

# abschlussbericht (kurzfassung) | ab-k

Thema	Zusammenfassung der technischen Projektergebnisse		
Stand	11. März 2022	Erstellung	Juli 2021 bis März 2022
Leiter	F. Schmid	Verfasser	Konsortium

## Inhalt

1	Aufgabenstellung.....	2
2	Vorgehen.....	3
3	Ergebnisse.....	6

# abschlussbericht (kurzfassung) | ab-k

## 1 Aufgabenstellung

Die Initiative zu einem Forschungsprojekt und zur Zusammenführung von Prozessen und Werkzeugen entlang der Wertschöpfungskette des Bauwesens ging von der se commerce GmbH und der seele Unternehmensgruppe aus. Die Erfahrungen im internationalen Markt mit Building Information Modeling (BIM), beim schwierigen Informations- und Datenaustausch mit Partnern sowie mit ständigen, projektspezifisch erforderlichen Anpassungen der unternehmensinternen Software- und IT-Landschaft zeigen, dass in der gesamten Branche enormer Handlungsdruck bestand und weiterhin besteht. Durch die Komplexität der Abläufe kann diese Situation nicht von einzelnen Marktteilnehmern gelöst werden. Zusätzlich entsteht mit neuen Technologien insbesondere für fertigende Unternehmen die Notwendigkeit, externe Informationsquellen, Endgeräte und Maschinen sicher ein- und anzubinden sowie den Datenaustausch mit Partnern und Kunden zu verbessern. Die Anforderungen an einfache, dennoch sicher zu administrierende und automatisierbare Lösungen sind weiter gestiegen.

Das Marktumfeld des Bauwesens ist dabei hochgradig komplex. Sich ständig ändernde Rahmenbedingungen, lange Projektlaufzeiten, unklar definierte Systemgrenzen der Produkte und Leistungen führen zu vielen, manuellen, mühseligen Abstimmungen, Bewertungen und Entscheidungen. Zudem müssen für eine sinnhafte und akzeptierte Umsetzung sowohl Erfordernisse von Handwerksbetrieben und Kleinunternehmen als auch von Industrieunternehmen beachtet werden.

Insbesondere Generalübernehmer und -unternehmen haben in Zusammenarbeit mit Softwareherstellern aktuell verfügbare Plattformen für die Projektabwicklung (Prozessdaten) oder für das Building Information Modeling (Objektdateien) entwickelt und am Markt eingesetzt. Allerdings gibt es von Subunternehmern, Unterauftragnehmern und Partnern große Bedenken, diese Werkzeuge selbst proaktiv einzusetzen und für die eigenen unternehmensinternen Prozesse zu nutzen. Bedenken hinsichtlich der Auslieferung an den Auftraggeber, der Offenlegung von Planungs- und Fertigungs-Know-how spielen hier eine wesentliche Rolle. Technische Hindernisse und unzureichende Flexibilität für die Anforderungen von spezialisierten Unternehmen ergänzen die Schwierigkeiten der Etablierung solcher Werkzeuge.

Wesentliches Ziel von DigitalTWIN ist es, die Schnittstellen zwischen Planung, Fertigung, Montage, Betrieb sowie Rückbau durch IT-gestützte Werkzeuge zu verbessern beziehungsweise überhaupt erst zu ermöglichen. Bei den entwickelten Lösungen spielen offene Technologien, die systematische Beschreibung der Integration sowie die einfache Handhabung bei klar definierten Aufgabenstellungen und die flexible Erweiterbarkeit zu skalierten Plattform-Clustern eine wichtige Rolle. Im Forschungsprojekt DigitalTWIN entstand ein Systembaukasten, der dem Mittelstand hilft, die digitale Transformation und die Etablierung eigener Plattformlösungen selbstbestimmt vorantreiben zu können.

# abschlussbericht (kurzfassung) | ab-k

## 2 Vorgehen

Die Realisierung war durch 6 Partner zu Plattformbetrieb, Forschung, Anwendung, Hardware-, Infrastrukturlieferer und Ergebnisverbreitung sowie durch eingebundene F&E Fremdleistungen und kooperierende Forschungsprojekte auf hohem qualitativen und multidisziplinären Niveau gegeben.

