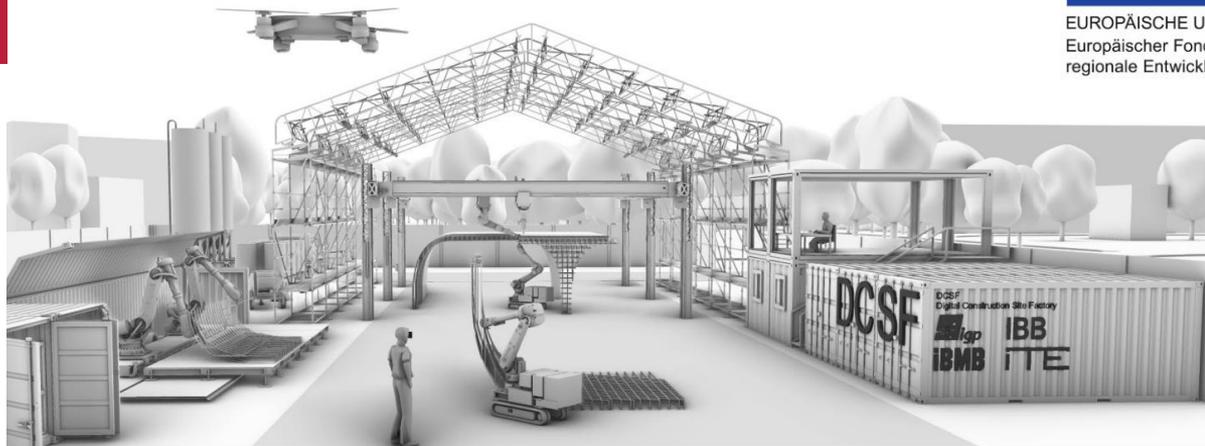




Technische
Universität
Braunschweig



EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

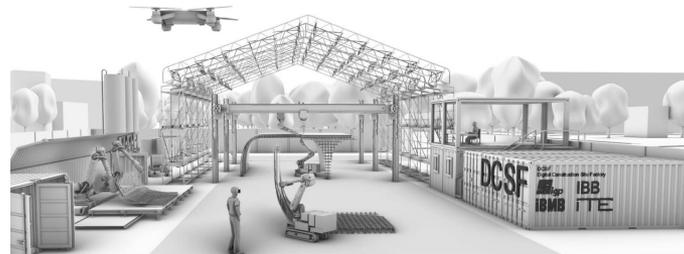
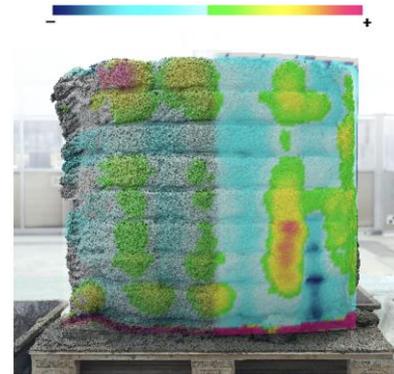


Die digitale Baustelle – Entwicklung und Erprobung des digitalen Bauens

Markus Gerke, Patrick Schwerdtner, Norman Hack, Harald Kloft, Dirk Lowke

Inhalt

1. Additive Fertigung im Bauwesen: Praxis
2. DFG-TRR277 „Additive Manufacturing in Construction“
3. Die digitale Baustelle an der TU Braunschweig



Additive Fertigung im Bauwesen: Praxis



Betriebsführung Handwerks

Aus der Presse

Meilenstein für den 3D-Gebäuedruck



Ein Fünf-Familienhaus in Wallenhausen wurde mit einem 3D-Gebäuedrucker hergestellt. Die reine Druckzeit lag bei 72 Stunden. Die Vorteile des 3D-Betondruck-Verfahrens sollen in der Schnelligkeit, geringeren Kosten und mehr Gestaltungsspielraum beim Design liegen. Zu den Nachteilen zählt, dass Beton einen schlechten ökologischen Fußabdruck hat. (Foto: © Rupp Gebäuedruck)



Seit dem Sommer 2021 ist das **gedruckte Mehrfamilienhaus** in Bayern **fast komplett bewohnt**. Nur eine Wohnung bleibt noch frei. Sie wird für die Vermarktung genutzt. "Dieses Haus ist ein Meilenstein, weil es **kein Referenzobjekt**, sondern ein bewohntes Haus mit einer ordentlichen Baugenehmigung ist", sagt Jan-Peter Graumann, Business Development Manager der **3D-Betondruck-Sparte von Peri**.

