

WTB

Kontakt

EINE AUSGABE DES WISSENSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN BAUZENTRUMS

2021/1

Neue Technologien zur Unterstützung des Bausektors

B&R Bouwgroep



Inhalt 2021/1

Digitale Tools als Hilfsmittel im Bausektor	3
Schnelle Vermessung mithilfe von Apps	6
Schnell und genau messen mit Laserentfernungsmessern	8
Visualisieren einer zukünftigen Installation mithilfe von Augmented Reality	10
Photogrammetrie für die Diagnose und Vermessung von Altfassaden.....	12
Laserscanner zur Vorbereitung der Arbeiten.....	14
Schneller und sicherer arbeiten dank Exoskeletten	16
Internet der Dinge in der Ausführungsphase: ein konkretes Beispiel	18
Werkzeuge und Baustellenmaschinen lokalisieren mithilfe von Track-and-trace-Systemen	20
Drohnen für die Inspektion von schwer zugänglichen Bauelementen	22
Leck- und Korrosionserkennung in Sanitär- und Heizungsinstallationen.....	24
Die Demonstrations-Hubs , Ihre Testzentren für digitale Technologien	26

Diese Sonderausgabe wurde in Zusammenarbeit mit den folgenden Mitarbeitern des WTB verfasst: A. Buttafuoco, L. Casteleyn, N. Cauberg, F. Denis, S. Dubois, C. Euben, D. Grillet, T. Lonfils, A. Vazquez und S. Vercauteren.





Digitale Tools als Hilfsmittel im Bausektor

Die Digitalisierung ist allgegenwärtig. Auch der Bausektor kann sich ihr nicht entziehen. Obwohl diese rasante Entwicklung ständig neue Möglichkeiten eröffnet, fürchten Sie sich als Bauprofi vielleicht etwas vor den vielen neuen Technologien, die auf Sie zukommen. Indem Sie gut durchdachte Entscheidungen treffen und sich gut informieren, können diese Tools Ihnen jedoch helfen, effizienter zu arbeiten.

Warum digitalisieren?

Die Digitalisierung geht mit der Suche nach Technologien einher, die einen Mehrwert für Ihr Baugewerk und Ihr Unternehmen bieten können. So können bestimmte Technologien – in Abhängigkeit der spezifischen Bedürfnisse und Erfordernisse Ihres Unternehmens – interessanter sein als andere. Um Sie bei Ihrer Wahl zu unterstützen, werden in diesem WTB-Kontakt einige Technologien und deren mögliche Anwendungen im Bausektor beschrieben. So können bestimmte Tools helfen:

- **effizienter zu arbeiten.** So können Sie Ihren Gerätepark besser verwalten mithilfe von *Track-and-trace*-Systemen (siehe S. 20-21) oder effizienter messen dank Apps (siehe S. 6-7) und Laserentfernungsmessern (siehe S. 8-9)
- **eine höhere Rentabilität zu erreichen.** Durch die Ausstattung des Betons mit Sensoren kann z.B. die Aushärtung überwacht werden und es muss nicht mehr unnötig lange gewartet werden, bis das Ausschalen erfolgen kann (siehe S. 18-19)
- **die körperliche Arbeit zu erleichtern.** So können Exoskelette die Bewegungen des Anwenders beispielsweise

unterstützen und ihm schwere Arbeiten erleichtern (siehe S. 16-17)

- **die Sicherheit zu erhöhen.** Durch die Nutzung einer Drohne kann man potenziell gefährliches Klettern beispielsweise vermeiden (siehe S. 22-23)
- **die Arbeiten besser vorzubereiten.** Der Einsatz von Photogrammetrie (siehe S. 12-13) oder eines Laserscanners (siehe S. 14-15) ermöglicht es u.a., vorhandene Elemente genau abzubilden
- **den Kunden besser begleiten zu können.** Mit *Augmented Reality* ist es beispielsweise möglich, dem Kunden schon vorab eine Vorstellung vom Ergebnis der geplanten Arbeiten zu vermitteln (siehe S. 10-11)
- **Schäden zu begrenzen.** Dank digitaler Überwachungssysteme können entstehende Korrosion und Wasserlecks erkannt und so weitere Schäden vermieden werden (siehe S. 24-25).

Die Digitalisierung ist somit kein Selbstzweck, sondern bietet dem Bauprofi allerlei **Hilfsmittel für die Verbesserung seiner Arbeitsprozesse.**





Die Digitalisierung bietet dem Bauprofi allerlei Hilfsmittel für die Verbesserung seiner Arbeitsprozesse.

Wie digitalisieren?

Die digitale Transformation Ihres Bauunternehmens sollte vorzugsweise allmählich erfolgen. Dies erfordert ein **schrittweises und unternehmensspezifisches Vorgehen**.

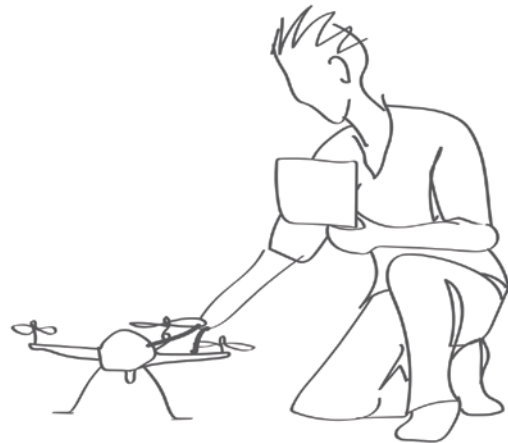
Um eine optimale Auswahl hinsichtlich der einzusetzenden Technologien zu treffen, ist es wichtig, den Ablauf Ihres Arbeitsprozesses und die Erwartungen Ihrer Kunden sehr genau zu untersuchen. Auf diese Weise erhalten Sie eine Vorstellung von bestimmten Dingen, die besser sein könnten, von Problemen, die Sie lösen möchten, oder von neuen Dienstleistungen, die Sie anbieten wollen. Auf dieser Basis können Sie dann die **Ziele** formulieren, die Sie erreichen wollen.

Sobald die Ziele bekannt sind, können Sie anfangen, darüber nachzudenken, wie Sie diese erreichen können und **welche digitalen Technologien** Ihnen dabei helfen können. Um den Bauprofi diesbezüglich zu unterstützen, stellt dieser WTB-Kontakt – neben der Beschreibung einiger Technologien und deren möglichen Anwendungen – praktische Informationen zur Verfügung, und zwar in Bezug auf:

- den Reifegrad der Technologie: Inwieweit ist die verwendete Technologie in ihrer Entwicklung fortgeschritten und bereits in der Praxis einsetzbar?
- deren Schwierigkeitsgrad: Wie schwierig oder leicht ist die Handhabung der Technologie?
- die notwendigen Mittel: Inwieweit werden zusätzliche Mittel (z.B. Geräte oder Software) benötigt?

Für weitere Informationen zu den Technologien und ihren verschiedenen Anwendungen verweisen wir auch auf die Website www.digitalconstruction.be.





Wenn Sie die Digitalisierung schrittweise und zielgerichtet vornehmen, kann sich Ihr Arbeitsprozess nur verbessern.

Eine weitere wichtige Neuerung: Das WTB stellt auch eine Reihe von Demonstrations-Hubs zur Verfügung, um Ihnen bei der Auswahl zu helfen (siehe S. 26). Hier werden Sie **persönlich beraten** und können Sie bestimmte **Technologien testen**, um so selbst die Möglichkeiten und Grenzen, unter Berücksichtigung Ihrer Bedürfnisse, in Erfahrung zu bringen.

Auch wenn Sie bereits eine bestimmte Technologie in Erwägung ziehen, möchte das WTB weiterhin eine wichtige, unterstützende Rolle spielen. Unsere **TechCom-Datenbank** macht es Ihnen leicht, Hersteller oder Lieferanten der betreffenden Technologie zu finden, und wir beraten Sie über mögliche öffentliche Finanzierungshilfen, die Sie in Anspruch nehmen können. Darüber hinaus können Sie sich auch an das WTB wenden, für die Teilnahme an eventuellen **Schulungen**.



Sobald Sie schließlich Ihre Entscheidung getroffen haben und Sie über die notwendigen Mittel und Kenntnisse verfügen, können Sie loslegen. Dabei ist es ratsam, mit einem **einfachen Pilotprojekt**, das für die allgemeinen Geschäftstätigkeiten Ihres Unternehmens repräsentativ ist, zu beginnen und sich realistische Ziele zu setzen. Diese Ziele können Sie bei Ihren nächsten Projekten nach und nach erweitern. Es ist jedoch wichtig, einerseits sicherzustellen, dass die Ziele erreichbar bleiben, und andererseits sie regelmäßig zu bewerten, und zwar indem intern klar kommuniziert wird, was gut gelaufen ist und was vielleicht etwas schwieriger war.

Digitalisierung, dass betrifft Sie auch!

Lassen Sie sich also nicht von der digitalen Transformation des Bausektors abschrecken und lassen Sie sich vom WTB dabei helfen, gut durchdachte und auf Ihr Unternehmen zugeschnittene Entscheidungen zu treffen. Denn wenn Sie die Digitalisierung schrittweise und zielgerichtet vornehmen, kann sich Ihr Arbeitsprozess nur verbessern. ◆





Schnelle Vermessung mithilfe von Apps

Das Ausführen von Messungen ist ein wesentlicher Bestandteil eines jeden Baugewerks, insbesondere bei der Erstellung von Angeboten. In letzter Zeit wurden zahlreiche mobile Messanwendungen entwickelt, die diese Aufgabe für den Bauprofi erleichtern können.

Die meisten Messanwendungen nutzen eine der folgenden Technologien: *Augmented Reality*, *Motion Measuring* oder LiDAR.

Augmented Reality (AR)

Diese Technologie besteht darin, Informationen über die im Smartphone oder Tablet **eingebaute Kamera** zu sammeln, die danach von einem **Algorithmus** verarbeitet werden. Dieser Algorithmus versucht, anhand der aufgenommenen Bilder Flächen zu erkennen und Entfernungen zu Objekten abzuschätzen. Auf diese Weise können Live-Messungen mit der Kamera durchgeführt werden. Ein Beispiel für eine Anwendung, die *Augmented Reality* einsetzt, ist die Applikation ‚Measure‘ von Apple (kostenlos) (siehe Abbildung 1).

