Die approbierte gedruckte Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
http://www.ub.tuwien.ac.at

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

Professional MBA
Facility Management

Facility Management 4.0: BIM und IoT als Grundlage für den Digitalen Zwilling im Gebäudebetrieb

Master Thesis zur Erlangung des akademischen Grades
„Master of Business Administration"

eingereicht bei
Prof.(FH) Dr. Thomas Madritsch, MSc

DI Patrick Jaritz

00226313

Wien, 23. April 2018

Eidesstattliche Erklärung

Ich, **PATRICK JARITZ**, versichere hiermit

1. dass ich die vorliegende Master These, "FACILITY MANAGEMENT 4.0: BIM UND IOT ALS GRUNDLAGE FÜR DEN DIGITALEN ZWILLING IM GEBÄUDEBETRIEB", 100 Seiten, gebunden, selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe, und
2. dass ich diese Master These bisher weder im Inland noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Wien, 23.04.2018

Unterschrift

Abstract

Während andere Branchen in der digitalen Transformation schon die Stufe der Vernetzung und Automatisierung von Prozessen erreicht haben, stehen im Gebäudebereich diese Entwicklungen noch aus. Im Planen und Bauen hat Building Information Modeling mittlerweile einen Reifegrad erreicht, der die schrittweise praktische Implementierung ermöglicht. Im Betrieb von Gebäuden sind Veränderungsdynamiken noch sehr verhalten, die Mehrwerte der integralen Nutzung von Daten sind noch nicht auf den ersten Blick ersichtlich. Extrapoliert man die Möglichkeiten von BIM in Kombination mit weiteren technologischen Fortschritten der jüngeren Vergangenheit, zeigt sich ein beträchtliches Potential, herkömmliche Prozesse in der Betriebsphase effizienter zu machen.

Mittels Experteninterviews wurde erhoben, welche Erwartungen und Vorstellungen mit dieser Entwicklung verbunden sind. Die Befragten sehen mehrheitlich einen radikalen Umbruch im Management von Gebäuden und neue Wege des Betreibens, Bewirtschaftens und Nutzens durch das strukturierte Prozessieren von Gebäudedaten. Als grundlegendes Konzept dafür wird der Digitale Gebäudezwilling ins Treffen geführt.

Ausgehend von der Expertenbefragung wird überprüft, ob den Aussagen eine tatsächliche technologische Umsetzbarkeit gegenübersteht. Zu diesem Zweck wird untersucht, woher das Konzept des Digitalen Zwillings stammt, wie es in anderen Bereichen eingesetzt wird und wie es auf den Gebäudebetrieb anzuwenden sein könnte. Mit der Betrachtung der konstitutiven Elemente BIM und IoT wird ergründet, ob die technologische Reife, die Anknüpfungsmöglichkeiten und die prozessualen Voraussetzungen vorhanden sind, um das Konzept des Digitalen Zwillings im Gebäudekontext anzuwenden.

Danksagung

Mein Dank gilt in erster Linie meinem Betreuer, Prof.(FH) Dr. Madritsch, für seine geduldige Begleitung und Unterstützung.

Darüber hinaus möchte ich mich herzlich bei den sechs Experten bedanken, die nicht nur für die qualitative Befragung, sondern auch für einen vertiefenden fachlichen Austausch zur Verfügung standen. Hier möchte ich vor allem Herrn Ing. Mag. Alfred Waschl meinen besonderen Dank zum Ausdruck bringen, der mir weit über das Interview hinaus mit Rat und Tat zur Seite gestanden ist.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis **4**

1 Einleitung **6**

1.1 Hintergrund, Motivation und Problem *6*
1.1.1 Hintergrund 6
1.1.2 Motivation 9
1.1.3 Problemdefinition 10

1.2 Ziele und Hypothese *13*
1.2.1 Ziele 13
1.2.2 Hypothese 14

1.3 Aufbau der Arbeit und Methode *16*
1.3.1 Aufbau 16
1.3.2 Methode 17

2 Beschreibung der Problemstellung **18**

3 Lösungsvorschlag **22**

3.1 Befragungsergebnisse und Implementierungsansatz *22*

3.2 Der Digitale Zwilling *30*
3.2.1 Konzept 30
3.2.2 Kontext 32
3.2.3 Komponenten 43

3.3 Building Information Modeling im Facility Management *51*
3.3.1 Nutzen im Betrieb 51
3.3.2 BIM to FIM 54
3.3.3 BIM 7D 72

3.4 Internet of Things im Facility Management *81*
Gebäudeautomatisierung 84
Eine grundlegende Funktion eines Digitalen Zwillings muss die Integration der Gebäudeautomatisierungsdaten sein. 84

3.5 Digital Twin Platform auf Basis von BIM und IoT *93*
3.5.1 Real-Time Facility Information Management 93

4 Schlussfolgerung **102**

5 Literaturverzeichnis **107**

6 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis **114**

7 Appendix **116**

A Experteninterviews *116*
A.1 Univ.Prof. Arch. DI Christoph Achammer 116
A.2 Ing. Mag. Alfred Waschl 124
A.3 Mag. Karl Friedl 135
A.4 Mag. Peter Prischl 145
A.5 DI Christoph Degendorfer und Erich Kotroczo 163