aus: Handwerksblatt, Februar 2022

Vorlesen:

"Dem 3D-Betondruck gehört die Zukunft"

Betriebsführung Februar 2022

Die **Rupp Gebäuedruck** und die **3D-Druck-Sparte von Peri** haben in Deutschland bereits zwei Projekte im 3D-Betondruck gestemmt. Ende 2021 ist ein Katalog mit Entwürfen und Preisen für 3D-Häuser erschienen.



www.peri3dconstruction.com



Die Wände von einem Wohnhaus und einem Schulhaus entstanden in weniger als einem Tag (Bild © COBOD).

www.3d-grenzenlos.de



Additive Fertigung im Bauwesen: Praxis

Grundsätzliche Unterscheidung: in-situ, off-site - Produktion

In-Situ Produktion



Gebäude

Off-Site Produktion: nicht-volumetrische Komponenten



Komponenten

Off-Site Produktion: Volumetrische Komponenten



Off-Site Produktion: Modulare Gebäude



Quellen von links oben nach rechts unten: (1) ICON; (2) Peri; (3) Apis Cor; (4) ITE, TU Braunschweig; (5) ETH Zürich; (6) Xtree; (7-10) WinSun; (11-12) Mighty Buildings.

Additive Fertigung im Bauwesen: Praxis

Der (einfache) roboterbasierte Extrusionsdruck ist in der Praxis angekommen

PRO (gegenüber konventioneller Technik)

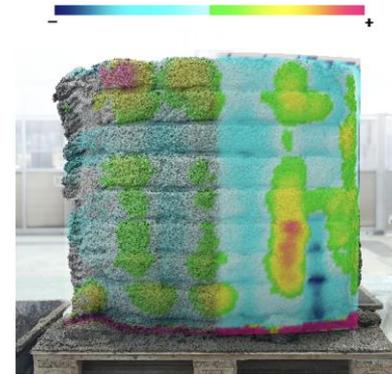
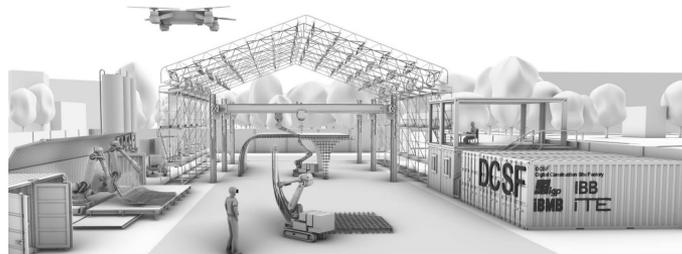
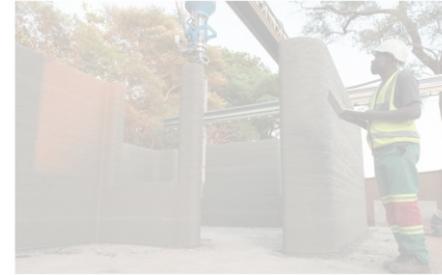
- Schnelle automatisierte Fertigung
- Geringerer Fachkräftebedarf auf der Baustelle
- Weniger Medienbrüche durch digitale Planung (aber ggf. nicht für das gesamte Gebäude)
- Realisierung unüblicher/optimierter Formen, ohne Schalung bauen zu müssen

CONTRA

- Extrusionsdruck ersetzt zunächst nur den vertikalen Mauer-, bzw. Fertigteilbau
- Produktivität bei einfachen, ebenen Wänden nicht viel besser als bei konventioneller Fertigung (Fertigteile)
- Materialien zum großen Teil unerforscht
- Weiterhin Fokus auf Zement
- Weiterhin viele manuelle Arbeitsschritte, zB Einbringung von Bewehrung

Inhalt

1. Additive Fertigung im Bauwesen: Praxis
2. DFG-TRR277 „Additive Manufacturing in Construction“
3. Die digitale Baustelle an der TU Braunschweig