Motion Measuring

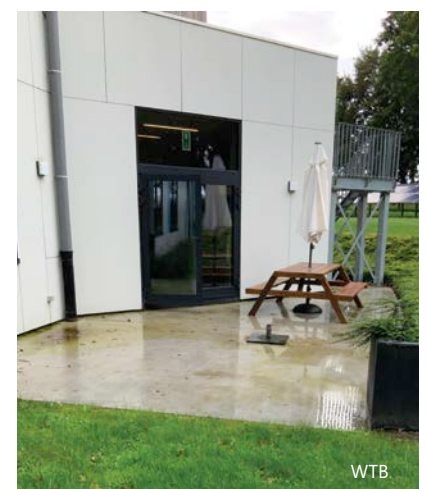
Bei der Technologie *Motion Measuring* werden **interne oder ggf. externe Sensoren** verwendet, um die Position des Geräts zu ermitteln. Auf diese Weise können die 3D-Koordinaten des Geräts definiert und auch Entfernungen im Raum gemessen werden. Andere Aspekte,



1 | Erkennen von Flächen mit der Applikation ‚Measure‘.

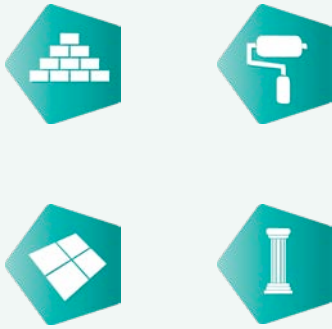


2 | Ausmessen und Visualisieren der Fläche eines Außenhofs mit der Applikation ‚Moasure‘ und dem dazugehörigen externen Sensor (300 \$ im Jahr 2019).





Baugewerke



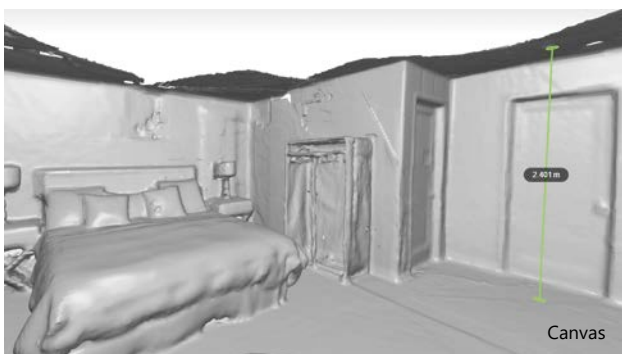
wie z.B. Winkel und Ebenheit, können ebenfalls überprüft werden. Ein Beispiel für eine Anwendung, die *Motion Measuring* nutzt, ist die Applikation ‚Moasure‘ (kostenlos) (siehe Abbildung 2 auf der vorherigen Seite).

Light Detection And Ranging bzw. LiDAR

Bei der Technologie LiDAR werden **konzentrierte Lichtstrahlen oder Laserstrahlen** zum Scannen einer Umgebung verwendet. Die Arbeitsweise ist vergleichbar mit der von Laserscannern, die bereits im Bausektor eingesetzt werden.

Obwohl diese Technologie derzeit nur im iPad Pro (4. Generation) und im iPhone 12 Pro eingebaut ist, ist es auch möglich, ein externes Gerät (z.B. den Structure Sensor von Occipital) zu verwenden. Ein Beispiel für eine Anwendung, die LiDAR nutzt, ist die Applikation ‚Canvas‘ (kostenlos) (siehe Abbildung 3).

3 | Messen der Höhe eines Zimmers mit der Applikation ‚Canvas‘ und dem Structure Sensor 2 (500 \$ im Jahr 2019).



Reifegrad

Obwohl diese Messapplikationen bisher noch nicht mit den heute verwendeten Geräten (z.B. Laserentfernungsmesser oder Maßband) konkurrieren können, lassen sie sich aber für eine grobe Abschätzung in der Angebotsphase oder zur Datenerfassung einsetzen. Die Einführung von LiDAR und die zunehmende Präzision der Sensoren könnten jedoch dazu führen, dass diese Anwendungen kurz- oder mittelfristig ihren Weg in andere Projektphasen finden werden.



Schwierigkeitsgrad

Tablets und Smartphones werden mehr und mehr zu einem festen Bestandteil des Berufslebens. Wenn dann auch noch gute Tutorials zur Verfügung stehen, die das korrekte Funktionieren der Anwendungen veranschaulichen, können diese Letzteren einfach genutzt werden.



Benötigte Mittel

Die meisten Anwendungen lassen sich sowohl auf einem Smartphone als auch auf einem Tablet installieren. Smartphones bieten nicht nur einen höheren Bedienungskomfort (z.B. Gewicht und Abmessungen), sondern gehören immer häufiger zur Standardausrüstung des Bauprofis. Bestimmte Anwendungen erfordern jedoch den Kauf eines externen Sensors, der über Bluetooth mit dem Gerät verbunden wird. Hierbei ist auch der Umstand zu berücksichtigen, dass die Verwendung von internen Sensoren und Kameras den Akku stark belastet. Deshalb wird empfohlen, immer eine externe Batterie bereitzuhalten.



Canvas



Schnell und genau messen mit Laserentfernungsmessern

Dank ihrer Schnelligkeit, Zuverlässigkeit und intuitiven Bedienung sind Laserentfernungsmesser schon seit einiger Zeit eine würdige Alternative zu Maßbändern. Aber wussten Sie, dass die heutige Generation von Laserentfernungsmessern noch viel mehr Möglichkeiten bietet?

Manuell bediente Laserentfernungsmesser

Es vergeht keine Bauphase, in der nicht früher oder später ein Messgerät benötigt wird. Wenn Sie keine sehr präzisen Messungen benötigen (z.B. um die Anzahl der Fliesen zu bestimmen, die für einen rechteckigen Raum benötigt werden), dann reicht ein einfacher, manuell zu bedienender Laserentfernungsmesser schon aus.

Die **Leuchtanzeigen** dieser Messgeräte bieten den Vorteil, dass sie auch an dunklen Orten abgelesen werden können. Außerdem brauchen Sie dank der **internen Speicherung** der Messdaten nichts mehr, um diese zu notieren. Darüber hinaus sind die Messungen **zuverlässiger**, da die menschlichen Fehler, die beim Ablesen klassischer Messgeräte manchmal auftreten, reduziert werden. Das bedeutet jedoch keinesfalls, dass Sie keine nicht korrekten Messungen mehr durchführen können. Aber durch die Schnelligkeit der Messungen mit dem Laserentfernungsmesser lassen sich so viele ausführen, dass sich solche Fehler feststellen lassen.

Automatische Laserentfernungsmesser

Und was ist, wenn es sogar auf **millimetergenaue Messungen** ankommt? Was ist, wenn Sie äußerst komplizierte Messungen durchführen müssen, um beispielsweise Neigungen und Winkel zu bestimmen? Was ist, wenn der zu

messende Teil des Gebäudes schwer zugänglich ist? In dem Fall kann ein automatischer Laserentfernungsmesser eine Abhilfe bieten.

Automatische Laserentfernungsmesser ermöglichen es, die notwendigen Messungen **aus der Entfernung und von einem Punkt aus** vorzunehmen. So können über eine bestimmte Entfernung oder eine bestimmte Fläche mehrere Punkte entsprechend einer gut gewählten Dichte aufgetragen werden. Diese Punkte können dann in eine CAD-Datei exportiert werden, um beispielsweise die *As-built*-Konstruktion mit dem zu vergleichen, was auf den Plänen vorgesehen war.

Besonders dort, wo eine hohe Dichte erforderlich ist, um eine bestimmte Form zu erfassen (z.B. eine Bogenkonstruktion oder eine unregelmäßige Form), kann der automatische Laserentfernungsmesser dank seiner **Schnelligkeit und Präzision** von großem Nutzen sein.

Diese Geräte verfügen über Bordcomputer und eine Reihe weiterer nützlicher Funktionalitäten, die es ermöglichen, anhand weniger aufeinanderfolgender Messpunkte u.a. Höhen, Neigungen, Flächen, Volumen oder Winkel zu messen und sogar einen Grundriss in einer App oder im CAD-Format zu zeichnen. Eine Kamera mit optischem Zoom hilft zudem, den Laserstrahl möglichst korrekt zu positionieren. ◆





Reifegrad

Laserentfernungsmesser sind nicht neu und haben ihren Nutzen bereits bewiesen. Die Möglichkeiten dieser Geräte werden zudem noch erweitert durch die Ausstattung mit Rechenmodulen, zusätzlichen Funktionen und Kameraanwendungen sowie der Möglichkeit, das Gerät mit einem Computer oder einer App zu verbinden.



Baugewerke



Schwierigkeitsgrad

Der Bedienungskomfort des Geräts wird hauptsächlich durch die Anzahl der Funktionen bestimmt. Dieser kann von einer einzelnen Taste mit einer reinen Messfunktion bis hin zu einer Vielzahl von Tasten und Anwendungen reichen (z.B. Messung von Höhen, Neigungen, Flächen und Volumen, Kamerafunktionen, WLAN-Datenübertragung und indirekte Messungen).



Benötigte Mittel

Laserentfernungsmesser gibt es in verschiedenen Preisklassen (von ca. 50 bis 2.000 €). Die teureren Modelle verfügen in der Regel über einen höherwertigen Laser (d.h. eine bessere Genauigkeit in der Größenordnung von ca. 1 mm für Entfernungen bis 300 m) und können mehrere Funktionen ausführen. Obwohl sich der Kauf im Allgemeinen auf das Gerät und eventuell einige kleinere Zubehörteile beschränkt, ist es nicht ausgeschlossen, dass in Zukunft einige zusätzliche kostenpflichtige Apps entwickelt werden.



WTB

Was ist ein Laserentfernungsmesser?