Das Konsortium bildete die gesamte Prozesskette des Bauwesens ab. Die se commerce GmbH und die seele Unternehmensgruppe konnten die Erfahrung mit großen Gebäudeinformationsmodellen sowie dem erfolgten Datenaustausch zwischen Baustelle und Unternehmen über Breitbandnetze einbringen und erweitern. Zudem konnte in der Unternehmensgruppe neben der Integration von branchenspezifischen ERP-, PDM- und BIM-Systemen die Nutzung von Cloud- und Containertechnologien weiterentwickelt werden. Das HHI erweiterte und entwickelte AR/VR-Technologien sowie die Basistechnologien für eine drahtlose Kommunikationsinfrastruktur. Telegärtner übernahm die Definition erforderlicher Hardware für den kabelgebundenen Infrastrukturausbau. Zeiss 3DA brachte Erfahrungen zu Plattformen im Kontext Industrie 4.0 und Digitalisierungsstrategien im Mittelstand, sowie Sensorlösungen ein. Telegärtner ist unmittelbarer Anwender der Kommunikationstechnologien, Zeiss 3DA für die Digitalisierungs-, Mess- und AR/VR-Technologien. Die se commerce GmbH bündelt die Anwendererfahrung von der Werner Sobek AG, planen bauen 4.0 und der seele Unternehmensgruppe, konzipierte federführend die IT-Architektur der erforderlichen, digitalen Plattformen und entwickelte wesentliche Funktionen für die Demos und Prototypen für das Projekt. Dabei konzentrieren sich die Arbeiten von der Werner Sobek AG auf Planungs- und Betriebsphase und die von planen bauen 4.0 auf aktuelle BIM-Netzwerke.

Als kooperierende Forschungsprojekte konnte zu Beginn das nahezu abgeschlossene scaleIT-Konsortium sowie über den gesamten Projektverlauf das IC4F-Konsortium, das SSWII Partnerprojekt BIMSWARM sowie das Netzwerkprojekt NetDiSC und der XR Hub Bavaria gewonnen werden. Bilaterale Kooperationen zu zahlreichen Universitäten und Hochschulen sowie Firmen begleiteten das Projekt.

## abschlussbericht (kurzfassung) | ab-k

Das Vorhaben wurde in sieben Arbeitspaketen bearbeitet. Der Arbeitsplan umfasste die folgenden Arbeitsphasen:

- AP 1: Projektleitung
- AP 2: Systemanforderungen
- AP 3: Digitale Plattform
- AP 4: Kommunikationsinfrastruktur
- AP 5: Bildverarbeitung, Videodienste, Interaktion
- AP 6: Systemintegration
- AP 7: Demonstrationsprojekt und Validierung

Das Projekt konnte mit dieser Struktur inhaltlich tief in den jeweiligen APs zu strukturierten, aufeinander aufbauenden und sichtbaren Ergebnissen durchgeführt werden. Fast alle Arbeiten konnten im prognostizierten Zeitkorridor erfüllt werden, sehr früh konnte für die Leitmesse BAU2019 eine erste Demo realisiert werden. Lediglich in AP 6 gab es eine Verzögerung bis die komplette Systemlandschaft integriert gezeigt werden konnte. In AP 7 erforderten mehrere Anläufe bei der Organisation eines geeigneten Demobauwerks ebenfalls eine Verlängerung des Projektes um insgesamt 6 Monate. Die inhaltlichen Arbeiten orientierten sich neben der Strukturierung in APs anhand von entwickelten Use Cases für Betrieb, Fertigung sowie Planung und Ausführung.

Die Partner arbeiteten motiviert und sehr zielorientiert zusammen. Da das Projekt als gesamtheitliches Projekt konzipiert wurde, in dem mehrere technische, methodische und anwendungsspezifische Fragestellungen beinhaltet waren, war Koordination und Koordinierung gefragt. AP-Leiter und Projektleiter-Konferenzen alle 2 Wochen, 1-3 Konsortialtreffen im Jahr, unzählige fachspezifische Workshops auf Arbeitsebene und jeweils ein jährlich öffentliches Anwenderforum wurden für die engen internen Abstimmungen und die Vernetzung nach außen genutzt. Darüber hinaus wurde auf Messen, Konferenzen, Veröffentlichungen, Pressemitteilungen und über die Webseite kontinuierlich berichtet. Die Konsortialleitung wurde von der se commerce GmbH übernommen.

Neben teilvorhabensspezifischen Unteraufträgen, die von den jeweiligen Partnern koordiniert und themenspezifisch eingebunden wurden, gab es gesamtvorhabensspezifische F&E Fremdleistungen. Die Unteraufträge hinsichtlich Datenschutz und Informationsstrukturierung sind jeweils in AP 2 zur Erarbeitung der Anforderungen und der Grundlagen für die Spezifikationen eingebunden. Das Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD) hat darüber hinaus begleitend zu den Ergebnissen der Entwicklungen in AP 3 zur digitalen Plattform Expertisen zur Prozessbeschreibung und Informationsstrukturierung verfasst.