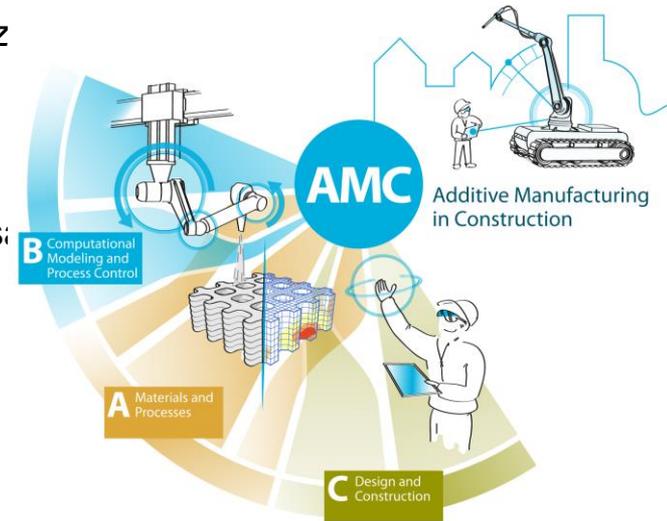


DFG-TRR277 „Additive Manufacturing in Construction“

DFG-Verbundprojekt, TU Braunschweig und TU München,
Beginn der 2. Förderphase jetzt, 2024

Aufgreifen und Ausbauen der Vorteile und einiger der aktuellen Defizite der additiven Fertigung:

- Keine Medienbrüche: von der digitalen Planung zur digitalen Fertigung
- Weniger Ressourcen-Verbrauch: Verzicht auf Schalung und Einsparung von Material, wo es benötigt wird
- Mehr Freiheitsgrade in der Planung und der Geometrie
- Keine Beschränkung auf Extrusionsdruck und Zement



<https://amc-trr277.de>

DFG-TRR277 „Additive Manufacturing in Construction“

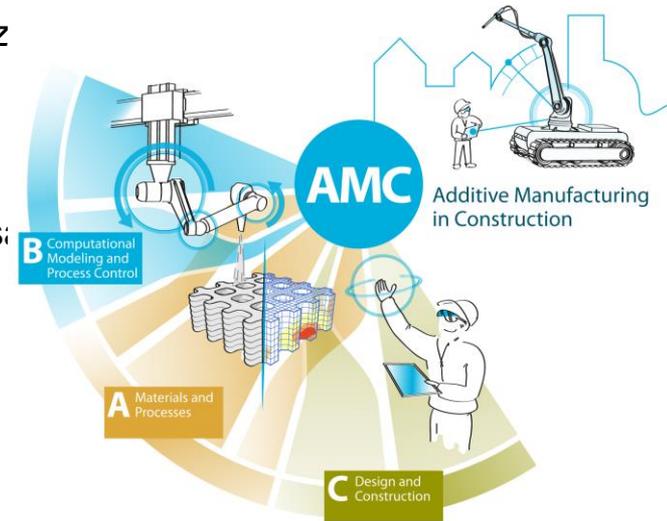
DFG-Verbundprojekt, TU Braunschweig und TU München,
Beginn der 2. Förderphase jetzt, 2024

Aufgreifen und Ausbauen der Vorteile und einiger der aktuellen Defizite der additiven Fertigung:

- Keine Medienbrüche: von der digitalen Planung zur digitalen Fertigung
- Weniger Ressourcen-Verbrauch: Verzicht auf Schalung und Einsatz von Material, wo es benötigt wird
- Mehr Freiheitsgrade in der Planung und der Geometrie
- Keine Beschränkung auf Extrusionsdruck und Zement

Herausforderungen u.a.

- Neue/optimierte Materialien und Produktionstechniken
- Neue Lösungsansätze für Logistik und Prozessplanung am Bau
- Qualitätskontrolle wird noch wichtiger als im konventionellen Bau



<https://amc-trr277.de>

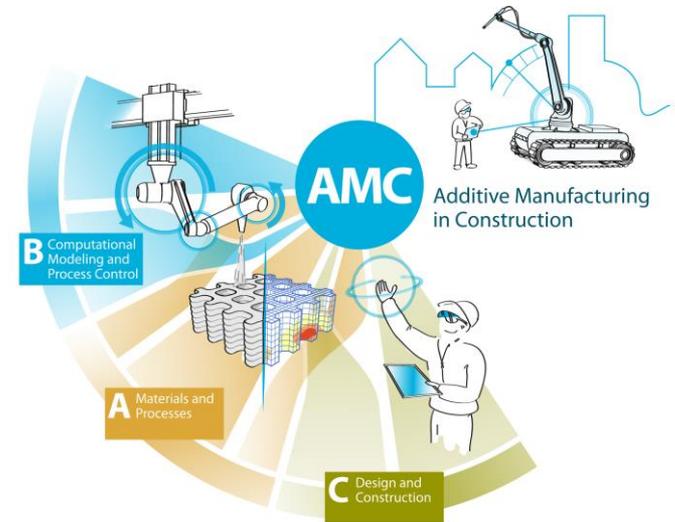
DFG-TRR277 „Additive Manufacturing in Construction“