Wie der Name schon vermuten lässt, arbeiten Laserentfernungsmesser mit einem Laser. Der ausgesandte Lichtstrahl weist eine hohe Kohärenz auf, ist monochromatisch und hat eine spezifische Frequenz. Da der eingebaute Sensor nur für diese spezielle Frequenz empfindlich ist, fängt er kein Licht anderer Frequenzen auf.

Solange der Lichtstrahl in Form eines – meist roten – Punkts auf dem Objekt oder dem platzierten Ziel sichtbar ist, kann der Sensor den reflektierten Lichtstrahl erkennen. Auf Basis der Eigenschaften des reflektierten Strahls berechnet das Rechenmodul danach die Entfernung des Laserentfernungsmessers zum Objekt. Die Kombination aus der Qualität des Laserstrahls und der Leistungsfähigkeit des Rechenmoduls bestimmt die maximale Messentfernung (bis zu mehreren hundert Metern) und die Genauigkeit der Messung. Der Laser gehört meistens zur Sicherheitsklasse 2 und ist somit nicht schädlich für die Augen, solange der natürliche Augenlidreflex nicht bewusst unterdrückt wird.



Visualisieren einer zukünftigen Installation mithilfe von *Augmented Reality*

Augmented Reality kann für KMUs sehr nützlich sein, da sie ermöglicht, ein 3D-Objekt (z.B. einen Heizkörper, eine Treppe oder eine Küche) an seiner zukünftigen Position zu visualisieren. So hat der Kunde die Möglichkeit, mithilfe eines Smartphones oder Tablets vor Ort zu sehen, wie die fertige Installation aussehen wird.

Während die Installation eines Heizkörpers, eines Sanitärgeräts, eines Dachfensters, einer Treppe oder einer Küche für den Fachmann meist keine große Sache mehr ist, **kann es für die Kunden schwieriger sein, eine solche Einrichtung und deren Anbringungsort auszuwählen**. So fällt es vielen von ihnen schwer, die Auswirkung ihrer Wahl auf das Endergebnis zu beurteilen. Es kann jedoch zeitaufwendig und teuer sein, 3D-Pläne oder Visualisierungen – selbst in vereinfachter Ausfertigung – zu entwickeln, nur damit der Kunde beispielsweise einen visuellen Eindruck von einem neuen Heizkörper in seiner zukünftigen Umgebung erhalten kann.

In einem frühen Stadium, in dem noch keine Genauigkeit im Bereich eines Zentimeters erforderlich ist, kann die Technologie *Augmented Reality* eine geeignete Lösung bieten. So sind immer mehr Smartphones oder Tablets in der Lage, **die Fläche eines Bodens oder einer Wand zu erkennen**. Danach muss man nur noch das Objekt (z.B. Heizkörper oder Dusche) platzieren und die Kamera des Geräts legt

das 3D-Modell auf das reale Bild. Das Ziel ist nicht, eine extrem genaue technische Visualisierung zu erhalten, sondern vielmehr dem Kunden zu ermöglichen, das Projekt zu sehen und zu verstehen.

Da immer mehr Hersteller einen **Katalog mit den 3D-Modellen** ihrer Produkte anbieten, ist es nicht mehr notwendig, diese Objekte selbst zu modellieren. Dank *Augmented Reality* ist es auch nicht länger notwendig, ein Modell des Hauses oder des Raums zu erstellen, in dem das Element installiert werden soll.

Das 3D-Modell aus dem Katalog kann direkt an seinem zukünftigen Installationsort betrachtet werden. Es ist auch möglich, verschiedene Arten von Heizkörpern oder sogar verschiedene Ausführungen oder Materialien zu visualisieren. Auf diese Weise erhält der zweifelnde Kunde eine deutlichere Vorstellung vom Projekt und kann er unangenehme Überraschungen vermeiden. ◆

Augmented Reality

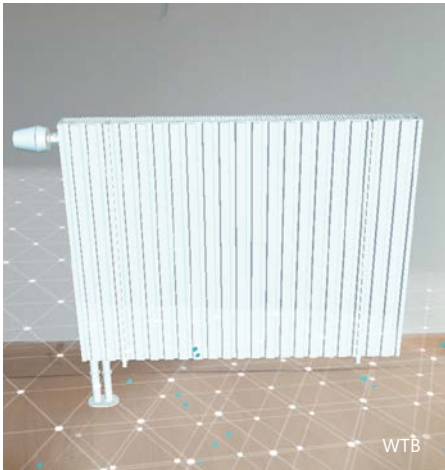
Augmented Reality ist eine Technologie, die auf den neuesten Generationen von Smartphones und Tablets verfügbar ist und die Visualisierung von Informationen oder 3D-Objekten ermöglicht, die auf reale Aufnahmen gelegt sind.

Mixed Reality, noch ein Schritt weiter

Obwohl die *Augmented Reality*-Technologie bereits sehr nützlich ist, eignet sie sich nicht für Aufgaben, die eine Genauigkeit im Bereich eines Zentimeters erfordern. Dank fortschrittlicherer Sensoren, wie sie eingesetzt werden für die Laserentfernungserkennung (auch LiDAR genannt), erreicht die *Mixed Reality*-Technologie eine akzeptable Präzision, z.B. für die Überprüfung von Toleranzen oder für die Installation vor Ort. Allerdings ist diese Technologie noch nicht ganz ausgereift.



Baugewerke



Reifegrad

Immer mehr Smartphones und Tablets sind mit der *Augmented Reality* kompatibel. Wenn eine Genauigkeit im Bereich eines Zentimeters gewünscht wird, muss man jedoch auf die Entwicklung und die allgemeine Einführung von *Mixed Reality* (LiDAR-Sensoren oder Smartphones mit mehreren spezifischen Sensoren) warten.



Schwierigkeitsgrad

Es sind keine Vorkenntnisse erforderlich, außer denen für die Nutzung eines Smartphones oder Tablets.



Benötigte Mittel

Um eine bereits von einem Hersteller entwickelte Applikation zu nutzen, brauchen Sie nur ein neueres Smartphone. Allerdings gibt es derzeit nur wenige gewerkespezifische Anwendungen. Darüber hinaus müssen die Hersteller ihre 3D-Objekte modellieren und teilen. Im Internet gibt es generische Tools, mit denen sich Anwendungen einfach entwickeln lassen (z.B. ARcore, ARkit und ARfoundation). Das WTB arbeitet daran, bestimmte Tools an die Anforderungen und Bedürfnisse unseres Sektors anzupassen.





Photogrammetrie für die Diagnose und Vermessung von Altfassaden

Dank der Photogrammetrie ist es möglich geworden, ausgehend von Fotos automatisch dreidimensionale Informationen zu generieren. Diese Methode erleichtert beispielsweise die Vermessung und Diagnose von Fassaden.

Die Renovierung von Altfassaden ist sehr komplex, insbesondere wenn es sich um ein Kulturerbe handelt. Daher ist es notwendig, vor jedem Eingriff eine **Materialbestandsaufnahme durchzuführen** und **die vorhandenen Schäden zu diagnostizieren**. Während es zwar durchaus möglich ist, sich anhand von Fotos einen allgemeinen Überblick zu verschaffen, gestatten diese keine gründlichen Analysen oder genauen Messungen.

Die neuen bildgebenden Verfahren haben diesbezüglich eine echte Revolution bewirkt. So kann man mithilfe von einer Photogrammetrie-Software und einigen Fotos einer Wand, einer Fassade oder eines ganzen Gebäudes ein **detailliertes digitales Modell** von diesen Elementen erstellen.

Dieses Modell kann dazu verwendet werden, jedes Detail zu betrachten und zu vermessen, ohne dafür zur Baustelle

zurückkehren zu müssen. Ferner erleichtert es die Kommunikation mit dem Kunden.

Einige zugänglichere Geräte bieten eine **sofortige photogrammetrische Messung**. Auf den ersten Blick sehen diese Geräte aus wie ein Smartphone, aber bei näherer Betrachtung wird das, was man fotografiert, sofort auf dem Bildschirm messbar. In gewisser Weise vereinen diese Geräte die Vorteile der Fotografie und des Lasermessgeräts. Diese ‚3D-Fotos‘ können darüber hinaus nach Belieben wiederverwendet werden.

Die 3D-Informationen sind besonders wertvoll für das Verständnis bestehender Gebäude, die Vorbereitung von Interventionen und die Kommunikation zwischen den Mitarbeitern. Diese neuen Technologien machen es zunehmend einfacher, immer genauere digitale Modelle zu erstellen. ◆

Was ist Photogrammetrie?

Indem man ein Objekt aus verschiedenen Blickwinkeln erfasst, lässt sich – genauso wie bei der menschlichen Sicht – daraus folgern, in welcher Entfernung sich dieses Objekt befindet. So ist es möglich, mithilfe fortgeschrittener Algorithmen detaillierte 3D-Modelle ausgehend von Fotos zu erstellen. Diese Technik wird als ‚Photogrammetrie‘ bezeichnet. Das Aufkommen von Digitalkameras, die Verbesserung ihrer technischen Spezifikationen und die Entwicklung der Informationstechnologie haben die verfügbaren Tools erheblich verbessert. So hat in wenigen Jahren ein tiefgehender Wandel von hochspezifischen Modellierungstechniken hin zu automatisierteren und zugänglicheren Methoden stattgefunden.

Die Photogrammetrie kommt im Kulturerbesektor bereits intensiv zum Einsatz. Denn wenn die Qualität der visuellen Informationen ebenso wichtig ist wie die geometrische Genauigkeit der Vermessungen, kann diese Technologie als Ergänzung zum Laserscanner eingesetzt werden.





WTB

Baugewerke



Reifegrad

Die Technik ist nicht neu, sie beschränkt sich aber auf einige spezifische Bereiche des Bauwesens (hauptsächlich das Kulturerbe). Die Demokratisierung der Software und der leistungsfähigen Fotosensoren müsste für einen häufigeren Einsatz der Technologie sorgen.