Das Fraunhofer-Institut für Angewandte und Integrierte Sicherheit (AISEC) hat ergänzend die Entwicklungen in AP 4 zu Informations- und Kommunikationstechnik hinsichtlich der vernetzten Kommunikation, eingebetteter Systeme und Datenschutzes bewertet und Empfehlungen für die Weiterentwicklungen verfasst. Zudem wurden in AP 3 die erarbeiteten Use Cases durch Risikoanalysen bewertet und eine Analyse der Plattformtechnologien von

## abschlussbericht (kurzfassung) | ab-k

scaleIT durchgeführt. Als Ergebnis wurde ein Leitfaden für Risikoanalysen und ein Sicherheitshandbuch für scaleIT erarbeitet.

Die erarbeiteten Demoergebnisse sind in unterschiedlichen Bauprojekten, in Forschungseinrichtungen der Universität Stuttgart und der TU Darmstadt sowie in Ausstellungen des Forums Digitale Technologien in Berlin, des AAccelerator in Aalen sowie des Showrooms von seele im Einsatz und werden gezeigt. Die Projektpartner, die scaleIT Community, das Netzwerk von planen bauen 4.0 sowie weitere regionale Partnerschaften, wie um die IHK Bodensee-Oberschwaben, nutzen die Ergebnisse weiter. Unterschiedliche Forschungsprojekte im Bereich der Fertigungsautomatisierung, des Bauwesens und der IT-Sicherheit bauen die Ergebnisse ergänzend aus.

# abschlussbericht (kurzfassung) | ab-k

## 3 Ergebnisse

Die Ziele, für das Bauwesen als Leuchtturm- und als Beispielprojekt zu dienen, um zu zeigen, dass digitale Transformation auch im kleinteilig strukturierten Markt möglich ist, konnte durch den adressierten gesamten Gebäudelebenszyklus und die greifbaren und verständlichen Demos erfüllt werden.

Wesentliches technisches Ergebnis ist die kompatible Zusammenführung der Sphären BIM, Industrie 4.0 und XR auf Basis kompatibler und offener Cloudtechnologien. Zweites wesentliches technisches Ergebnis ist die Kompatibilität der Technologiestacks sowie die Austauschbarkeit der Dienste. Das dritte wesentliche technische Ergebnis ist die flexible Erweiterbarkeit und Veränderung der Systemkomponenten von Use Case zu Use Case bei Infrastruktur, Endgeräten, Werkzeugen und Diensten.

Die Etablierung einer Plattform für das Bauwesen, wie sie bei vielen Partnerprojekten in den Smart Service Welten verfolgt wurde, hat sich als nicht zielführend herausgestellt. Damit wäre wiederum eine weitere Plattform von bereits so vielen inkompatiblen Plattformen entstanden, die keine nachhaltige Veränderung des Sektors und mittelfristig keine Relevanz hätte entfalten können. Der Ansatz war deshalb, Technik und Methodik zu vereinfachen, um Hilfe zur Selbsthilfe anbieten zu können. Indem ein offener Technologiestack mit- und weiterentwickelt wurde und indem durch agile Softwareentwicklung in Bauprojekten eine schnellere Implementierung gezeigt wurde, ist eine Basis entstanden, von der jeder Akteur anfangen kann, eigene, offene und kompatible Dienste und Plattformen zu entwickeln und zu betreiben. In und durch DigitalTWIN sind 8 Plattformen entstanden, die auf Edge-, Enterprise, Public und Private Cloud-Infrastrukturen sowie kompatibel vernetzt betrieben und administriert werden können, was einen einfachen Transfer von Diensten und Daten auf der einen Seite und die Sicherstellung der Datenhoheit und einer anwendungsspezifisch angepassten Infrastruktur auf der anderen Seite ermöglichen.

Wissenschaftliche Ergebnisse wurden insbesondere im Bereich der Schnittstelle Planung – Fertigung mit einem neuen Datenmodell und der exemplarischen Dienstentwicklung für ein Managementtool erreicht. Ein zweites wissenschaftliches Ergebnis ist die Übertragung von BigData-Systematiken auf das Bauwesen und die Datenspeicherung von Gebäudedatenmodellen in NoSQL-Datenbanken. Dies wurde sowohl für strukturierte Semantik der Industry Foundation Classes (IFC) wie für unstrukturierte und freie Semantiken gezeigt. In den Bereichen mmWave und Registrierung beziehungsweise tiefenbasierte Szenenerfassung wurden Algorithmen und Technologien weiterentwickelt.