DFG-Verbundprojekt, TU Braunschweig und TU München, <https://amc-trr277.de>

Beginn der 2. Förderphase jetzt, 2024

Beispiele aus der ersten Phase:

Bereich A: Automatisches Einbringen von Bewehrung beim 3D Shotcreting



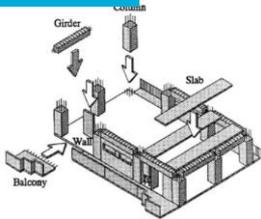
DFG-TRR277 „Additive Manufacturing in Construction“

DFG-Verbundprojekt, TU Braunschweig und TU München, <https://amc-trr277.de>

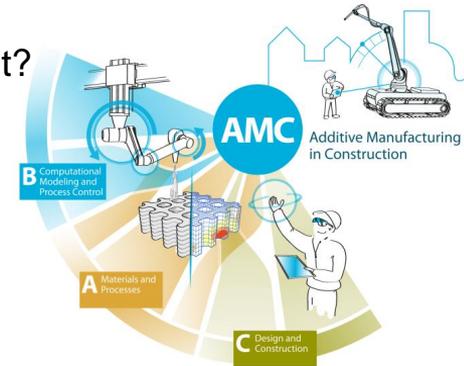
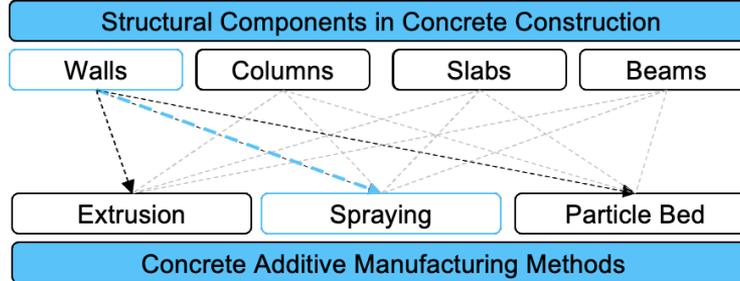
Beginn der 2. Förderphase jetzt, 2024

Bereich C: Integration in den Bauprozess (C06) – Welches Verfahren ist geeignet?

Komponenten



Credit: Wakisaka et. al.



Extrusion for Columns, Crédit: Gaudilliere et. al.



Spraying for Walls, Credit: ITE, TU Braunschweig



Particle Bed for Slabs, Credit: Andrei Jipa, DBT, ETH Zürich



Extrusion for Beams, Credit: SDU Create

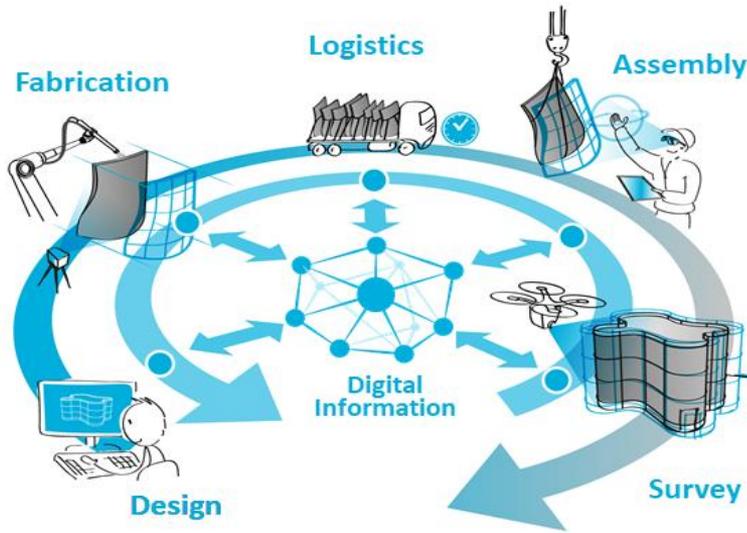
Placzek

DFG-TRR277 „Additive Manufacturing in Construction“

DFG-Verbundprojekt, TU Braunschweig und TU München, <https://amc-trr277.de>

Beginn der 2. Förderphase jetzt, 2024

Bereich C: Integration in den Bauprozess (C06) - Qualitätskontrolle



Herausforderung:

- Schnelle Datenerfassung nach dem Druck,
- Automatischer Vergleich mit dem Modell

Lösung: Montage des TLS direkt auf einem Roboter

- Anfahren der Scan-Positionen
- Direkte Transformation der PW in Modellsystem

DFG-TRR277 „Additive Manufacturing in Construction“

DFG-Verbundprojekt, TU Braunschweig und TU München, <https://amc-trr277.de>

Beginn der 2. Förderphase jetzt, 2024

Bereich C: Integration in den Bauprozess (C06)

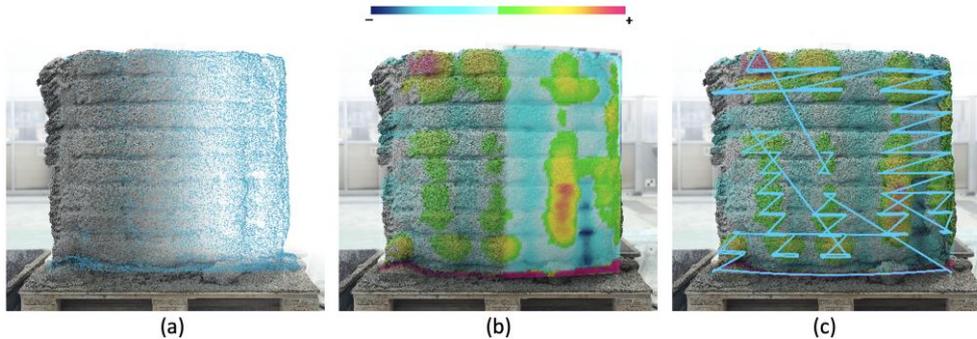


DFG-TRR277 „Additive Manufacturing in Construction“

DFG-Verbundprojekt, TU Braunschweig und TU München, <https://amc-trr277.de>

Beginn der 2. Förderphase jetzt, 2024

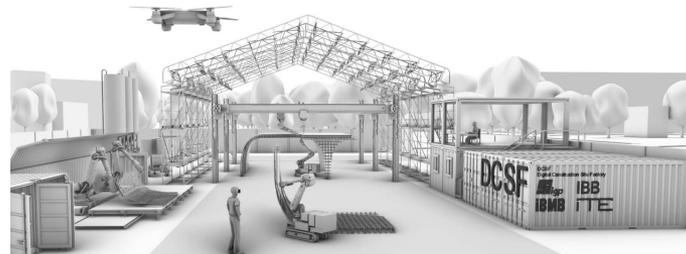
Bereich C: Integration in den Bauprozess (C06)



Überlagerung der Punktwolke mit Modell;
Abweichungen zur Verbesserung im nächsten
Verarbeitungsschritt

Inhalt

1. Additive Fertigung im Bauwesen: Praxis
2. DFG-TRR277 „Additive Manufacturing in Construction“
3. Die digitale Baustelle an der TU Braunschweig