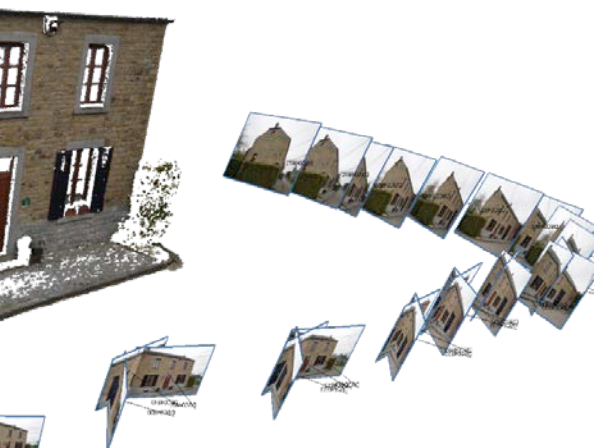
Schwierigkeitsgrad

Die Photogrammetrie-Software liefert die vollständigsten und interessantesten Ergebnisse (z.B. Punktwolken und entzerrte Fotos). Allerdings ist die Nutzung solcher Programme nach wie vor komplex. In letzter Zeit halten jedoch auch benutzerfreundlichere Geräte auf der Baustelle ihren Einzug.



Benötigte Mittel

Die erforderliche Investition hängt von der gewählten Technologie und der Größe des Projekts ab. Der Kaufpreis für die Ausrüstung variiert von einigen hundert bis zu mehreren tausend Euro. Die Notwendigkeit einer entsprechenden Schulung darf auch nicht außer Acht gelassen werden.



Für weitere Details zu dieser Technologie verweisen wir auf die WTB-Monographie Nr. 29 ‚Le relevé 3D à l’heure du BIM‘.



Laserscanner zur Vorbereitung der Arbeiten

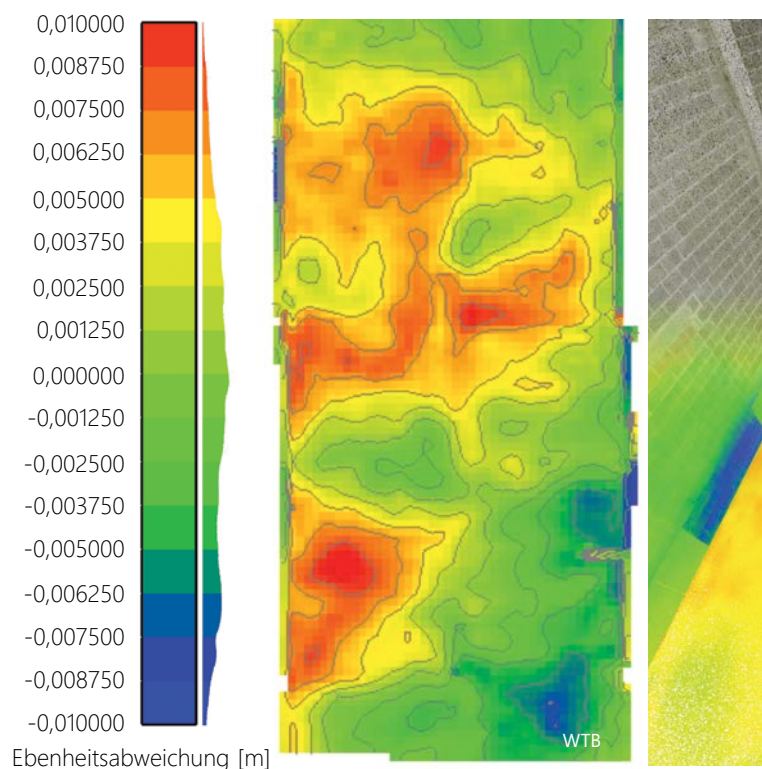
Laserscanner bieten zahlreiche Möglichkeiten zur genauen Vermessung von bestehenden Elementen. Außerdem können mit dieser Technologie wesentlich mehr Informationen gesammelt werden als mit traditionellen Messmethoden. Dies kann die Vorbereitung von Interventionen sowohl bei Bau- als auch bei Renovierungsarbeiten erheblich erleichtern.

Die korrekte geometrische Charakterisierung des Gebäudes oder eines seiner Bestandteile ist für die **Vorbereitung vieler Interventionen** entscheidend. So gestattet eine genaue Vermessung des Rohbaus, die Ausbauelemente möglichst gut darauf abzustimmen. Dadurch wird die Anzahl von späteren Anpassungen oder Korrekturen reduziert. Bei Renovierungsarbeiten ist es außerdem möglich, die Arbeiten besser an den bestehenden Zustand des Gebäudes anzupassen. Denn dieser entspricht nicht immer den Plänen und kann erhebliche Formänderungen oder ungewöhnliche Formen aufweisen.

Normalerweise erfolgt die geometrische Vermessung auf sehr lokalisierte Weise. Bandmaße und Lasermessgeräte werden für schnelle Messungen bevorzugt, aber sie sind für die Messung von **Elementen mit einer komplexen Form oder Elementen, die sich weiter weg befinden**, nicht geeignet. Totalstationen sind wiederum genauer, automatisierter und vielseitiger, auch wenn es nach wie vor schwierig ist, damit ganze Flächen zu vermessen.

Laserscanner können diesen Einschränkungen entgegenkommen und für eine echte Revolution hinsichtlich der Art und Weise sorgen, in der bestehende Situationen erfasst werden. Erstens bieten sie eine **sehr hohe Genauigkeit**, sofern man einen angemessenen Messabstand einhält. Wenn man sich in 10 Meter Abstand vom gemessenen Element befindet, kann man beispielsweise eine Messgenauigkeit von einigen Millimetern erreichen. Zweitens kann jede Sekunde eine beträchtliche Anzahl von Punkten vermessen werden, wodurch man ein **Gesamtbild** der betreffenden Elemente bekommt. Damit wird es möglich, die Ebenheit einer Wand, eines Bodens oder eines anderen architektonischen Elements abzuschätzen, wie es auf den nebenstehenden Bildern zu sehen ist. Schließlich sind die meisten neueren Scanner mit Fotosensoren ausgestattet, die **Farbe** zu den generierten Datensätzen hinzufügen. Diese werden als ‚Punktwolken‘ bezeichnet. Es handelt sich dabei um digitale Kopien des bestehenden Bauwerks, aus denen die gewünschten Informationen abgeleitet werden müssen. Dazu muss man jedoch über die notwendige Software und die entsprechenden technischen Kenntnisse verfügen.

Die Genauigkeit der geometrischen und kolorimetrischen Messungen, die Laserscanner bieten, ist für viele Baustellen wertvoll. Denn diese kann die Qualität und die Schnelligkeit der Ausführung erheblich verbessern (was besonders wichtig ist, wenn man Maßarbeit und das Ausschließen von Fehlern anstrebt) und eine genauere Vorbereitung für die Installation von Materialien (z.B. Dämmplatten oder Steinverkleidungen) oder Komponenten (z.B. Fertiggehäuse oder Einbauküchen) gewährleisten. Auch die Baustelle selbst kann an Effizienz gewinnen. So können Laserscanner bei der Errichtung komplexer Gerüste sehr hilfreich sein. Die bewährten Praktiken für die Nutzung von Laserscannern und Punktwolken sind jedoch noch zu wenig definiert. Diese sollten in der Zukunft noch weiter ausgearbeitet werden. ●



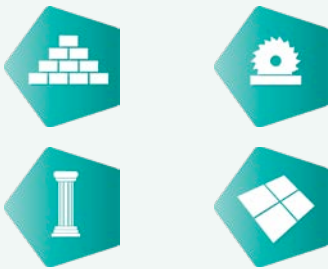


Was ist ein Laserscanner?

Neben den 3D-Modellierungstools spielen auch moderne Scan-Techniken eine wesentliche Rolle bei der Untersuchung von bestehenden Bauwerken. Denn die Vermessung von Gebäuden beschränkt sich heute nicht länger auf die reine punktuelle Vermessung der Elemente, sondern zielt auf eine sehr vollständige und realistische Abbildung der Realität ab.

Das Prinzip des Laserscanners besteht darin, eine große Anzahl von Lichtstrahlen auszusenden, die in der Lage sind, die Entfernung zu den damit getroffenen Objekten abzuschätzen. Jeder erfasste Punkt wird in Bezug auf das Messgerät im Raum mit einer Genauigkeit im Millimeterbereich lokalisiert. Mit der heutigen Technologie können, indem man das Gerät rotieren lässt, Millionen von Strahlenbündeln pro Sekunde gesendet werden. Auf diese Weise erhält man eine digitale Kopie des vermessenen Objekts.

Baugewerke



Reifegrad

Es wurden bereits mehrere Generationen von Laserscannern aufeinanderfolgend entwickelt und die Messergebnisse werden immer genauer. Die Technologie ist jedoch noch recht neu und es werden noch zahlreiche Verbesserungen erwartet, auch im Bereich der Datenverwaltung.



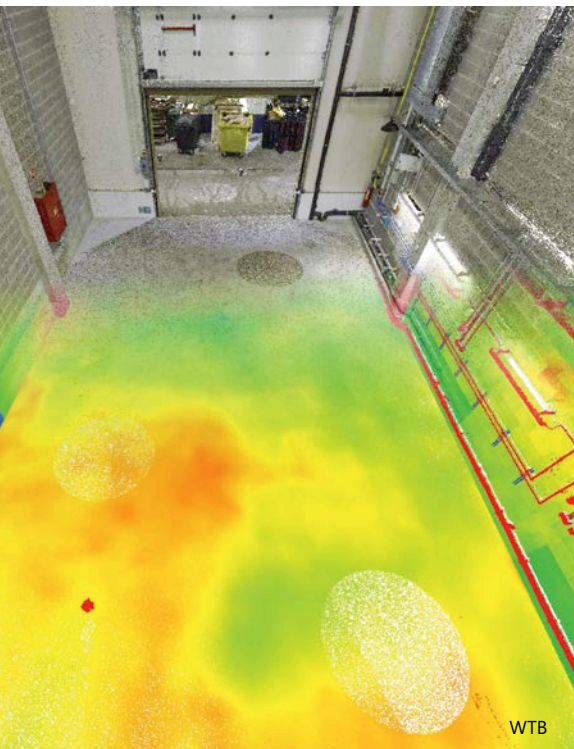
Schwierigkeitsgrad

Die Nutzung der Laserscanner vor Ort ist im Allgemeinen einfach. Die eigentliche Komplexität liegt in der Verarbeitung der 3D-Daten, mit der sich die gewünschten Informationen erhalten lassen.