Bei den Methoden konnte durch Anwendung der agilen Softwareentwicklung in Bauprojekten neue Erkenntnisse gewonnen werden, wie die entwickelten Lösungen zu digitalen Arbeitsweisen in Bauprojekten führen können. Dabei ist die niederschwellige, einfache Anwendbarkeit sowie die Lösungserarbeitung in kleinen Teams aus Anwendern und Softwareentwicklern wichtig. Ein weiterer Aspekt ist, dass diese Teams bei klar begrenzten Aufgaben von den Technologien profitieren können, indem sie diese schneller und ressourceneffizienter anpassen, ergänzen und implementieren können.

## abschlussbericht (kurzfassung) | ab-k

In der vollen komplexen Ausbaustufe sind Gesamtsystemlandschaften möglich, die sich als sehr komplex und mit zahlreichen Abhängigkeiten charakterisieren lassen. Trotzdem sind sie durchdringbar, anpassbar und ohne Close-in Effekte nutzbar. Nebenergebnisse sind insbesondere die Beteiligung und Erweiterung von Communityarbeit, sei es bei scaleIT und mit der scaleIT-Genossenschaft, deren Gründung mit der Forschungsarbeit auch unterstützt wurde, oder im Umfeld gemeinnütziger Organisationen mit der Initiative der TeleData für den Bodenseekreis.

Die Kernerfahrung im Projekt ist, dass durch systematisches Handeln, anhand von Prozessbeschreibungen und mit offener, modularer und kompatibler Infrastruktur in sehr kurzer Zeit umfassende Workflows digital durchgeführt und gleichzeitig dokumentiert werden können. Gleichzeitig ist die Kernerkenntnis auch, dass die Implementierung von neuen Diensten nicht allein eine technische Hürde ist, sondern auch eine soziale, denn es müssen viel mehr Mitarbeiter eingebunden werden. Zudem werden bisherige Abläufe und Kenntnisse deutlich weniger Einfluss in einer vernetzten Plattformwelt haben, als im heutigen Arbeitsumfeld.

Mit den Ergebnissen und durch die Kooperation zu Organisationen und Initiativen diente das Projekt auch als Multiplikator, um digitale Services weiter in Industrie, Forschung und Gesellschaft zu verbreiten.

### **Ergebnisse für die Planungsphase:**

#### **Automatisierung von Routinen durch Algorithmen und vernetzte Cloud-Plattformen**

Prozesse beim Planen, Bauen und Betreiben von Bauwerken sind von Abstimmungen, Bewertungen und Entscheidungen geprägt, bei denen nicht immer die relevanten Informationen situationsbezogen verfügbar sind. CAD-Programme etwa ermöglichen die exakte Planung komplexer Geometrien.

Bei den Zulieferern und Herstellern sind vielfältige Softwarelösungen zur Projektsteuerung und für eine automatisierte Fertigung von Bauteilen im Einsatz. Auch Montageabläufe und der Gebäudebetrieb werden an vielen Stellen schon digital unterstützt abgewickelt.

Trotzdem werden heute immer noch Informationen aufwendig über Systemgrenzen hinweg manuell transferiert und abgeglichen. Die Schnittstellen zwischen den Akteuren, die unterschiedlichen Orte und langen Planungs-, Bau- und Betriebsphasen stellen wesentliche Herausforderungen für eine durchgängige Datenverarbeitung dar.

DigitalTWIN hat gezeigt, dass diese Schnittstellen und Implementierungsschwierigkeiten durch offene, hoch performante, in Clustern einsetzbare Cloud-Technologien gelöst werden können. Die Technologien ermöglichen auch eine Trennung der IT-Infrastruktur unterschiedlicher Partner auf unterschiedlichen Ebenen, um Knowhow- und Datenschutz-Anforderungen zu genügen. Die eingesetzten Cloud-Technologien aus der mittelständisch geprägten Automatisierungsbranche wurden erweitert, um sie vernetzt und leistungsfähig bei großen Gebäudedatenmodellen und mit automatisiert vernetzten Prozessketten einsetzen zu können.

## abschlussbericht (kurzfassung) | ab-k

Als Technologien kommen die automatisierte Bereitstellung, Skalierung und Verwaltung von Container-Anwendungen zum Einsatz. In Kombination mit einer agilen Softwareentwicklung und dem resultierenden Bereitstellen von sogenannten Microservices sowie durch Einsatz von offenen Datenformaten, standardisierten Semantiken und Vorgehensweisen aus den Bereichen Building Information Modeling (BIM), XR und Industrie 4.0 ist man schnell in der Lage, die vielschichtigen Anforderungen an die Digitalisierung in der Planung, Fertigung und dem Gebäudebetrieb zu erfüllen.