Abkürzungsverzeichnis

ACCC	Automated Code Compliance Checking
AIA	Auftraggeberinformationsanforderung
AIM	Asset Information Model
AIR	Asset Information Requirements
AKS	Anlagenkennzeichnungssystem
API	Application Programming Interface
ARP	Address Resolution Protocol
BAP	BIM-Abwicklungsplan
BAS	Building Automation System
BCF	BIM Collaboration Format
BEMS	Building Energy Management System
BEP	BIM Execution Plan
BIM	Building Information Modeling
BIM-M	Building Information Modeling and Management
BLE	Bluetooth Low Energy
BPaaS	Business Process as a Service
BPMN	Business Process Model Notation
bSDD	buildingSMART Data Dictionary
bSI	buildingSMART International
CAD	Computer Aided Design
CAFM	Computer Aided Facility Management
CAM	Computer Aided Manufacturing
CDE	Common Data Environment
CityGML	City Geography Markup Language
CMIS	Content Management Interoperability Services
CMMIS	Computerized Maintenance Management Information System
CMMS	Computerized Maintenance Management System
CoAP	Constrained Application Protocol
COBie	Construction Operation Building information exchange
CPS	Cyber-Physical Systems
CREM	Corporate Real Estate Management
DDC	Direct Digital Control
DSN	Digital Supply Network
EDMS	Electronic Document Management System
EIR	Employer Information Requirements
ER	Exchange Requirements
ERP	Enterprise Resource Planning
FIM	Facility Information Management
FM	Facility Management
FOTA	Firmware Over-The-Air
gbXML	Green Building XML
GEFMA	German Facility Management Association
GIS	Geographisches Informationssystem
GPL	Gesamtprozesslandkarte

IaaS	Infrastructure as a Service
IDM	Information Delivery Manual
IFC	Industry Foundation Classes
ifcOWL	IFC Web Ontology Language
IFMA	International Facility Management Association
IGES	Initial Graphics Exchange Specification
IIoT	Industrial Internet of Things
IoS	Internet of Services
IoT	Internet of Things
IPv6	Internet Protocol Version 6
LIA	Liegenschaftsinformationsanforderungen
LIM	Liegenschaftsinformationsmodell
LOD	Level of Detail
LoD	Level of Development
LOI	Level of Information
LTE	Long Term Evolution
M2M	Machine to Machine
MIDP	Master Information Delivery Plan
MOM	Message Oriented Middleware
MQTT	Message Queueing Telemetry Transport
MVD	Model View Definition
NAT	Network Address Translation
NFC	Near Field Communication
oBIX	OASIS Open Building Information eXchange
OIA	Organisationsinformationsanforderungen
OIR	Organisational Information Requirements
PaaS	Platform as a Service
PDT	Product Data Templates
PIM	Project Information Model
PIP	Project Implementation Plan
PIR	Project Information Requirements
PLC	Programmable Logic Controller
PLM	Product Lifecycle Management
PLQ	Plain Language Questions
PM	Process Maps
REST	Representational State Transfer
RFID	Radio Frequency Identification
SaaS	Software as a Service
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SDN	Software-defined networking
SL	Soft Landings
SMP	Standard Method and Procedure
SoC	System on a Chip
TIDP	Task Information Delivery Plan
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
WPAN	Wireless Personal Area Network
XML	Extensible Markup Language

1 Einleitung

1.1 Hintergrund, Motivation und Problem

1.1.1 Hintergrund

Das Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden ist im Begriff, eine historische Transformation zu erleben. Seit den ersten selbsterrichteten temporären Behausungen hat sich das Entwerfen und Umsetzen von Bauwerken durch technologische und kulturelle Errungenschaften, durch Erkenntnisse in den konstruktiven Wissenschaften und durch neue Materialen und Werkzeuge inkrementell weiterentwickelt. Nun aber stehen wir an der Schwelle zu völlig neuen Formen des Bauens und Betreibens. Die Architektur, das Ingenieurswesen, die Stadtplanung, die Bauwirtschaft, das Facility Management, die Immobilienwirtschaft und sämtliche angrenzenden Bereiche, ob kaufmännischer oder rechtlicher Natur, werden erfasst von einer Virtualisierung ihrer physischen Bezugsobjekte. Planungen erfolgen zunehmend unter Zuhilfenahme ausgefeilter Algorithmen, in der Errichtung zeichnet sich ab, dass die Bauelemente automatisiert aus den Plänen gefertigt und zur Baustelle gebracht werden bzw. dass additive Fertigung Gebäude direkt vor Ort entstehen lässt.

Die Grundlage dieser Entwicklung ist dieselbe, die schon andere Industrien transformiert und sich absehbar auf sämtliche Lebensbereiche auswirken wird. Es gibt nun eine Wertkategorie, die an Bedeutung gewonnen hat: Information. Mit dem Übergang vom Industriezeitalter zum Informationszeitalter gewannen die Digitalisierung von Daten und das Bilden kommunikativer Netzwerke an Bedeutung – der Austausch von Information wurde zum grundlegenden Paradigma (Stengel et al. 2017).

In den letzten 50 Jahren ist die Leistung von Prozessoren wie von Moore (1965) prognostiziert exponentiell angestiegen. Begleitet wurde diese Entwicklung von der Reduktion der Größe, Senkung der Kosten (Abb. 1) und der Erhöhung der Multifunktionalität von Rechnern (Brynjolfsson und McAfee 2014). Aufgrund des Anstiegs der Rechenleistung und der Auswirkungen auf Gebäude ist es nicht verwunderlich, dass internationale Organisationen und Regierungen auf der ganzen

Welt an Maßnahmen arbeiten, um die Anwendung digitaler Gebäudeinformation zu organisieren, zu strukturieren und zu fördern (Whyte und Hartmann 2017).