Benötigte Mittel

Laserscanner sind sehr teure Geräte, besonders wenn eine hohe Genauigkeit angestrebt wird. Ihre Anschaffung ist daher nur gerechtfertigt, wenn häufig Messungen durchzuführen sind. Andernfalls kann man sich ggf. auch für die Option des Mietens oder der Fremdvergabe entscheiden.





Schneller und sicherer arbeiten dank Exoskeletten

Exoskelette reduzieren das Verletzungsrisiko, verringern die Ermüdung und erhöhen die Produktivität bei schweren und sich wiederholenden Arbeiten oder bei Arbeiten in unbequemen Positionen.

Sei es das Streichen einer Decke, das Abreißen einer Fassade mit dem Presslufthammer oder das Heben von Betonblöcken, diese Tätigkeiten belasten die Gelenke des Arbeiters erheblich, vor allem, wenn sie über den Tag hinweg wiederholt werden. Dies führt zu einer **Ermüdung der Muskeln und Gelenke**, wodurch häufigere und auch längere Pausen erforderlich sind. Darüber hinaus können manchmal Verletzungen auftreten, die den Arbeiter für mehrere Tage oder sogar Wochen arbeitsunfähig machen. Diese Unterbrechungen können wiederum eine Auswirkung auf die Baustellenplanung haben.

Exoskelette sollen dazu dienen, diese Situationen zu vermeiden und einen konstanten Arbeitsrhythmus aufrechtzuerhalten, indem die Ermüdung und die Verletzungsgefahr reduziert werden. Es gibt **verschiedene Arten von Exoskeletten, je nachdem, welcher Teil des Körpers geschützt werden muss**.


Einige Exoskelette entlasten die Schultern und halten die Arme mühelos in der richtigen Höhe, um Lackier- oder Schleifarbeiten komfortabel auszuführen zu können. Andere Geräte unterstützen wiederum den Rücken des Maurers oder des Arbeiters, der eine Betonwand durchbohren muss. Es gibt auch Modelle, die dem Anwender helfen, beim Verlegen von Rohrleitungen oder Fliesen bequem in der Hocke oder auf den Knien zu bleiben. Schließlich gibt es Exoskelette,

die nur für ganz bestimmte Aufgaben, wie z.B. das Verteilen von Kies, eingesetzt werden.

Beim Auswählen eines Exoskeletts muss man sich vor allem **Fragen zur Arbeitsergonomie** stellen:

- Welche Aufgaben werden als beschwerlich empfunden?
- Welche Handlungen müssen gleichzeitig ausgeführt werden (z.B. Gehen, Fahren)?
- Wie kann das Verletzungsrisiko reduziert werden?

Obwohl sich aus diesen Fragen auch andere Lösungen ergeben können (z.B. die Verwendung von Hebezeugen), sind Exoskelette eine **einfach zu realisierende Lösung**, wenn die auszuführenden Bewegungen komplex oder vielfältig sind und eine große Flexibilität erfordern.

Schließlich sorgen Exoskelette auch für eine **erhöhte Produktivität**. Da die Muskeln weniger belastet werden, ist die Wahrscheinlichkeit einer Ermüdung geringer und die Anzahl der unproduktiven Stunden nimmt ab. So machen es Exoskelette möglich, schwere Werkzeugen mehrere zehn Minuten lang zu handhaben. Das ist 20 Mal länger als die entsprechende Zeit ohne diese Hilfsmittel. Aus Untersuchungen hat sich zugleich ergeben, dass das Verschwinden der körperlichen Beschwerden zu einer Verbesserung der Konzentration und einer Verringerung der Fehlerzahl führt. 

Was ist ein Exoskelett?

Ein Exoskelett ist ein Gerät, das wie ein Gurtzeug oder Rucksack getragen wird und das die Bewegungen des Benutzers bei der Ausführung verschiedener Aufgaben unterstützt und erleichtert. Heute sind die meisten Geräte ‚passiv‘, in dem Sinne, dass sie keinen Motor, sondern Federn enthalten. Ihr Arbeitsprinzip ist wie folgt: Wenn sich der Benutzer beispielsweise nach vorne beugt, ‚belastet‘ er die Federn, und wenn er sich wieder aufrichtet, wird sein Rücken entlastet, weil die Federn wieder ihre ursprüngliche Form annehmen.

Achtung: Das Tragen eines Exoskeletts verwandelt Sie nicht in einen Superhelden! Die geltenden Arbeitsvorschriften, insbesondere hinsichtlich der maximal zulässigen Lasten, die eine Person tragen darf, sind weiterhin gültig.



Reifegrad

Obwohl Exoskelette erst seit kurzem in den Bausektor Einzug gehalten haben, sind sie bereits seit einigen Jahren auf dem Markt erhältlich und es werden täglich neue Modelle entwickelt.

Einige Marken sind sogar bereits als persönliche Schutzausrüstungen klassifiziert. Unsachgemäß eingestellte oder verwendete Geräte können dagegen Verletzungen, Ermüdung oder Stress verursachen. Die neuen Generationen von Exoskeletten werden immer leichter, ergonomischer und benutzerfreundlicher. Doch dessen ungeachtet muss jedes Unternehmen die für seine Tätigkeiten geeignete Ausrüstung auswählen.



Baugewerke



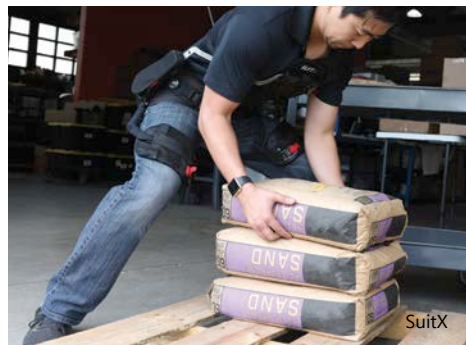
Schwierigkeitsgrad

Es sind keine Vorkenntnisse erforderlich. Das Exoskelett muss nur, gemäß den Empfehlungen des Herstellers, auf eine bequeme Position eingestellt werden.



Benötigte Mittel

Exoskelette bestehen im Allgemeinen aus einem Gestell und einem Gurtzeug. Die zur Durchführung der Arbeiten verwendeten Werkzeuge (z.B. Schleifmaschinen, Bohrmaschinen) werden selbstverständlich nicht mitgeliefert. Darüber hinaus ist manchmal bestimmtes Zubehör erforderlich, um das Exoskelett an atypische Körperbauformen anzupassen (z.B. neue Gestelle, Verlängerungen für Gurte). Die meisten Exoskelette lassen sich jedoch dank einer Reihe von Einstellmöglichkeiten an die meisten Körperbauformen anpassen. Dadurch können sie innerhalb desselben Teams gemeinsam genutzt werden. Der Preis für ein Exoskelett liegt im Bereich von 3.000 bis 10.000 €. Dieser Betrag mag hoch erscheinen, aber diese Summe ist im Verhältnis zu den Kosten zu betrachten, die mit einem Arbeitsausfall aufgrund einer Verletzung verbunden wären. So beträgt der durchschnittliche Arbeitsausfall bei einem Hexenschuss – der häufigsten berufsbedingten Verletzung – acht Wochen. Außerdem folgt in 70 % der Fälle ein zweiter Ausfall innerhalb eines Jahres. Die Kosten für ein Exoskelett können daher sehr schnell amortisiert werden.





Internet der Dinge in der Ausführungsphase: ein konkretes Beispiel

Dank der vernetzten Sensoren kann der Bauunternehmer bestimmte physikalische Größen auf der Baustelle in Echtzeit überwachen und messen. So ist es beispielsweise möglich, Sensoren in den Frischbeton zu integrieren, um die minimale Schalungszeit vorherzusagen und so übertrieben hohe Gerätemietkosten zu vermeiden. Willkommen in der Welt der ‚Smart Construction Sites‘.

Ein Beispiel für eine Sensoranwendung ist die Überwachung der Feuchtigkeit oder Temperatur in einem Estrich oder einem Dämmstoff. Dadurch erhält der Bauunternehmer wichtige Informationen, die ihn in die Lage versetzen, **die Ausführung einer Baustelle** zu überwachen. Bei Betonierarbeiten muss er beispielsweise darauf achten, dass die Mindestschalzeiten eingehalten werden (siehe die Normen NBN EN 13670 und NBN B 15-400). In Abhängigkeit der geschalteten Elemente und der verwendeten Zementsorte betragen diese Zeiten etwa 2 bis 14 Tage, oder sogar mehr, wenn die Außentemperatur unter 20 °C liegt. Diese Anforderungen müssen eingehalten werden, um die mechanische Festigkeit und die Dauerhaftigkeit der Konstruktionen zu gewährleisten.

Die mechanischen Eigenschaften des Betons ändern sich im Laufe der Zeit durch die chemische Reaktion zwischen dem Zement und dem Wasser. Dieser Prozess kann durch den Zementtyp, die Temperatur und die etwaigen Zusatzmittel beschleunigt oder verlangsamt werden. Obwohl diese Entwicklung schwer vorherzusagen ist, kann diese Aufgabe dadurch erleichtert werden, dass **Sensoren** in die vor Ort zu gießenden Elemente installiert werden.

Die Datenverarbeitung kann einfach sein, wie z.B. die Erkennung eines überschrittenen Schwellenwerts, oder komplexer aufgebaut sein, wie z.B. die Anomalieerkennung durch künstliche Intelligenz.



Smart Buildings und Smart Construction Sites

Während das Konzept der *Smart Buildings* in der breiten Öffentlichkeit und in der Bauwelt bereits gut bekannt ist, ist das der *Smart Construction Sites* weit weniger eingebürgert. Das erste Konzept entspricht der Nachfrage der Endnutzer nach einem vernetzten Gebäude (z.B. Domotik), während das zweite Konzept direkt den Bedürfnissen des Bauunternehmers entgegenkommt, um den Fortschritt der Aktivitäten auf der Baustelle besser zu organisieren und vorherzusagen und vor allem um die Rentabilität seiner Aktivitäten besser zu verwalten.