Der BIM Champions-Film zeigt Ihnen die Anwendung dieser Technologien und den Einsatz der JavaScript Object Notation (JSON), um beispielsweise unterschiedliche CAD/CAM oder Planungssoftware an die DigitalTWIN-Plattformcluster anbinden zu können.



Die Demo zur Live-Interaktion verbindet den Einsatz der Infrastruktur bei Planer und Ausführer, in verteilten Clustern und auf der Baustelle mit dem Konsum großer Datenmodelle mittels Edge-Infrastrukturen und der Vernetzung mit unterschiedlichen Enterprise-Anwendungen.

DigitalTWIN konnte damit darlegen, dass die Standardisierungsbemühungen im Bereich BIM, XR und Industrie 4.0 konvergieren können. Allerdings sind neue IT-Architekturen dafür erforderlich. Diese müssen weitestgehend offen sein, um den wechselnden Anforderungen im Bauwesen gerecht zu werden.

Die Einsätze der Technologien und Methoden beim VR-Check von Schweißarbeiten haben gezeigt, dass man mit kleinen Anwendungen anfangen kann, diese dann zunehmend mit weiteren Plattformdiensten ergänzen kann und schlussendlich einen vernetzten und verteilten Modelldatenaustausch zwischen Planer, Ausführer und Betreiber sowie zwischen Büro, Baustelle und späterem Bauwerk erreichen kann.

Cloud-, Web- und Containertechnologien leisten einen wesentlichen Beitrag, um die projekt- und unternehmensspezifische Integration der beschriebenen Werkzeuge zu beschleunigen oder überhaupt erst zu ermöglichen. Die projektspezifische, einfache und sichere Einbindung der unterschiedlichen Akteure, Geräte und Schnittstellen nutzt dabei bereits etablierte Standardformate und eindeutige, globale IDs (GUID) beispielsweise für die Bauteile oder Sensoridentifizierung. Der Einsatz der JavaScript Object Notation (JSON) als Containerformat ermöglicht, diese strukturierten Semantiken direkt zu nutzen oder flexibel erforderliche Erweiterungen zu definieren.

DigitalTWIN hat mit diesen Ergebnissen die Grundlage gelegt, um die heterogenen Anforderungen aus der Planung mit einer modernen IT-Infrastruktur und entsprechenden Methoden zusammen zu bringen und um effektive sowie projektindividuelle Lösungen Schritt für Schritt, aber immer mit dem Fokus einer zunehmenden Vernetzung und Datendurchgängigkeit, zu etablieren.

Zum Einsatz kamen PCs, Tablets, Smartphones oder AR/VR-Brillen, Werkzeugmaschinen und Sensor-Aktor-Systeme sowie softwareseitig CAD-, Projektplanungs-, Projektmanagement- und 3D-Visualisierungs-Tools.



## abschlussbericht (kurzfassung) | ab-k

### **Ergebnisse für die Fertigung und Baustelle:**

#### **Vernetzte Inhalte in Echtzeit konsumieren und durch VR/AR-Brillen interagieren**

Die Unterstützung von komplexen Arbeiten durch das Einblenden von Informationen in das Sichtfeld des Nutzers hat durch die Entwicklung neuartiger Brillensysteme und leistungsstarker Mobilgeräte deutlich an Bedeutung gewonnen und zu neuen AR-Anwendungen geführt. Wichtig für die Weiterentwicklung und den breiten Einsatz sind dabei die Verfügbarkeit und Verknüpfung der Technik. Gerade für die in der deutschen Bauwirtschaft existierenden, kleinteiligen Unternehmensstrukturen stellt die Verknüpfung der Planungsinformationen und die aufwendige Integration zwischen Projekt- und Unternehmensprozessen eine technische und wirtschaftliche Herausforderung dar. Gleichzeitig sind mit den neuen Techniken auch Möglichkeiten verbunden, die Abläufe im Bauwesen und die Planungsergebnisse wesentlich zu verbessern.

Deshalb hat DigitalTWIN untersucht, wie die Integration und Interaktion solcher Techniken schneller, einfacher und ressourcenbewusst durchgeführt werden kann. Durch die Art und Weise der eingesetzten Technologien sind hoch anspruchsvolle, aber auch niederschwellige Dienste und Anwendungsszenarien abbildbar. Dabei wird die gleiche Pipeline der Datenverarbeitung für die Interaktion mit den Gebäudedatenmodellen genutzt, wie für die Interaktion bei Planung und Ausführung (Aufbereitung der Gebäudedatenmodelle durch einen Parser, Speicherung im Containerformat JSON mit eindeutiger Globally Unique Identifier (GUID), Verwaltung in NoSQL-Datenbanken, Konsum der Daten über Middleware und WebSocket Protokolle.