Die digitale Baustelle an der TU Braunschweig

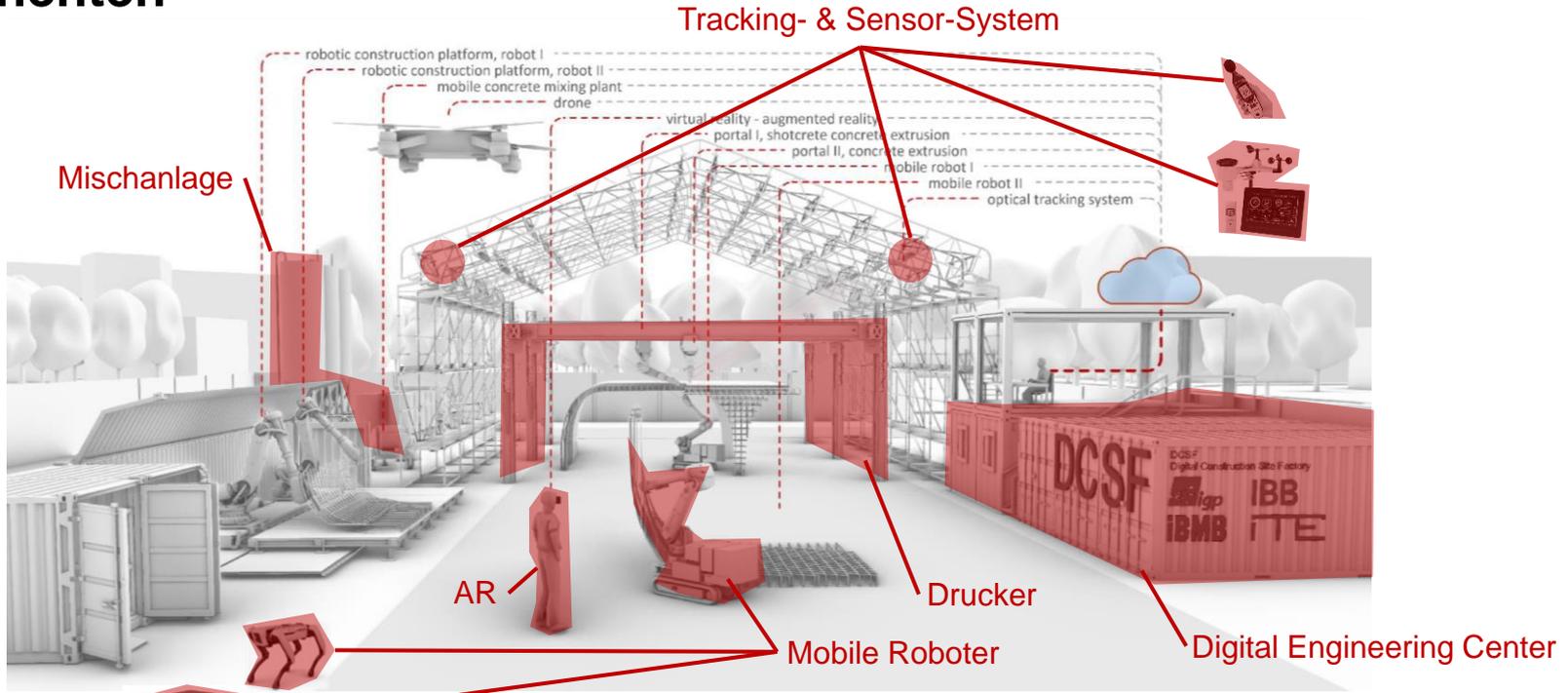
Im TRR277:

- Bisher Arbeit auf einzelnen Komponenten, keine Betrachtung des Bauens *in-situ* und nicht auf Gebäudeebene
- In Phase 2: Übergang auf diesen Maßstab
- Die digitale Baustelle dient als ideale Infrastruktur, diese Forschung weiterzuführen
- Förderung im Rahmen der EU: Europäischer Fond für regionale Entwicklung (EFRE), Volumen ca 3,7 Mio EUR
- Haupt-Bauphase: Q1 bis Q4 2023

Die digitale Baustelle Übersicht beteiligte Institute		
Institut für Geodäsie und Photogrammetrie		
<u>Leitung</u> Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Gerke Schwerpunkte: Laserscanning; Photogrammetrie; Ingenieurvermessung		
Institut für Tragwerksentwurf		
<u>Leitung</u> Univ.-Prof. Dr.-Ing. Harald Kloft Univ.-Prof. Dr.-Ing. Norman Hack Schwerpunkte: Additive Fertigung, digitale Baufabrikation		
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz Fachgebiet Baustoffe		
<u>Leitung</u> Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Lowke Schwerpunkte: Mikro-Computertomographie, Beton- und Zementanalytik; Additive Fertigung		
Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb Abteilung Bauwirtschaft und Baubetrieb		
<u>Leitung</u> Univ.-Prof. Dr.-Ing. Patrick Schwerdtner Schwerpunkte: Produktionsplanung; Lean Construction, Building Information Modeling, Bauleistik		