Die beiden Systeme weisen viele technologische Gemeinsamkeiten auf. Sie sind immer durch die folgenden Elemente gekennzeichnet:

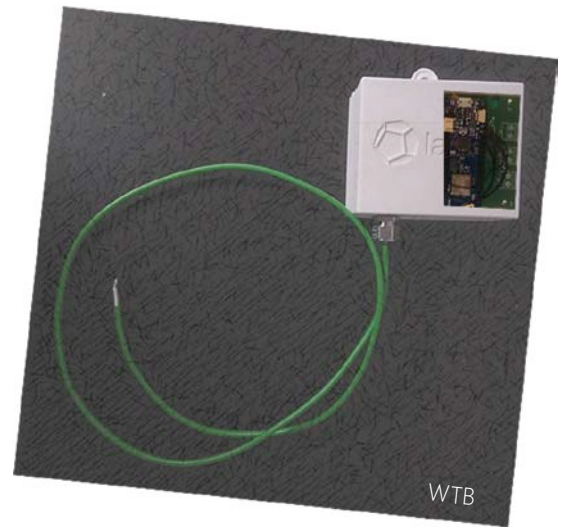
- Sensoren
- digitale Konnektivität
- Datenspeicherung und -verarbeitung (lokal oder in der ‚Cloud‘)
- eine Benutzerschnittstelle (z.B. App oder Webseite).



Die auf dem Markt erhältlichen kommerziellen Lösungen basieren auf ähnlichen physikalischen Modellen und liefern daher vergleichbare Ergebnisse. Die wesentlichen Unterschiede liegen in der Konfiguration der Software und in der Installation der Sensoren. So werden bestimmte Sensoren vollständig in den Beton integriert (wodurch sie ‚verloren‘ gehen), während andere wiederverwendet werden können (wobei diese eine komplexere Installation erfordern).

Ein solches Überwachungssystem ermöglicht nicht nur das Kennenlernen und Vertrautwerden mit ‚Smart Construction Sites‘, sondern bietet auch eine Reihe anderer **unbestreitbarer Vorteile**, wie z.B.:

- eine sehr kurze Amortisationszeit, angesichts der moderaten Kosten für die Sensoren und deren Einsatz. Dieses Vorhersagesystem gestattet es, einerseits die Mietkosten für die Stützen und Schalungen zu verringern und andererseits den Umsatz durch die Reduzierung der Wartezeit zu erhöhen
- eine bessere Planung der Baustelle und eine schrittweise Integration der *Lean*-Prinzipien im Bauwesen
- eine verbesserte Dokumentation und Rückverfolgbarkeit der Bauprozesse, wodurch das Vertrauen in die Qualität der Ausführung zwischen den verschiedenen beteiligten Parteien und demzufolge auch der Mehrwert steigt. Dies wiederum kann einen Gewinn für den Bauunternehmer darstellen
- eine bessere Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Parteien dank einer besseren Transparenz. ◆



Reifegrad

Diese Tools sind heute schon sehr ausgereift.



Schwierigkeitsgrad

Es sind keine Vorkenntnisse erforderlich, außer denen für die Nutzung eines Smartphones oder Tablets.



Benötigte Mittel

Die Kosten für einen Sensor liegen im Allgemeinen im Bereich von 50 bis 100 €. Für bestimmte Lösungen muss man außerdem über eine Jahreslizenz verfügen, die in der Regel 60 € pro Sensor kostet.



Baugewerke





Werkzeuge und Baustellenmaschinen lokalisieren mithilfe von *Track-and-trace*-Systemen

Track-and-trace-Systeme dienen zur Geolokalisierung von allerlei Ausrüstungen. Da der Preis für ihre Anschaffung ständig geringer wird, sind diese Systeme bereits gut etabliert. Sie versetzen den Bauunternehmer in die Lage, sich in Echtzeit über die Position und den Einsatz seiner Werkzeuge und Baustellenmaschinen zu informieren.

Ein Bauunternehmen verfügt manchmal über eine große Anzahl von Werkzeugen und Fahrzeugen, die über mehrere Baustellen verteilt sein können. Der Zeitaufwand für deren **Suche, Instandhaltung oder Inventarisierung** kann zu Frustration führen und die Produktivität beeinträchtigen. Außerdem stellen Diebstahl und Verlust ein großes Risiko dar.

Seit einigen Jahren sind verschiedene, immer preiswertere Lokalisierungslösungen, auch **Track-and-trace-Systeme** genannt, auf dem Markt erhältlich. Neben einer Verbesserung der Ausführungsprozesse und dem Beitrag zur Einhaltung von Vorschriften bieten diese *Tracker* weitere unbestreitbare Vorteile, wie z.B.:

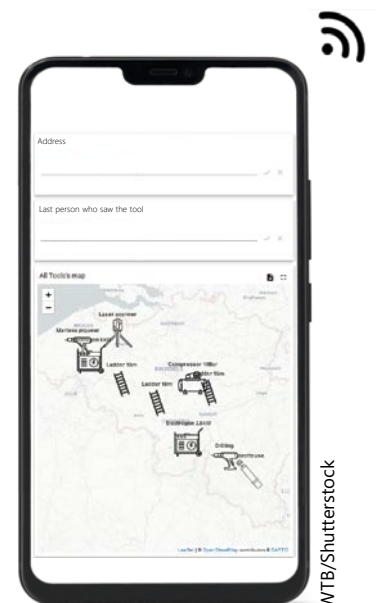
- die Echtzeit-Geolokalisierung von dem Personal und den Werkzeugen
- die Registrierung der Fahrtrouten und der Anzahl der gefahrenen Kilometer
- die Registrierung der An- und Abfahrtszeiten, um die Anzahl der geleisteten Arbeitsstunden in Erfahrung zu bringen.

Einige Lösungen sind einfach und kostengünstig. Eine davon besteht beispielsweise darin, mit einem Smartphone einen auf der Ausrüstung angebrachten Code zu scannen und so die GPS-Position des Smartphones zuzuweisen. Die teureren Lösungen basieren auf der Integration eines GPS-Chips in das Material, um es **in Echtzeit zu geolokalisieren**, was im Falle von Verlust oder Diebstahl sehr nützlich ist. Die Autonomie dieser *Tracker* ist jedoch begrenzt und hängt von ihrer Nutzung ab. Schließlich gibt es auch Zwischenlösungen, die einen guten Kompromiss bieten. So lässt sich beispielsweise über die Bluetooth-Funktion eines Smartphones sehr schnell feststellen, welche Werkzeuge sich in der Nähe (z.B. im Fahrzeug) befinden, was die Vorbereitung der Baustelle erheblich erleichtert. Ein GPS-Chip, der standardmäßig deaktiviert ist, ermöglicht es dem Bauunternehmer wiederum, seine Ausrüstung im Bedarfsfall wiederzufinden.

Um den Bedürfnissen des Bauunternehmers bestmöglich zu entsprechen, müssen bei der Wahl der optimalen Lösung

Unterschiedliche Lösungen für unterschiedliche Bedürfnisse

Um die Investitionsrendite zu maximieren, muss man bei der Wahl aus der Vielzahl der verfügbaren *Tracker* die erwartete Nutzung zugrunde legen. So muss z.B. eine GPS-Bake, die regelmäßig die Echtzeit-Position eines Fahrzeugs abspeichert, von der Batterie dieses Fahrzeugs mit Strom versorgt werden. Im Gegensatz dazu benötigt eine RFID-Karte, die zur Erfassung der An- und Abfahrt eines Arbeitnehmers verwendet wird, keine Batterie, sondern ein physisches Terminal auf der Baustelle. Schließlich benötigt ein *Tracker* zum Ausfindigmachen von gestohlenem Material eine Batterie, die sich normalerweise im *Standby*-Modus befindet und nur bei Bedarf und aus der Ferne aktiviert wird, um dessen Position zu übertragen. Der Einsatz der einen oder anderen Technologie oder einer Kombination aus beiden hängt von den Bedürfnissen und damit von der Nutzung ab. Deshalb ist es entscheidend, sich vorher gut zu informieren.



WTB/Shutterstock



Reifegrad

Track-and-trace-Tools sind heute schon sehr ausgereift.



Schwierigkeitsgrad

Es sind keine Vorkenntnisse erforderlich, außer denen für die Nutzung eines Smartphones oder Tablets.



Benötigte Mittel

Die Kosten für einen Sensor liegen im Allgemeinen im Bereich von 1 bis 70 €. Für bestimmte Lösungen muss man außerdem über eine Jahreslizenz verfügen, deren Kosten in der Regel zwischen 3 und 60 € pro Sensor variieren.



Baugewerke



HeronTrack



Viloc



Shutterstock

nicht nur die **Rentabilität der Investition**, sondern auch bestimmte **technologische Aspekte** berücksichtigt werden. So muss man eine drahtlose Verbindung einrichten, um die Informationen an den Server senden zu können. Obwohl es geschlossene Netzwerksysteme gibt (z.B. 4G, LoRaWAN und Sigfox), die fast ganz Belgien abdecken, ist ihre Nutzung mit erheblichen Kosten verbunden. Kommunikationsprotokolle wie z.B. Bluetooth oder NFC verfügen wiederum über eine Reichweite von mehreren Metern, ohne dass Nutzungskosten anfallen.

Track-and-trace-Tools können nicht nur zur Überwachung von Bauprozessen eingesetzt werden, sondern auch zur Verbesserung ihrer Funktionsweise, insbesondere indem diese Prozesse **digitalisiert und automatisiert** werden. Die *Tracker* verändern die Arbeitsmethoden (automatisierte und einfachere Verwaltung der Ausrüstungen). So machen sie diese reaktionsschneller und basieren sie mehr auf in Echtzeit erfasste Daten. Solche *Tracker* sind geeignet für:

- die Reaktion auf unvorhergesehene Ereignisse
- das Reduzieren der Kosten durch Optimierung der Prozesse nach der Analyse
- das Verbessern der Qualität und der Rückverfolgbarkeit der ausgeführten Arbeit.