Die Technologien wurden beispielsweise bei der Zugänglichkeitsprüfung von Schweißarbeiten, der AR-Montageunterstützung bei Gitterschalen und beim Fassadenmonitoring eingesetzt. Die Szenen und Bedienelemente wurden in unity und dort über sukzessiv erweiterte Bibliotheken erstellt, sodass eine Szene unabhängig vom jeweiligen konkreten Inhalt definiert ist.

Ergänzend wurde die Fragestellung der Handhabung, Benutzerführung und Akzeptanz beantwortet. Hierzu wurden Tests an Demos, in der Fertigung und auf Baustellen mit Videobrillen durchgeführt. Die Handhabung der Endgeräte erfordert noch Übung, die Erstellung und der situationsbezogene Konsum der richtigen Inhalte konnte über die entwickelten Workflows und die Architektur jedoch bereits beschleunigt und automatisiert werden.

Da im Bauwesen mit großen Datenmodellen gearbeitet wird, war die schnelle Datenverarbeitung beispielsweise für Algorithmen der Datenanalyse relevant. Der Einsatz von Big Data-Technologien hilft dies zu beschleunigen. Ein zweiter Aspekt großer Datenmengen, die insbesondere bei hochauflösenden Videodiensten relevant sind, sind Kommunikationsinfrastrukturen mit Bandbreite und niedriger Latenz. Deshalb wurde der Einsatz von hochratigen Kommunikationsnetzen in der Fertigung und auf der Baustelle untersucht.

# abschlussbericht (kurzfassung) | ab-k

## **Ergebnisse zur Kommunikationstechnik:**

### **Infrastruktur für die Planung, die Fertigung, die Baustelle und das Gebäude**

Der Ausbau der Breitband-Kommunikationsinfrastruktur stellt die Grundlage einer zukunftsfähigen, erfolgreichen Wirtschaft dar. Die große Bedeutung innovativer Kommunikationstechnologien für Anwendungsfelder wie Industrie 4.0, Telemedizin und autonomes Fahren spiegelt sich bereits in zahlreichen Beispielprojekten. Dabei nimmt die Bedeutung zuverlässiger, verzögerungsfreier Mobilkommunikation stetig zu. Sie wird besonders in der Fertigung eine höhere Automatisierung und eine Beschleunigung von Vorbereitungen, Arbeiten und Kontrollmaßnahmen ermöglichen. Das erfordert die Einbindung von Planungs-, Fertigungs- und Montageprozessen in den Entwurf stationärer und mobiler Kommunikationsnetze. Eine besondere Herausforderung stellt die Anbindung der derzeit oft unerschlossenen Baustelle während der Bauphase an eine gemeinsame Kommunikationsinfrastruktur dar.



In DigitalTWIN wurden deshalb Szenarien für den Ausbau von IKT-Infrastrukturen auf Baustellen entwickelt, unterschiedliche Technologien und Architekturen für diese Szenarien entworfen und deren Anwendung exemplarisch gezeigt und getestet.

Dabei waren die Erschließung des Baufelds mit kabelgebundener und drahtloser Technik sowie die einfache Bedienung und Einrichtung im Fokus, um die Schwelle zum Einsatz breitbandiger Technologien zu senken. Um schließlich Dienste mit großen Datenmodellen und mit Echtzeitinteraktion auf Baufeldern einsetzen zu können, wurde die Störanfälligkeit, Auslastung und Automatisierung neuer hochratiger, latenzarmer Mesh-Technologien untersucht.

## **Ergebnisse zur IT-Sicherheit:**

### **Strukturierung von Daten und schneller Absicherung der Infrastruktur**

Damit integrale Prozess- und Objektdatenmodelle heutige Abläufe im Bauwesen verbessern oder ablösen können, müssen diese Techniken aktuellen Erkenntnissen zur intuitiven Bedienung und Datensicherheit genügen.



In DigitalTWIN stand deshalb die Informationsstrukturierung und -klassifizierung im Fokus. Welche Modelle zur digitalen Prozessbeschreibung können aus dem Maschinenbau und der Konstruktionstechnik übernommen werden? Wo kommen diese detailgenauen Beschreibungen bei Bauprojekten an Grenzen und welche Möglichkeiten gibt es, flexibel auf Prozessänderungen mit digitalen Werkzeugen zu reagieren? Entstanden ist ein EventTracker, der niederschwellig Zielinformationen, Vorkommnisse und Dokumente aus dezentral vernetzten Daten- und Dienste-Pools erfasst und sämtliche Verbindungen verwaltet. Damit lässt sich die Vielfalt an Daten zu einem Thema, deren sinnhafte Verknüpfungen und der jeweils erforderliche Informationsgrad durchgängig administrieren.

## abschlussbericht (kurzfassung) | ab-k



Neben der Informationsstrukturierung ist eine sichere und dokumentierte Übertragung und Speicherung sowie die Echtheit, Überprüfbarkeit und Vertrauenswürdigkeit der Daten sowie der eingesetzten IT-Systeme relevant. Hierzu wurden in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer AISEC die 3 Use Cases einer exemplarischen Risikoanalyse unterzogen, die – wie die Use Cases selbst – auf konkrete Anwendungsfälle übertragen werden kann. Ergänzend wurde die weiterentwickelte scaleIT-Infrastruktur auf typische IT-Security Themen hin evaluiert und es wurden Empfehlungen für die weitere Absicherung ausgesprochen.



### **Ergebnisse zur Systemintegration:**

#### **Vernetzung von Hard- und Softwarelösungen und schnelle Implementierung**

Die Integration von IT-Systemen und damit von Hardware, Software, Kommunikationsinfrastruktur sowie Daten und Diensten ist eine wesentliche Herausforderung in Firmen, Organisationen und auch in Projekten. Durch Inkompatibilität, unüberschaubare Funktionsumfänge und technischen wie wirtschaftlichen Reglementierungen auf der einen und durch die Verkettung von Prozessen, die Dominanz unterschiedlicher IT-Lösungen bei den jeweiligen Akteuren und durch die vielen Schnittstellen auf der anderen Seite, stellt sich die Frage, auf welcher Ebene die Vernetzung stattfindet, wie diese automatisiert werden kann und wie trotzdem Anforderungen an Datenhoheit, flexible Anpassung oder langfristiger Datenzugang gewährleistet werden kann.



Die Fragen einer effektiven und effizienten, anwenderorientierten Systemintegration stand ganz praktisch im Forschungsprojekt als Aufgabe im Raum, da die entwickelten Demos sukzessive eine kompatible, erweiterbare Gesamtsystemlandschaft bilden sollten, die in einzelnen Aspekten oder komplett von den Forschungspartnern weitergeführt werden kann.

Ein zweiter Aspekt war die Charakteristik von IT-Systemen in modernen Organisationen und Projekten. Hier haben die Plattformtechnologien die Voraussetzung geschaffen, dass Cloud Computing und Webtechnologien relevant sind. Da die Bedenken hinsichtlich der Datenhoheit und bezüglich von Cloud Lösungen in Teilen der fertigenden Industrie groß sind, wurde der scaleIT-Ansatz (Offline Lösungen, die sich komplett in die Welt der Container-Orchestrierung und in die Continuous Integration, das Continuous Delivery und Continuous Deployment einbetten) weiterentwickelt. DigitalTWIN konnte zeigen, dass sich Microservices vom ARM-Microrechner (docker/docker-compose) über Enterprise-Infrastrukturen (dockerhub/docker-swarm) bis zu vernetzten Clustern in DatenCentern (kubernetes) austauschen, betreiben und projektspezifisch anpassen lassen. Dies gibt einen Impuls in Richtung IT-Infrastruktur im Mittelstand, der auf Basis offener Frameworks und Technologien eine automatisierte Bereitstellung, Skalierung und Verwaltung von Container-Anwendungen ermöglicht.

## abschlussbericht (kurzfassung) | ab-k

Ein weiterer Aspekt war die Frage der schlanken Service-Entwicklung. Schon bei der Demo zum Fassadenmonitoring konnten die Leistungen der einzelnen Forschungspartner in einzelne Module gepackt und individuell entwickelt werden. Die Schnittstellen wurden gemeinsam definiert und bei der Integration, der Nachbesserung und Weiterentwicklung der einzelnen Container konnten die Vorteile der Microservice-Architektur und des Container-Deployments gleich genutzt werden.

Die Vorteile eines solchen Vorgehens konnten auch für Anwendungen im Bauwesen und für die Baustelle durch kleine Teams aus Softwareentwicklern und Anwendern sowie durch kurze Entwicklungs- und Implementierungszeiten gezeigt werden. So konnte beispielsweise die Montageunterstützung für das Vorspannen von einer Seilfassade in 6 Wochen komplett umgesetzt werden.

Für die Anwendung in Planungsbüros, bei ausführenden Firmen oder bei Gebäudebetreibern ergibt sich somit die Möglichkeit, auf Basis dieser Technologien die eigenen Dienste und IT-Lösungen selbst oder mit Unterstützung eines IT-Dienstleisters zu transformieren. Die Vorteile und der eigenbestimmte Einsatz von virtualisierten IT-Infrastrukturen und durch die Automatisierung konnten insbesondere für kleinteilig strukturierte Märkte wie dem Bauwesen und für das schnelllebige Projektgeschäft gezeigt werden. Wichtige Voraussetzung ist die Beschäftigung mit offenen Microservice-Technologien wie scaleIT.

### **Anwendung und Evaluierung entsprechend der Use Cases**

Es wurden 3 Use Cases zum Monitoring im Gebäudebetrieb, zur Qualitätssicherung von Schweißarbeiten sowie zur Live-Interaktion mit der Baustelle entwickelt, die die gleichen, modularen Plattformtechnologien, die Anbindung von anderen Softwarelösungen über Plugins, offenen Datenformate und offenen Kommunikationsprotokolle verwenden, um vor Ort mit großen Modellen, vielen Daten in Echtzeit interagieren zu können und sofort beispielsweise Auswertungen vom Abgleich eines Laserscans mit dem Modell zu erhalten.

Die Use Cases adressieren unterschiedliche Phasen des Lebenszyklus und zeigen, wie Daten und Dienste von unterschiedlichen Endgeräten, wie Workstations, Tablets, Smartglas-ess abgerufen und genutzt werden können.

Dabei steht der zielgerichtete Modelldatenaustausch sowie die Verknüpfung mit jeweils relevanten Fachinformationen in der Planung beispielsweise von Architekten und Fachplanern oder in der Fertigung beispielsweise zu Daten von Zulieferern, zur Intralogistik oder Materialverfügbarkeit im Fokus.

Die insgesamt 16 Demos zeigen einzelne, funktionale Aspekte und wurden sukzessive miteinander vernetzt. Dadurch konnten einzelne Forschungsfragestellungen direkt je Use Case adressiert werden und gleichzeitig über das gesamte Forschungsprojekt vielversprechende Methoden zur Implementierung, Anwendung, Erweiterung und Skalierung evaluiert werden.

## abschlussbericht (kurzfassung) | ab-k

Neben den Demos werden die Lösungen an 3 Demobauwerken eingesetzt. Die Fassaden-Demo wird weiter im Accelerator genutzt und für das Glass Competence Center der TU Darmstadt weiterentwickelt. Die Plattform, modulare Softwarekomponenten und die agile Softwareentwicklung konnte auch für das Monitoring der Seilnetzfassade des Atelier Albert Oehlen adaptiert und bei 33rd Penn Station auch eingesetzt werden.

Folgende Demos wurden entsprechend den Use Cases entwickelt, um die Ergebnisse zu validieren:



### **Use Case 1: Monitoring im Gebäudebetrieb**

- Monitoring von Fassaden im Gebäudebetrieb mit Sensornetzen und Cloud-Clustern
- Erweiterung der bilateralen Plattformkommunikation mit BIMSWARM und anderen scaleIT-Instanzen
- Technologiestack in Private Cloud Umgebung bei seele (Albert Oehlen und 33rd Penn Station)
- Rechen- und bandbreiteintensive Dienste im Gebäude mit 5G-Funktechnik und Edge Cloud-Infrastruktur
- scaleIT-Einsatz an Demobauwerken des SFB1244 als Edge Infrastruktur
- ISOshade® Einsatz beim Glass Competence Center der TU Darmstadt



### **Use Case 2: Digitale Qualitätssicherung**

- Schweißdokumentation und -prüfung bei Stahlbauarbeiten
- Zugänglichkeitsprüfung bei Stahlbaukonstruktionen und projektbegleitende Dokumentation
- mmWave-Mesh in der Fertigung
- Erweiterung um Komponenten Fertigungsautomatisierung und scaleIT Genossenschaft (Pick by Light, Shopfloor Hub)
- vernetzte Cloud Stacks im AAccelerator
- Technologiestack in der Public-Cloud Umgebung bei Teledata



### **Use Case 3: XR-Unterstützung bei der Planung und Montage einer Gitterschalenkonstruktion**

- AR-gestützte Positionierung und Toleranzabgleich bei der Montage von Stahlbauteilen
- Verbesserung der Bedienerfreundlichkeit
- Lokalisierung von Bauteilen und Personen über 5G-Antennenmeshes
- Kommunikationstechnikausbau auf der Baustelle
- mmWave-Mesh und flexibel einsetzbare Funkzugangsknoten auf der Baustelle
- Remote Access zwischen VR-Umgebung im Büro und AR-Umgebung auf der Baustelle
- BIM-Workflows mit automatisierter Interaktion und Wahrung der Datensouveränität
- Live-Interaktion zwischen Planung-Fertigung-Montage bei einem Demo-Gitterschalenschaalenprojekt