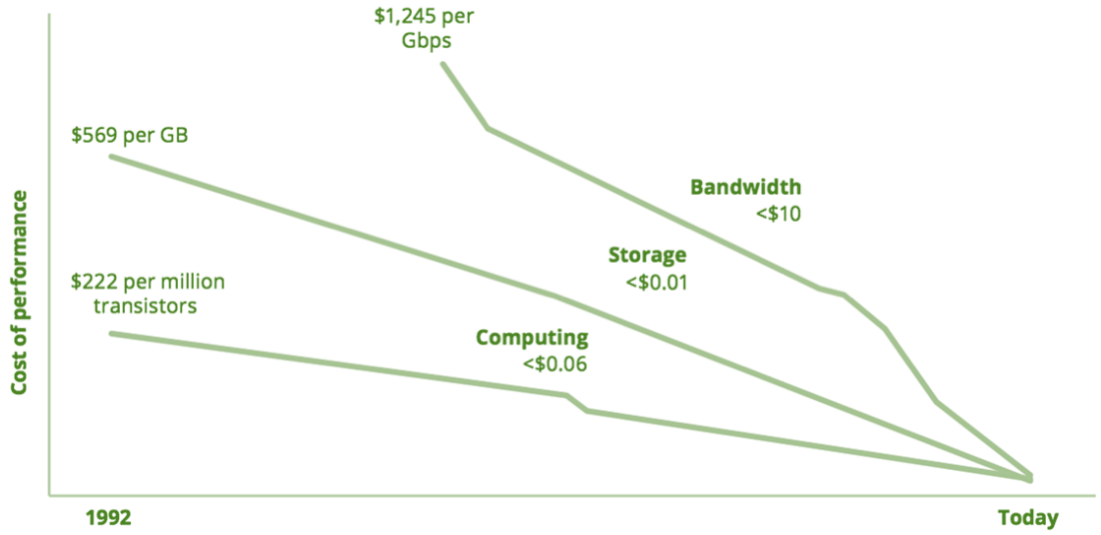

Abb. 1: Verlauf der Kosten für Bandbreite, Speicher und Prozessoren (Mussomeli et al. 2016)

Die Initiative des Weltwirtschaftsforums (WEF) "*Shaping the Future of Construction*" (Rodrigues de Almeida et al. 2016) zeigt das Potenzial von BIM im Lebenszyklus. Im Vereinigten Königreich folgt der Bericht der Institution of Civil Engineers (ICE) „*State of the Nation Report: Digital Transformation*“ (2017) einem Mandat für die Verwendung von "BIM Level 2" (Bew und Underwood 2010) für öffentliche Projekte, was durch die Implementierung von Standardprozessen zur Verwaltung von Informationen zu Errichtung, Betrieb und Übergabe erreicht wird. Andere Länder wie Finnland, Norwegen, Schweden, Deutschland, die Niederlande und Singapur haben sich ähnliche Ziele gesetzt (Whyte und Hartmann 2017). Wenn die Errichtung eines Gebäudes wie ein Fertigungsprozess gesehen wird, kann die internationale BIM-Agenda in Bezug auf die vierte industrielle Revolution und den Begriff des „digitalen Zwillings“ interpretiert werden. Dabei handelt es sich um eine digitale Version des materiellen Objekts, die für verschiedenste Anwendungen im Objektlebenszyklus eingesetzt werden kann. Ein damit in Zusammenhang stehender Begriff ist „Digital Thread“ – dieser bietet eine integrierte digitale Aufzeichnung aller Schritte, die während der Planung, der Errichtung und des Betriebs eines Gebäudes unternommen werden. Dieser „digitale Strang“ wird dazu verwendet, um zuvor getrennte Aktivitäten in Produktionsprozessen zu verknüpfen.

Seit dem Beginn der Digitalisierung in den 1970er Jahren haben sich die Informations- und Kommunikationstechnologien exponentiell weiterentwickelt – und der Begriff Digitalisierung mit ihnen. Wenn wir heute von Digitalisierung sprechen, ist damit die digitale Transformation etlicher Lebensbereiche gemeint, die bisher noch außerhalb der IT-Domäne wahrgenommen wurden.

Mit dieser Transformation wird Information nun zur Grundlage jeglicher kultureller, sozialer und wirtschaftlichen Interaktion. Auch Gebäude werden damit zu wesentlichen Informationsträgern.

Im industrieübergreifenden Vergleich des Digitalisierungsgrads wird jedoch offensichtlich, dass die Branchen im Gebäudebereich einen erheblichen Aufholbedarf haben, um die Potentiale tatsächlich nutzbar zu machen, wie das beispielsweise der Handel oder die Finanzindustrie vorzeigt.

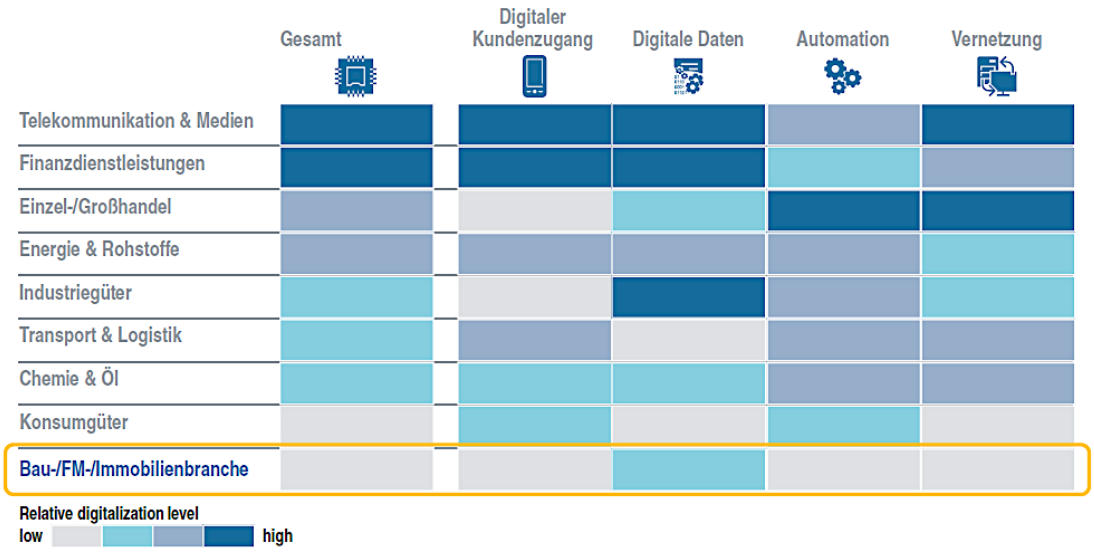

Abb. 2: Digitalisierungsgrade im Branchenvergleich (nach McKinsey Global Institute 2017)

Digitale Daten sind zwar vermehrt vorhanden, aber deren sinnvolle Vernetzung, der Zugang und die Automationsmöglichkeiten weisen noch große Defizite auf (Abb. 2). Zum Verarbeiten der vorhandenen Daten werden nach wie vor herkömmliche Prozesse angewandt (Windhagen et al. 2017).

Mit der Vernetzung und Automatisierung wird digitale Gebäudeinformationen in für viele unerwarteter Weise transformativ werden. Sie verändert die Beziehungen, die die Nutzer mit ihrer Umgebung haben, sowie die Rollen und Verantwortlichkeiten der Fachleute, die Gebäude und Infrastruktur entwerfen, errichten, betreiben, warten und verwalten. Der Fluss von digitalisierten Gebäudeinformationen mithilfe von BIM, maschinellem Lernen, kommunizierenden Netzwerken etc. führt zu einer stärkeren Integration von bisher getrennt betrachteten Systemen. Sie verändert die Interaktionen zwischen allen betroffenen Akteuren, sowohl im öffentlichen als auch im privaten Bereich. Neue Fragen ergeben sich aus dem Potenzial der längerfristigen Nutzung und Wiederverwendung von Informationen über die gebaute Umwelt. Bisher unbekannte Möglichkeiten zur Datensammlung, -verwertung und -analyse eröffnen sich, die zu einem besseren Verständnis der Vorgänge führen (Whyte und Hartmann 2017).

Das digitale Zeitalter entfaltet sich in exponentieller Geschwindigkeit und damit die Notwendigkeit der Anpassung an seine Implikationen. Organisationen sind gefordert, Fähigkeiten hinsichtlich einer datengestützten Entscheidungsfindung aufzubauen (Dearborn 2015). Zwei Schlüsseltreiber können für die Transformationseffekte identifiziert werden: zum einen die rasante Entwicklung der Hardware-Technologie, vor allem im IKT-Bereich, und zum anderen der beträchtlich anwachsende Vernetzungsgrad, in erster Linie durch das Internet (Brynjolfsson und Hitt 1998). Im gebäudebezogenen Kontext birgt die Digitalisierung das inhärente Potenzial, die prozessualen Aspekte für den Gebäudebetrieb drastisch zu verändern (Curry et al. 2012).

1.1.2 Motivation

Die Digitalisierung ist mit den vorhergehenden industriellen Revolutionen vergleichbar, was ihre historische Bedeutung betrifft, nicht aber in Hinsicht auf die damit verbundenen Auswirkungen. Während die industriellen Revolutionen des 18. (mechanische Produktion), des 19. (Elektrizität, Massenproduktion) und des 20. Jahrhunderts (Automatisierung, Elektronik) in für Menschen fassbarem und anpassbarem Tempo vonstatten ging, wird die digitale Revolution in einem kürzeren Zeitraum bedeutend weitreichendere Implikationen haben. Die Implikationen werden

über den industriellen Bereich hinausgehen und größere Veränderungen verursachen, als das zuvor der Fall war.

„Einiges deutet darauf hin, dass dies nach der Neolithischen und der Industriellen Revolution der Beginn einer Digitalen Revolution ist – der dritten großen Revolution der Menschheitsgeschichte. Der Neolithischen Revolution liegt der Anbau von Lebensmitteln zugrunde und der Industriellen Revolution die Verrichtung von Arbeit durch Maschinen. Die Digitale Revolution wird durch Computer, d.h. durch die Übertragung und Speicherung von Informationen ausgelöst, die in Kombinationen aus 0 und 1 umgeschrieben und mit hoher Geschwindigkeit an jeden Ort gesendet werden. Das mag wenig eindrucksvoll klingen, die Resultate jedoch sind weltbewegend.“ (Stengel et al. 2017).

Die Motivation hinter dieser Arbeit ist einen Beitrag zum Verständnis der Möglichkeiten zu zeigen, die mit der Nutzung neuer Technologien im Gebäudebereich einhergehen. Vernetzung, Dezentralisierung, Horizontalisierung sind nicht nur technologische, sondern auch soziale und kulturelle Phänomene unserer Zeit und deuten auf die nächste evolutionäre Phase der Menschheit hin. Viele dieser Phänomene beeinflussen und potenzieren sich dabei gegenseitig – es kommt zu Konvergenzen, die heute noch unvorstellbare Formen der Interaktion des Menschen mit seiner Umwelt hervorbringen werden. Gebäude spielen in dieser Entwicklung als Lebensraum eine wesentliche Rolle.

1.1.3 Problemdefinition

Zu den ständig wachsenden Anforderungen an die Gebäudebewirtschaftung, den damit verbundenen steigenden Kosten, den komplexer werdenden technischen Systemen und den sich ändernden Erwartungen auf der Nutzerseite kommen erhöhte Ansprüche an die Nachhaltigkeit im Gebäudebetrieb, aber auch den Komfort. Mit der ISO-Normenreihe 41000 ist das Facility Management eine international standardisierte Management-Disziplin, die für diese Themenfelder verantwortlich ist. Ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltiger Gebäudebetrieb lässt sich nur unter einen Hut bringen, wenn alle Aspekte gleichermaßen behandelt werden. Der Bedarf geht in Richtung intelligente Gebäude, die in der Lage sind, Bedürfnisse, Komfort und Produktivität sicherzustellen, zum Beispiel im Hinblick auf Energieeinsparungen

(Chwieduk 2003). Dies erfordert auch den Übergang von linearen Prozessen hin zu stärker integrierten Systemen, in denen Zusammenarbeit und Austausch zwischen den Akteuren möglich ist (Manzione et al. 2011). Die Grundlage für ein zukunftsfähiges Facility Management sind die im Gebäude bereits vorhandenen und die noch entstehenden Daten. Die für Entscheidungen und Beurteilungen erforderlichen Informationen in einem einzelnen Gebäude sind momentan entweder auf mehrere verschiedene (und verschiedenartige) Quellen verteilt oder gar nicht vorhanden. Computer Aided Facility Management (CAFM), Computerized Maintenance Management Information Systeme (CMMIS), Building Management Systeme (BMS) oder Gebäudeautomatisierungssysteme (BAS) sind hilfreiche Werkzeuge zum Daten- und Prozessmanagement, jedoch für sich nicht in der Lage, ein allumfassendes Bild des aktuellen Zustands des Gebäudes zu generieren. Entscheidungen zur Effizienzsteigerung werden daher oft aufgrund von Erfahrungen oder Erwartungen getroffen, nicht aber aufgrund von aktuellen, validen und miteinander verknüpften Daten.

Die momentan vorhandenen Werkzeuge sind hervorragend ausgerichtet und angepasst an die Anforderungen des heutigen Facility Managements. Dieses Berufsfeld befindet sich allerdings ebenfalls in einem Wandlungsprozess. Das Facility Management in naher Zukunft wird zu einem großen Teil aus Gebäude- und Anlageninformationsmanagement bestehen, da die physischen Objekte im FM-Verantwortungsbereich zu Bestandteilen cyber-physischer Systeme werden. Für das Management solcher Systeme im Gebäudekontext sind zum aktuellen Zeitpunkt wenige brauchbare Werkzeuge vorhanden. Schon heute sind zur Bedienung der eingesetzten Systeme bestimmte Fähigkeiten und Ausbildungen erforderlich. Es zeichnet sich nicht ab, dass in Zukunft weniger Kompetenzen im Umgang mit Gebäudeinformation benötigt werden, eher im Gegenteil. Dafür würden allerdings momentan nicht ausreichend Ausbildungsmöglichkeiten angeboten.

Aufgrund der Vielzahl heterogener Datenquellen, die – beginnend bei Planung und Errichtung – über einen langen Zeitraum kontinuierlich entstehen, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für den Auftritt von Informationsverlusten, Datenasymmetrien und -inkonsistenzen, unwirtschaftlichen Prozessen etc. Obwohl mittlerweile evident ist, dass mit einem gut organisierten FM-Informationsmanagement eine höhere Qualität, Effizienz und Effektivität der FM-Tätigkeiten erzielt werden kann, scheinen sich die Verantwortlichen in diesem Bereich noch nicht vollkommen bewusst zu sein, welche

Risiken mit einem schlechten Informationsmanagement einhergehen (Talamo und Bonanomi 2015a).

Chang (2016) hat in einer Studie drei Gründe festgestellt, warum Information aus BIM-Modellen aus der Planungs- und Errichtungsphase kommend in der Nutzungsphase nicht weiter verwendet wird.
1. Hohe technische Barrieren beim Betrieb von BIM-Software und beim Extrahieren nützlicher Gebäudeinformationen für das FM-Personal oder die ausgelagerten FM-Service-Provider;
2. Mangel an Wissen über Anwendungs- und Einsatzmethoden von BIM im Facility Management;
3. Unklarheit über die Vorteile von BIM-Anwendungen im Facility Management.

Aus den mit Experten und Fachleuten im Bereich Facility Management durchgeführten Befragungen und Interviews (siehe Appendix) ist ersichtlich, dass die Senkung der Betriebs- und Wartungskosten im FM höchste Priorität hat. Die dafür zu treffenden Maßnahmen erfordern eine entsprechend eingehende Auseinandersetzung mit den bestehenden und laufend generierten Datensätzen eines Gebäudes. Eines der am meisten erwähnten Probleme betrifft die Handover-Prozesse von Datenübergaben. Zusätzliche Herausforderungen ergeben sich, weil kein Informationsabgleich mit dem Auftraggeber passiert, was wiederum darauf zurückzuführen ist, dass dessen Informationsanforderungen lückenhaft oder gar nicht vorhanden sind.

Der Einsatz von BIM könnte hier ein Lösungsansatz sein, jedoch muss ein BIM-Modell dynamisch in Echtzeit aktualisiert werden, um es für den Betrieb nutzbar zu machen (Beach et al. 2017; Naghshbandi, 2017; Kelly et al. 2013 und Becerik-Gerber et al. 2011). Die Qualität der Daten hängt davon ab, wie regelmäßig das Modell nachgepflegt wird und wie genau die verantwortliche Person die Daten eingibt (McAuley 2016; Vanlande et al. 2008). Darüber hinaus ist die Aktualisierung von Instandhaltungsdaten noch ein manueller Prozess, der insbesondere bei größeren Projekten bis zu zwei Jahre dauern kann (Liu und Zettersten 2016). BIM enthält auch Daten, die für das Facility Management möglicherweise nicht relevant sind. Eine plötzliche Exposition gegenüber großen Mengen irrelevanter Daten kann Facility Manager überfordern und Verzögerungen und Fehler bei der Verwaltung und Pflege von Daten verursachen (Kang und Hong 2015). Das Laden des Modells mit

redundanten und irrelevanten Informationen kann seine Leistung und Verwendbarkeit im Laufe der Zeit verringern (IFMA 2013). Die mit der Aktualisierung von Daten verbundene Ineffizienz ist zurückzuführen auf papierbasierte Medien, Datenduplikationen und -neueinträge, sowie Unfähigkeiten von Mobilgeräten, notwendige Informationen zu aktualisieren (Lin et al. 2014; Lin und Su 2013). Probleme in Bezug auf die Aktualisierung von Informationen in BIM beginnen schon während der Entwurfs- und Errichtungsphase aufgrund mangelhafter Kommunikation zwischen verschiedenen Beteiligten.

Die Integration aktualisierter FM-Informationen mit einem BIM-Modell in den verschiedenen Phasen soll dazu beitragen, Zeit und Kosten zu sparen. Die Informationsbasis unterstützt Facility Manager bei der Entscheidungsfindung, indem wartungsrelevante, sicherheitsrelevante und behördlich relevante Daten schneller auffindbar sind (Mignard und Nicolle 2014; Wang et al. 2013). Dies erfordert, sich die Informationsanforderungen eines Gebäudes für den gesamten Lebenszyklus bewusst zu machen.

1.2 Ziele und Hypothese

1.2.1 Ziele

Vor dem Hintergrund aktueller technologischer Entwicklungen und den damit verbundenen Möglichkeiten der elektronischen und auch automatisierbaren Datenverarbeitung stellt sich die Frage, welche neuen Wege möglich sind, um ein Gebäude effizienter, nachhaltiger und kostengünstiger zu betreiben und gleichermaßen den sozialen Aspekt im Auge zu behalten. Qualitativen Befragungen von Experten bilden den Ausgangspunkt zur Annäherung an das Thema, welche Formen der Interaktion mit Gebäuden sich künftig ergeben werden.

Die Zieldefinition dieser Arbeit umfasst zwei Punkte.
Erstens sollen auf Grundlage der Hypothese, dass die digitale Transformation einen beträchtlichen Einfluss auf den Gebäudebetrieb haben wird, die Antworten der Experten auf diesbezügliche Kernaussagen untersucht werden. Diese werden in weiterer Folge zum Ausgangspunkt der Literaturrecherche gemacht.

Zweitens soll eine aufbauend auf den Ergebnissen der Befragung untersucht werden, ob die von den Experten beschriebenen Entwicklungen in absehbarer Zeit eintreten können. Mittels Aufarbeitung der vorhandenen wissenschaftlichen Beiträge soll dargelegt werden, was die technologischen und prozessualen Grundlagen dafür sind, woher sie stammen und woraus sie sich zusammensetzen. In weiterer Folge soll herausgefunden werden, inwiefern die beschriebenen technologischen Mittel im Gebäudebereich Anwendung finden können und was die Voraussetzungen dafür sind.

1.2.2 Hypothese

Die digitale Transformation erfasst genauso das Facility Management und wird die Art und Weise, wie Gebäude betrieben werden, maßgeblich verändern. Sie wird genau jene Punkte zuerst betreffen, die im Facility Management mit den größten Schwierigkeiten verbunden sind. Dies ist beispielsweise die Bewältigung der zunehmenden Komplexität von Gebäuden, die Verschmelzung von Bestandsgebäuden und deren Systemen mit neuen Einrichtungen und die Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit der alternden Infrastruktur. Dazu gehört auch die Steigerung der Effizienz und die Gewährleistung der Kontinuität (Patel 2014). Die Digitalisierung der FM-Prozesse wird wesentlich weiter führen, als Papierdokumente elektronisch abzulegen, Gebäude digital zu vermessen und Mobilgeräte statt Tabellenkalkulation zu verwenden. Die großen Potentiale zur Effizienzsteigerung im Facility Management liegen in der Bündelung und Verknüpfung von Informationen, die vorher nicht miteinander verknüpft oder gar nicht vorhanden waren. Daraus ergibt sich nicht nur ein hoher Grad der Automatisierung, sondern auch eine verständliche Echtzeit-Informationsaufbereitung und -Darstellung. Der Informationsbedarf ist abhängig vom jeweiligen Kontext und schwer zu generalisieren. Grundlegende Informationskategorien sind beispielsweise die Eigenschaften der Immobilie, der organisatorische Aufbau und Ablauf der FM-Leistungen und deren Integration, die Organisation und strategischen Ziele des Auftraggebers sowie die Erwartungen der Nutzer. Wenn man sich dieser Bedarfe aus dem bewusst ist, ist man in der Lage, die entsprechenden Anforderungen an das Informationsmanagement zu formulieren, wie beispielsweise die Modalitäten der Datenaggregierung und -verarbeitung, Prioritäten im Erfassen der Daten, Informationsnachvollziehbarkeit, Organisation der Informationsbasis, Eigenschaften

der eingesetzten Werkzeuge und Systeme, Reporting- und Kontrollprozesse und dergleichen (Talamo und Bonanomi 2015).