Die digitale Baustelle an der TU Braunschweig

Komponenten



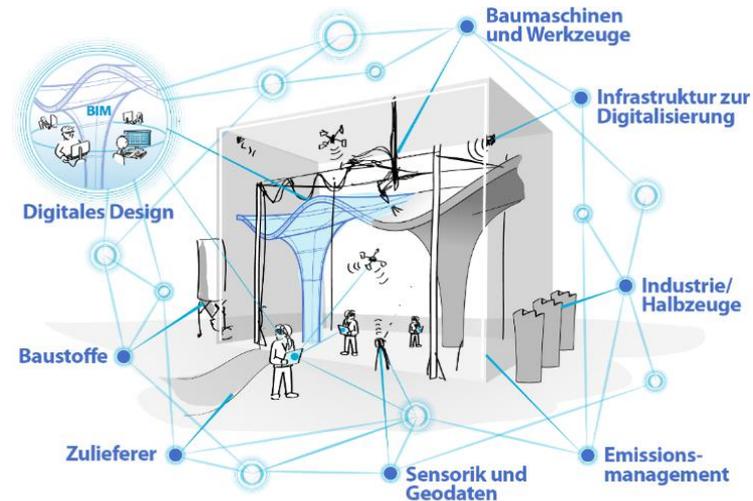
01.02.2024

Dr.-Ing. Markus Gerke für das Konsortium der "digitalen Baustelle" | Seite 18

Die digitale Baustelle an der TU Braunschweig

Adressierte Themen und Fächer

- **Design** (Städtebau, Hochbau, Infrastrukturbau, Digitales Entwerfen, Strukturdesign, BIM, FIM,...)
 - **Konstruktion** (Digitale Konstruktion, Werkstoffe, Bemessung, Simulationen,...)
 - **Prozesse** (Baubetrieb, Digitale Baufabrikation, Qualität, Baumaschinen und Baulogistik, Sensorik und Geodaten...)
- **Smart Industry** (Produktionstechnik, Verfahrenstechnik, Konstruktionstechnik, Logistik,...)
 - **Robotik** (Kooperatives Arbeiten,...)
 - **(Bau)Informatik** (Datenfluss, Simulationen, AI, ML,...)
- **Gesellschaft** (Arbeits-, Industrie- und Dienstleistungssoziologie, Organisations- und Sozialpsychologie,...)



Die digitale Baustelle an der TU Braunschweig

Digital Engineering Center

VR – Powerwall



Digital Board



AR Glasses



Die digitale Baustelle an der TU Braunschweig

Steuerung und Qualitätskontrolle

Optisches 3D real-time tracking system



Laserscanner



UAV



Die digitale Baustelle an der TU Braunschweig

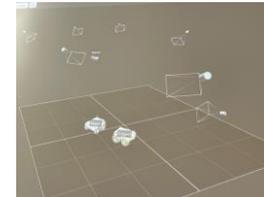
Realisierung bisher (Inbetriebnahme in Q1, 2024)



Die digitale Baustelle an der TU Braunschweig

Forschungsfragen, die wir bearbeiten möchten sind u.a.:

- Integration von Forschungsergebnissen des DFG-Transregio TR277 Additive Manufacturing in Construction und anderen Forschungsprojekten der einzelnen Institute im Bauwesen.
- Interaktion von stationären 3D-Druckverfahren und mobilen Nachbearbeitungs-/Einzelprozessen (z.B. Assemblierung).
- Schaffung eines Netzwerks von unterschiedlichen Roboter- und Maschinenkomponenten, u. a. digital steuerbare Betonmischanlage, optisches Trackingsystem und Scantechnologien.
- Systemintegration aller Komponenten in ein System (im Sinne der Industrie 4.0/5.0) zur vollständigen Digitalisierung, Visualisierung und Steuerung der Bauprozesse



Zusammenfassung/Fazit

- Additive Fertigung wird in der Praxis angewendet, aber Forschung ist notwendig, um das gesamte Potenzial zu heben
- Im TRR277 wird seit 4 Jahre erfolgreich in dem Bereich geforscht, in Phase 2 soll u.a. eine Entwicklung im Gebäude-Maßstab erfolgen
- Die digitale Baustelle ist eine Forschungsinfrastruktur, die hierbei unterstützt und bietet
 - Roboter (stationär und mobil)
 - Mischanlagen
 - Digitales Engineering Center zur digitalen Planung und Interaktion mit der Produktion
 - Moderne Messtechnik für die Qualitätsüberprüfung und zur Steuerung der Maschinen
- Weitere Forschungsprojekte sollen beantragt werden – gerne auch in Zusammenarbeit mit Ihnen!



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit