnahme

Da für bestehende Gebäude in der Regel (fast) keine Informationen im digitalen Format vorhanden sind, besteht der erste Schritt darin, die verfügbaren Daten zu inventarisieren und zu speichern.

Die Digitalisierungstechniken für bestehende Gebäude befinden sich in gewaltiger Expansion. So lässt sich sowohl der Innenbereich als auch der Außenbereich eines Gebäudes gegenwärtig leicht auf (halb)automatische Weise in ein dreidimensionales Modell umsetzen. **Die mithilfe von Laserscannern oder der Photogrammetrie generierten Punktwolken** bilden dann die *As-built*-Rohdaten des BIM-Modells. Obwohl diese Daten äußerst genau und detailliert sind, fehlt ihnen bedauerlicherweise die Organisationsstruktur. Folglich kann es beträchtliche Anstrengungen erfordern, daraus die nützlichen Informationen zu ermitteln.

Um die Materialbestandsliste eines bestehenden Gebäudes strukturieren zu können, muss man über die folgenden Daten verfügen:

- die Art der vorhandenen Materialien
- ihren Zustand
- ihre Menge.

Es gibt viele innovative Hilfsmittel zum Extrahieren dieser Informationen. Denken wir hierbei nur einmal an die oben erwähnten 3D-Scanner. Andere Hilfsmittel sind beispielsweise der Identifikation von einfachen geometrischen Formen in der Punktwolke gewidmet (siehe nachstehende Abbildung). Diese Hilfsmittel erleichtern die Arbeit des 3D-Zeichners und ermöglichen es, die Mengen (Länge, Fläche und Volumen des Gebäudes) schnell zu ermitteln.

Im Zeitalter der künstlichen Intelligenz kann man jedoch noch einen Schritt weitergehen. Dies führt dazu, dass die 3D-Scansysteme jetzt immer häufiger mit fortgeschrittenen Algorithmen versehen werden, um **die automatische Identi-**

fikation von Gebäudeelementen, Materialien und sogar Schadenfällen zu erleichtern. Dadurch wird der Übergang vom 3D-Scan zum BIM-Modell, im sogenannten *Scan-to-BIM*-Prozess, viel weniger zeitraubend, wodurch er sich in der Praxis leichter umsetzen lässt.

2.2 Wiederverwendung der Materialien

Sobald diese Angaben gesammelt oder gespeichert sind, können sie verwendet werden, **um (digitale) Material- und Bauelementbibliotheken** zu generieren. Ebenso wie bei der Erstellung einer Materialbibliothek für ein neues Gebäude können sie den etwaigen Austausch oder die Instandhaltung eines Bauelements erleichtern.

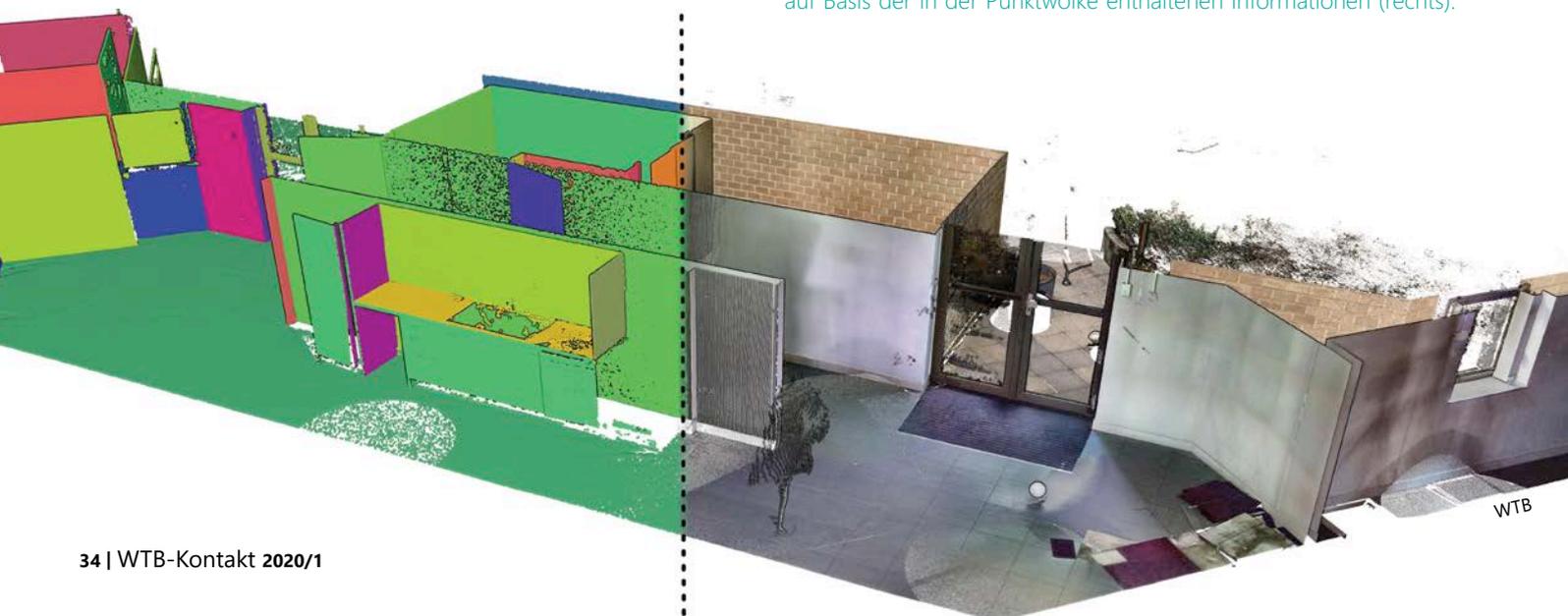
Im Gegensatz zu einem neuen Gebäude sind es jedoch nicht die generischen Informationen des Herstellers, die verwendet werden. In einigen Fällen ist es möglich, oder sogar notwendig, die Geometrie und die während der Bestandsaufnahme gesammelten Informationen zum Qualifizieren von Objekten zu benutzen (siehe Artikel S. 23).