In Bezug auf die Vernetzung eines Gebäudes bzw. seine Fähigkeit, Informationen zu sammeln und zu teilen, ist es noch nicht lange her, dass serielle Netzwerke nur Rohdaten lieferten und ausschließlich an HKLS-, Brandmelde- und Sicherheitssysteme angeschlossen waren. Heutzutage bieten Ethernet-Netzwerke mit Internetzugang sowohl Daten als auch deren Analyse und Interpretation, und interagieren mit anderen Systemen. FM-Netzwerke und IT-Netzwerke wachsen immer mehr zusammen (Patel 2014). Mit den Fortschritten in der Konnektivität haben Gebäude eine Vielzahl von Geräten mit unterschiedlichen Fähigkeiten zum Teilen von Betriebsinformationen. Einige können eine einfache Statusanzeige haben, andere sind möglicherweise in der Lage, einen kontinuierlichen Datenstrom zu überwachen und bereitzustellen, und wieder andere können möglicherweise mit anderen Geräten interagieren. Einige können Daten an Gebäudemanagementsysteme übermitteln und manche haben sogar eine Internetverbindung. Es ist mittlerweile eine Reihe von internationalen Standards und Richtlinien verfügbar, welche die grundlegenden Themen bezüglich Informationsmanagement abdecken, wie beispielsweise Klassifizierung und Kategorisierung, Dokumentenorganisation, Profiling von Informationssystemen, Anforderungen der Interoperabilität, Vorgaben der Informationsweitergabe etc. (Talamo und Bonanomi 2015).

Im Gegensatz zur Planung und Errichtung, wo es vornehmlich um statische Eigenschaften und Charakteristika der Elemente geht, die für die Herstellung eines Gebäudes wichtig sind, ist in der Bewirtschaftung von wesentlicher Bedeutung, ein Echtzeit-Abbild der technischen und betrieblichen Vorgänge zu bekommen.

In der Fertigungsindustrie findet der Digitale Zwilling bereits Anwendung und ist im Begriff, die Fertigungsprozesse radikal effizienter zu machen. Nun kann man Maschinen nicht direkt mit Gebäuden gleichsetzen, aber was Ansätze zum Lebenszyklusmanagement und zum Datenmanagement betrifft, so gibt es durchaus Parallelen. Eine Unmenge an Sensoren in Fabriken schafft ein vernetztes System, das spezifische Informationen erfasst, überträgt und auf diese reagiert. Genau das passiert nun zunehmend auch in Gebäuden. Das System kann für ein einzelnes Gebäude, einen Campus mit mehreren Gebäuden oder geografisch verteilte

Einrichtungen konzipiert werden und Tausende von Sensorknoten umfassen. Diese Art von intelligentem System passt sich den Anforderungen von Facility Managern an, antizipiert diese und verwaltet sogar seine Umgebung proaktiv innerhalb von festgelegten Parametern (Patel 2014).

Die Notwendigkeit der Einbeziehung unterschiedlicher Fähigkeiten, die Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure, die Verwaltung einer großen Menge an Informationen und der Einsatz vieler unterschiedlicher Werkzeuge führen dazu, dass traditionelle lineare Prozesse, die in der Regel mit unzureichenden Planungstechniken und unter geringer Nutzung von Informationstechnologien verwaltet werden (Manzione et al. 2011), durch integrierte ersetzt werden (Pasini et al. 2016). Die steigende Komplexität und die mit der Organisation der Tätigkeiten in einer FM-Organisation verbundenen Kompetenzen erfordern das Vorhandensein einer Struktur, die für die Planung und Koordinierung der Tätigkeiten, die Überwachung der Ergebnisse und die Verwaltung der Informationsflüsse verantwortlich ist (Talamo und Bonanomi 2015).

Die Technologie ist nun bereits so weit entwickelt und die Prozesse so weit definiert, dass das Konzept des Digitalen Zwillings aus der Industrie 4.0 auf den Gebäudebetrieb übertragen werden kann.

1.3 Aufbau der Arbeit und Methode

1.3.1 Aufbau

Die Master Thesis gliedert sich in fünf Hauptabschnitte. Zunächst wird in einer Problemerläuterung darauf eingegangen, welche Herausforderungen aktuell mit dem Betrieb und der Bewirtschaftung von Gebäuden verbunden sind. Danach wird das Konzept des Digitalen Zwillings vorgestellt, wie es in der Begriffswelt der Industrie 4.0 Einsatz findet und in welchem Kontext es entstanden ist. In weiterer Folge wird gezeigt, wie das Konzept auf den Gebäudebereich übertragen werden und aus welchen Komponenten sich ein digitaler Gebäudezwilling konstituieren kann. Neben den Eigenschaften werden hier auch die Voraussetzungen erörtert. Im Anschluss werden die dafür notwendigen Elemente im Detail behandelt und deren Bezug zum

Facility Management hergestellt. Auf Grundlage der entwickelten Argumentationskette wird ein Plattform-Framework zur Implementierung im Gebäudebetrieb beleuchtet. Abschließend werden in einer Conclusio die Limitationen angeführt, entsprechende Gesamtschlüsse gezogen und ein Ausblick gestellt.