Drohnen für die Inspektion von schwer zugänglichen Bauelementen

Es ist manchmal relativ schwierig, den Zustand von z.B. Dächern, Gebäudefassaden oder anderen Bauwerksteilen sicher zu inspizieren. Drohnen können sich dabei als sehr nützlich erweisen.

Eine gute Bewertung der Situation

Mithilfe von Drohnen lässt sich der Zustand von allerlei Bauwerksteilen gut einschätzen:

- In welchem Zustand befindet sich ein bestimmtes Element?
- Ist es beschädigt?
- Wo liegt das mögliche Problem?
- Ist eine Instandhaltung erforderlich?
- Welche Arbeiten müssen ausgeführt werden?

Inspektion in Echtzeit

Wenn die Drohne mit einer **Kamera** ausgestattet ist, kann man die von ihr aufgenommenen Bilder live betrachten. So können auch schwer zugängliche Bauwerke (z.B. Brücken) oder Gebäudeelemente (z.B. Dächer, hohe Fassaden oder Teile von Kunstbauten) einfach einer Echtzeit-Inspektion unterzogen werden.


Es können gegenwärtig auch **FPV-Brillen** (*First Person View*) genutzt werden, die es gestatten, die Kamera mittels Kopfbewegungen zu steuern. So kann dann eine zweite Person (zusätzlich zum Piloten) die Kamera führen und

bestimmen, von welchen Teilen des Gebäudes Fotos oder Videos zu erstellen sind.

3D-Modelle

Wenn bei einem Drohnenflug genügend Fotos gemacht werden, können Baustellen und Gebäude durch Digitalisierung mit einer spezialisierten Software originalgetreu in ein vollständiges und genaues 3D-Modell umgewandelt werden. Diese Technik kommt derzeit häufig bei Kulturerbegebäuden zur Anwendung.

Auf Basis des generierten 3D-Modells können danach **Pläne, Schnitte und Fassadenansichten** mit einer Genauigkeit von ca. einem Zentimeter erstellt und Höhen, Längen, Flächen und Volumen (z.B. Erdarbeiten) gemessen werden. Es können auch Analysen durchgeführt werden, um beispielsweise die Durchbiegung eines Daches oder die Vertikalität einer Fassade zu überprüfen.

Anhand eines 3D-Modells kann man sich einen guten Eindruck **sowohl von der Geometrie als auch vom Aussehen** eines Elements verschaffen. 

Was sind Drohnen?

Drohnen oder ferngesteuerte unbemannte Fluggeräte werden immer mehr eingesetzt, und zwar auch im Baubereich. Dadurch dass sie mit allerlei Einrichtungen (z.B. Kameras, Wärmebildkameras und GPS) ausgerüstet werden können, können sie heute schon viele Aufgaben auf der Baustelle ausführen und die Arbeit der Bauprofis erleichtern (z.B. Inspektion schwer zugänglicher Bereiche und Erstellung von 3D-Modellen des Geländes). Da die Technologie noch im Aufbau begriffen ist, werden Drohnen in Zukunft sicherlich für immer mehr und vielfältigere Aufgaben eingesetzt werden können, wie z.B. die Überwachung sowie die Sicherung von Baustellen oder den Transport von Werkzeugen (siehe auch WTB-Monographie Nr. 33 und www.digitalconstruction.be).



Reifegrad

Da sich die Technologie noch voll in der Entwicklung befindet, werden die Aufgaben, für die Drohnen eingesetzt werden können, nur zunehmen. Ihre Anwendung ist jedoch bereits für Inspektionen sehr nützlich. So liefern Drohnen in diesem Zusammenhang bereits jetzt überzeugende Ergebnisse und sind ein Garant für Qualitätsinterventionen, sowohl für Echtzeit-Inspektionen als auch für die Erstellung eines fotorealistischen Modells.



Schwierigkeitsgrad

Obwohl der Einsatz von Drohnen im Bausektor viel Potenzial hat, ist nicht jeder von vorneherein autorisiert, einen Drohnenflug durchzuführen. In Belgien wurden RPA-Flüge (*Robotic Process Automation*) bis vor kurzem durch einen Königlichen Erlass geregelt, der am 10. April 2016 im Belgischen Staatsblatt veröffentlicht wurde. Seit dem 1. Januar 2021 wurden sie jedoch in einheitliche europäische Rechtsvorschriften aufgenommen. Darin sind unter anderem die Anforderungen hinsichtlich der notwendigen Schulungen, Zertifikate und Verwaltung für einen solchen Flug beschrieben.

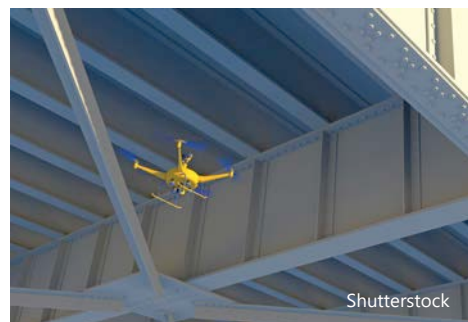


Benötigte Mittel

Während relativ günstige Drohnen mit einer Kamera (ca. 2.000 €) manchmal schon ausreichen können, um die beabsichtigten Aufgaben auszuführen, dürfen die Betriebskosten (z.B. Schulung, Versicherung, Wartung und Softwareprogramme) nicht außer Acht gelassen werden. Darüber hinaus müssen Drohnenflüge gezielt eingesetzt werden, um die notwendigen relevanten Informationen zu sammeln. Man muss daher durchdacht vorgehen. Je nach der beabsichtigten Nutzung (z.B. häufig oder eher sporadisch) kann entschieden werden, entweder einen Drohnenpiloten im Unternehmen zu schulen oder die Flüge von einem externen Unternehmen ausführen zu lassen.



Baugewerke





Leck- und Korrosionserkennung in Sanitär- und Heizungsinstallationen

Durch die Installation eines digitalen Überwachungssystems, das Korrosion und Wasserlecks erkennt, kann man gefährliche Situationen, etwaige Schäden und steigende Kosten vermeiden.

Das Vorhandensein von Korrosion und Lecks in Wasserversorgungssystemen kann zahlreiche Probleme verursachen. So kann Korrosion unter anderem zu einem verringerten Wirkungsgrad (z.B. schlechtere Wärmeübertragung in Wärmeerzeugern), zu Verstopfungen und Lecks führen (siehe auch [Les Dossiers du CSTC 2020/6.9](#)). Diese Letzteren können wiederum mit einem höheren Wasserverbrauch und Wasserschäden einhergehen. Um zu vermeiden, dass Korrosion und Lecks erst dann entdeckt werden, wenn bereits strukturelle Schäden an der Anlage oder am Gebäude vorliegen, kann man ein **digitales Überwachungssystem mit automatischer Erkennungsfunktion** installieren.

Erkennungsmethoden

Es ist zwischen direkter und indirekter Erkennung zu unterscheiden. Bei der **direkten Erkennung** werden die charakteristischen Parameter eines Lecks oder einer aktiven Korrosion direkt gemessen, beispielsweise über einen Sensor, der den Massenverlust einer metallischen Referenzprobe oder den elektrischen Korrosionsstrom misst.


Bei der **indirekten Erkennung** werden verwandte Parameter überwacht. So kann man eine automatische Wasseranalyse zur Erkennung von Korrosion in Heizungsinstallationen einsetzen. Zur indirekten Erkennung von Lecks in Heizungsinstallationen kann wiederum der Druckverlust überwacht werden. Die indirekte Leckerkennung in Sanitärinstallationen ist dagegen über die Verbrauchsüberwachung möglich. Dazu kann man einen vernetzten Digitalzähler oder einen klassischen mechanischen Zähler (mit Impulsfunktion) verwenden, der mit einem Sensor ausgestattet ist. Durch

die Analyse der so erhaltenen Daten kann man schnell das Vorhandensein von Lecks ermitteln. Wenn man außerdem motorisierte Absperrhähne installiert, kann man im Falle eines Lecks automatisch und sofort eingreifen. Darüber hinaus kann die Verbrauchsüberwachung die Gebäudenutzer zu einem geringeren Verbrauch anregen und auch Probleme wie ein WC mit sich ständig leerenden Spülkasten oder ein defektes Überdruckventil erkennen.

Digitale Überwachungssysteme

Ein digitales Überwachungssystem kann verschiedene Formen aufweisen. Bei großen Gebäuden ist es häufig angezeigt, das Überwachungssystem mit dem Gebäudeverwaltungssystem zu verbinden. Für kleinere Installationen werden meistens autonome Module verwendet, denen gegebenenfalls eine App auf dem Smartphone zugeordnet sein kann. Alle Überwachungssysteme sind immer durch die folgenden Elemente gekennzeichnet:

- Sensoren und/oder Aktuatoren (ggf. in einem Gerät kombiniert)
- digitale Konnektivität (drahtlos oder kabelgebunden)
- Datenspeicherung und -verarbeitung (lokal oder in der ‚Cloud‘)
- eine Benutzerschnittstelle (z.B. App oder Webseite).

Die Datenverarbeitung kann einfach sein, wie z.B. die Erkennung eines überschrittenen Schwellenwerts, oder komplexer aufgebaut sein, wie z.B. die Anomalieerkennung durch künstliche Intelligenz. Unter www.digitalconstruction.be finden Sie weitere Informationen über u.a. das Internet der Dinge (IoT) und künstliche Intelligenz (KI). 

Direkte und indirekte Methoden zum Erkennen von Wasserlecks und Korrosion in Sanitär- und Heizungsinstallationen.

Erkennungsmethode	Sanitärinstallationen	Heizungsinstallationen	
	Wasserlecks	Korrosion	Wasserlecks
Direkte Erkennung	Vorhandensein von Wasser	Messen: <ul style="list-style-type: none"> • des Massenverlusts der Referenzprobe • des Korrosionsstroms 	Vorhandensein von Wasser
Indirekte Erkennung	Analyse des Verbrauchs	Wasseranalyse basierend auf Indikatorparametern	Überwachung des Druckverlustes



Reifegrad

Einige Lösungen sind bereits im Handel verfügbar. In der Zukunft sind jedoch noch mehr Lösungen und weitere Verbesserungen in der Datenverarbeitung zu erwarten.



Schwierigkeitsgrad

Digitale Überwachungssysteme sind relativ einfach zu nutzen. Bei großen Anlagen erfordert die Verknüpfung mit bestehenden Systemen (z.B. dem Gebäudeverwaltungssystem) jedoch spezifische Kenntnisse.



Benötigte Mittel

Für **kleine Installationen** (z.B. in Einfamilienhäusern) gibt es gebrauchsfertige Lösungen zur Leckerkennung über die Verbrauchsüberwachung. Diese kosten in der Regel mehrere hundert Euro. Ein separater Sensor zur direkten Leckerkennung kostet üblicherweise einige Dutzend Euro. Es sind auch gebrauchsfertige Lösungen zur Drucküberwachung an Heizungsinstallationen verfügbar.

Bei **großen Installationen** hängen die Preise von dem Typ und der Anzahl der Sensoren sowie der Konfiguration ab. So gibt es unter anderem Sensoren und Systeme, die man einem Gebäudemanagementsystem zuordnet, oder drahtlose Sensoren, die man mit einer Online-Plattform verbindet.



Baugewerke



Direkte Leckerkennung: Überwachen von Wasserlecks mithilfe eines Sensors.



WTB

Indirekte Leckerkennung: Überwachen des Verbrauchs in einer Sanitärinstallation mittels eines mechanischen Zählers (mit Impulsfunktion), der mit einem Sensor ausgestattet ist.



WTB



Die Demonstrations-Hubs, Ihre Testzentren für digitale Technologien

Um Baufachleuten die Möglichkeit zu bieten, digitale Technologien und ihre Anwendungen kostenlos zu testen, entwickelt das WTB derzeit einige Demonstrations-Hubs. So können Sie die Vor- und Nachteile der Technologien selbst entdecken und darauf aufbauend gut durchdachte, auf Ihr Bauunternehmen zugeschnittene Entscheidungen treffen.

1 Testen Sie selbst einige Anwendungen

Um den Digitalisierungsprozess in Ihrem Unternehmen voranzutreiben, kann es nützlich sein, die für Sie interessanten digitalen Technologien einmal **live zu testen**. So können Sie – unter Berücksichtigung Ihrer Bedürfnisse und Erfordernisse – deren Brauchbarkeit bewerten.

In den vorherigen Artikeln dieses WTB-Kontakts konnten Sie z.B. bereits lesen, was die Möglichkeiten eines Exoskeletts, einer Drohne und eines Laserscanners sind. Indem man diese Technologien jedoch live testet, also tatsächlich ein Exoskelett trägt, oder sich die von einer Drohne in Echtzeit erfassten Kamerabilder ansieht oder tatsächlich etwas mithilfe eines Laserscanners vermisst, kann man jedoch auch bereits ein **praktisches Gespür** dafür bekommen (z.B. um eine Vorstellung vom Schwierigkeitsgrad der Anwendung zu erhalten). Dies wird Ihnen helfen, die Technologien nach ihrem richtigen Wert zu beurteilen und jeweils eine wohlüberlegte Wahl zu treffen.

2 Die Demonstrations-Hubs des WTB

Gegenwärtig werden zwei mobile und zwei ortsfeste Demonstrations-Hubs vom WTB entwickelt.

2.1 Die mobilen Demonstrations-Hubs

Die mobilen Demonstrations-Hubs enthalten zahlreiche interessante Tools und bringen die digitalen Technologien (z.B. Drohnen, Exoskelette, *Augmented-Reality*-Anwendungen, Laserscanner, Anwendungen der künstlichen Intelligenz und Sensoren) direkt auf Ihre Baustelle. Auf diese Weise können deren Möglichkeiten vor Ort gezeigt werden.

Möchten Sie diese Hubs auf Ihrer Baustelle einmal in Aktion sehen? Dann teilen Sie uns dies bitte mit über die Website www.digitalconstruction.be.

2.2 Die ortsfesten Demonstrations-Hubs

Im Laufe der Zeit werden die Baufachleute auch in den ortsfesten Hubs zahlreiche Demonstrationen digitaler Technologien verfolgen können. Diese werden sich auf die verschiedenen Baugewerke sowie deren Tätigkeiten während des gesamten Bauprozesses konzentrieren.

Neben diesen Demonstrationen wird auch die Gelegenheit geschaffen, **Schulungen zu besuchen** und **Kontakte** mit Technologieanbietern, Softwarehäusern und Planungsbüros **zu knüpfen**. Auf diese Weise können neue Ideen entstehen und – ausgehend von den spezifischen Bedürfnissen und Erfordernissen der Baufachleute – neue Anwendungen entwickelt werden („Cocreation“).

Es werden zwei ortsfeste Demonstrations-Hubs gebaut:

- einer in **Sint-Stevens-Woluwe** mit BIM, Messtechniken und Visualisierungsaspekten, wie z.B. *Virtual* und *Augmented Reality*, als Hauptthemen
- einer am Standort in **Limelette** mit der Ausführungsphase von Bauarbeiten als zentrales Thema.

Die zwei ortsfesten Demonstrations-Hubs befinden sich momentan noch im Aufbau und werden bald eröffnet werden. ◆

Diese Demonstrations-Hubs werden im Rahmen der Projekte ‚Centrum Bouw 4.0‘ und ‚BUILD4WAL‘ realisiert (siehe auch S. 27).



Projekte

Das WTB und seine Partner möchten die Baufachleute bei der Digitalisierung ihres Sektors unterstützen und anleiten. Dies wird ermöglicht dank der Unterstützung diverser Demonstrations- und Forschungsprojekte, an denen das WTB beteiligt ist. Im Folgenden finden Sie eine Übersicht über einige laufende Projekte. Weitere Informationen finden Sie unter www.digitalconstruction.be oder www.cstc.be.



Centrum Bouw 4.0



AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



EFRO
EUROPEES FONDS
VOOR REGIONALE
ONTWIKKELING

BUILD4WAL

digital
wallonia
.be



Smart Buildings in Use



DigitalDeconstruction



ConstructionSiteVision



AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Cock 3D Applications de mesure



AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN

C-Tech



CODEC (II)



BIMEXPO



Möchten Sie weitere Informationen zu einem bestimmten Projekt erhalten oder möchten Sie in einer der zugehörigen Arbeitsgruppen mitarbeiten? Dann zögern Sie nicht, uns unter folgender Adresse zu kontaktieren: info@bbri.be.

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.

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

Schulungen

- Für weitere Informationen zu den Schulungen wenden Sie sich bitte telefonisch (02/655.77.11) 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. Beaulercq, J. D'Heygere und D. Van de Velde
Illustrationen: R. Hermans und D. Rousseau
Fotos WTB: M. Sohie et al.



Forscht • Entwickelt • Informiert

Das WTB bildet schon mehr als 55 Jahren den wissenschaftlichen und technischen Mittelpunkt des Bausektors. Das Bauzentrum wird hauptsächlich mit den Beiträgen der 95.000 angeschlossenen belgischen Bauunternehmen finanziert. Dank dieser heterogenen Mitgliedergruppe sind fast alle Gewerke vertreten und kann das WTB zur Qualitäts- und Produktverbesserung beitragen.

Forschung und Innovation

Eine Industrieraufgabe ohne Innovation ist wie Zement ohne Wasser. Das WTB hat sich deswegen entschieden, seine Forschungsaktivitäten möglichst nahe bei den Erfordernissen des Sektors anzusiedeln. Die Technischen Komitees, die die WTB-Forschungsarbeiten leiten, bestehen aus Baufachleuten (Bauunternehmer und Sachverständige), die täglich mit der Praxis in Berührung kommen.

Mithilfe verschiedener offizieller Instanzen schafft das WTB Anreize für Unternehmen, stets weitere Innovationen hervorzubringen. Die Hilfestellung, die wir anbieten, ist auf die gegenwärtigen gesellschaftlichen Herausforderungen abgestimmt und bezieht sich auf diverse Gebiete.

Entwicklung, Normierung, Zertifizierung und Zulassung

Auf Anfrage von öffentlichen oder privaten Akteuren arbeitet das WTB auch auf Vertragsbasis an diversen Entwicklungsprojekten mit. So ist das Zentrum nicht nur bei den Aktivitäten der nationalen (NBN), europäischen (CEN) und internationalen (ISO) Normierungsinstitute aktiv beteiligt, sondern auch bei Instanzen wie der *Union belge pour l'agrément technique dans la construction* (UBAtc). All diese Projekte geben uns mehr Einsicht in den Bausektor, wodurch wir schneller auf die Bedürfnisse der verschiedenen Gewerke eingehen können.

Informationsverbreitung und Hilfestellungen für Unternehmen

Um das Wissen und die Erfahrung, die so zusammengetragen wird, auf effiziente Weise mit den Unternehmen aus dem Sektor zu teilen, wählt das Bauzentrum mit Entschlossenheit den Weg der Informationstechnik. Unsere Website ist so gestaltet, dass jeder Bauprofi mit nur wenigen Mausclicks die gewünschte WTB-Publikationsreihe oder gesuchten Baunormen finden kann.

Eine gute Informationsverbreitung ist jedoch nicht nur auf elektronischem Wege möglich. Ein persönlicher Kontakt ist häufig noch stets die beste Vorgehensweise. Jährlich organisiert das Bauzentrum ungefähr 750 Informationssitzungen und Thementage für Baufachleute. Auch die Anfragen an unseren Beratungsdienst Technische Gutachten finden regen Zuspruch, was anhand von mehr als 18.000 geleisteten Stellungnahmen jährlich deutlich wird.

Firmensitz

Rue du Lombard 42, B-1000 Brüssel

Tel.: 02/502 66 90

Fax: 02/502 81 80

E-Mail: info@bbri.be

Website: www.wtb.be

Büros

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe

Tel.: 02/716 42 11

Fax: 02/725 32 12

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

Versuchsgelände

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette

Tel.: 02/655 77 11

Fax: 02/653 07 29

- Forschung und Innovation
- Bildung
- Bibliothek

Brussels Greenbizz

Rue Dieudonné Lefèvre 17, B-1020 Brüssel

Tel.: 02/233 81 00