2.3 Informationsverwaltung

Die gesammelten oder gespeicherten Daten lassen sich nicht nur verwenden, um Objekte zu dokumentieren und so deren Entwicklung über einen längeren Zeitraum zu verfolgen, sondern können auch auf Internetplattformen zur Verfügung gestellt werden, um den Ein- und Verkauf von Wiederverwendungsmaterialien und -elementen zu erleichtern. Jedes Bauelement verfügt somit über eine Historie, die auf einer Plattform eingesehen werden kann, die mit bekannten Einzelhandels-Websites vergleichbar ist.

Bestehende Gebäude ermöglichen es mit anderen Worten, die Datenbanken und die Materialbibliotheken in dem Maße mit Angaben zu versorgen, wie die Renovierungsarbeiten fortschreiten (auf die gleiche Weise wie bei neuen Gebäuden). Dennoch muss sowohl bei neuen als auch bei alten Gebäuden weiterhin besonderes Augenmerk auf die Integrität und Qualität der Informationen gelegt werden. ◆

3 | Automatische Erkennung der Größe, der Position und der Zusammensetzung der verschiedenen Bauelemente (links) auf Basis der in der Punktwolke enthaltenen Informationen (rechts).



Projekte

Innerhalb des WTB laufen gegenwärtig verschiedene Projekte, die im Zusammenhang mit der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen stehen. Nachstehend folgt eine kurze Übersicht:

- **BBSM** – *Le bâti bruxellois: source de nouveaux matériaux* (FEDER)
- **BCCC** – *Brussels Construction Consolidation Centre* (Innoviris)
- **B-LCA** – *Cadre méthodologique pour la réalisation de LCA dans la construction* (FÖD Wirtschaft)
- **CBCI** – *Circular Biobased Construction Industry* (Interreg 2Seas)
- **Chantiers pilotes de gestion innovante des déchets de construction** (Bruxelles Environnement)
- **Circulaire School voor de Toekomst** (Vlaanderen Circulair)
- **Circular.Concrete** (SIM & VLAIO)
- **C-Tech** – *Guidance Technologique Construction Durable à Bruxelles* (Innoviris)
- **CWality-Dossiers**, wie ‚Retrofit-Fenêtres‘ und S-CLT (SPW)
- **Digital Deconstruction** – *Advanced Digital Solutions Supporting Reuse and High-Quality Recycling of Building Materials* (InterregNWE)
- **FCRBE** – *Facilitating the Circulation of Reused Building Elements in North-West Europe* (InterregNWE)
- **Label Circulair Gebouw** (Vlaanderen Circulair)
- **Material World** (TETRA-VLAIO)
- **Normen-Außenstellen** *Béton-mortier-granulats, Eclairage, Energie et le climat intérieur ...* (FÖD Wirtschaft)
- **Proeftuin Circulair Bouwen** (Vlaanderen Circulair & OVAM)



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

Übersetzung: Communicationwise
Layout: J. Beauclercq und J. D'Heygere
Illustrationen: R. Hermans, D. Rousseau und Q. van Grieken



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 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 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