1.3.2 Methode

Ausgangspunkt der Arbeit stellen fünf qualitative Experteninterviews dar (nach Interviewterminen gereiht):
Univ.Prof. Arch. DI Christoph Achammer, Professor für Industriebau an der TU Wien
Ing. Mag. Alfred Waschl, Präsident von buildingSMART Österreich
Mag. Karl Friedl, Geschäftsführer der M.O.O.CON GmbH
Mag. Peter Prischl, Head of International Consulting bei der Drees & Sommer GmbH
DI Christoph Degendorfer und Erich Kotroczo, Geschäftsführer der SIDE GmbH

Die Antworten wurden thematisch geclustert und eingehend auf ihre Relevanz und ihre Überschneidungen analysiert und geordnet. Daraus wurden die Kernaussagen extrahiert, miteinander in Beziehung gebracht und die Hypothese gebildet. In weiterer Folge wurde ausgehend von der Hypothese und der grundlegenden Fragestellung eine extensive Literarturrecherche durchgeführt und die wesentlichsten wissenschaftlichen Beiträge zu den Subthemen identifiziert. Als relevante Subthemen wurden erkannt: der Digitale Zwilling in der industriellen Anwendung, das Product Lifecycle Management und die Industrie 4.0, cyber-physische Systeme und das Internet der Dinge, BIM in seiner integrierten Ausprägung (Level 3), sowie der Übergang und die Nutzung von BIM im Facility Management. Anhand der wissenschaftlichen Basis zu diesen Themen wurde der Aufbau und die logische Abfolge festgelegt. Zur argumentativen Unterstützung wurden dabei teilweise Anwendungsfälle aus der Literatur aufgenommen.

2 Beschreibung der Problemstellung

Für viele Organisationen, ob öffentlich oder privat, groß oder klein, gehören die gebäudebezogenen Ausgaben neben den Personalkosten zu den größten Aufwendungen (Finlay 1998). Die Aufgabe des Facility Managements ist es, diese Aufwendungen bei hoher Qualität der Leistungen möglichst gering zu halten und im besten Fall zu senken (ISO 41001:2017). Bis zu 80% der Lebenszykluskosten finden sich im Gebäudebetrieb und hier wiederum liegen die größten Optimierungspotentiale in den Bereichen Management und Verwaltung, Reinigung und Pflege sowie technische Betriebsführung (Boussabaine et al. 2008). Die FM-Abteilungen senken die diesbezüglichen Kosten durch einen hohen Grad an Flächennutzung, durch Outsourcing von Facility Services, durch bauliche Adaptierungen für niedrigere Energieverbräuche, durch effizientes Raummanagement und durch Einsetzen neuer technologischer Möglichkeiten in der Wartung und Instandhaltung (Atkin und Bildsten 2017).

Kommunikations- und Informationsmanagement werden zunehmend zu Schlüsselthemen im Facility Management. FM-IT wird vermehrt zu einem kritischen Faktor, ohne den die Komplexität der FM-Prozesse nicht mehr bewältigbar ist (May 2013). Eine Herausforderung des IT-Aspekts ist auch, dass mit kürzer werdenden Innovationszyklen Änderungen und Anpassungen in den IT-Landschaften einhergehen. Die Auswirkungen von System-, Bedienungs- oder Prozessänderungen können unmittelbar viele Mitarbeiter betreffen und diese über Gebühr fordern. Wenn Mitarbeiter nicht hinreichend in IT-Anpassungen einbezogen werden, muss hier mit Unmut gerechnet werden, was möglicherweise zu einer Nichtakzeptanz führt (Madritsch und May 2009). Es muss dabei auch darauf geachtet werden, dass Mitarbeiter die notwendigen Fähigkeiten mitbringen und sich auf mit neuer Technologie einhergehende Anforderungen und Rollen einstellen (Eastman et al. 2008).

Das Facility Management bekommt mit dem Facility Information Management eine herausfordernde Aufgabe hinzu. Die aktuell eingesetzten Systeme sind dabei nur beschränkt hilfreich. Der Datenfluss der verschiedenen Quellen ist unzusammenhängend und nicht synchronisiert. Es herrscht eine Fragmentierung der Systeme, was zu einer Vielzahl von vertikalen und voneinander unabhängigen Silos

führt. Da jedoch in jedem dieser Silos während des gesamten Lebenszyklus Daten produziert, verändert, ergänzt und teilweise sogar mehrfach erstellt wird, wird der Datenfluss fehleranfällig und die Integrität der Daten beeinträchtigt (Pärn, Edwards und Sing 2017).

Offene Standards für den Datenaustausch sind zwar vorhanden, jedoch ist oft nicht klar, in welcher Form und in welchem Umfang diese eingesetzt werden sollen. Oft herrschen unterschiedliche Annahmen über die Art und Weise des Einsatzes von offenen Formaten. Darüber hinaus treten hohe Kosten aufgrund unzureichender Interoperabilität auf und weil Auftraggeber die konkreten Anforderungen für den Gebäudebetrieb erst gegen Ende der Bauphase zum Ausdruck bringen (Pasini et al. 2016).

In der Bauindustrie wurden in den letzten Jahren zwar mehr und mehr Dinge vernetzt, allerdings hat sich dadurch eine Vielzahl an “digitalen Inseln” gebildet. Gesammelte Information ist also wiederum nur auf spezifische Bereiche beschränkt. Das führt dazu, dass Menschen die Daten manuell eingeben, diese automatische prozessiert werden, um dann erneut von Menschen interpretiert zu werden (Teizer et al. 2017).

Auch in der Gebäudenutzung finden immer mehr Systeme Anwendung, die unterschiedliche Parameter aufnehmen. Die größte Herausforderung besteht jedoch darin, dass die Gebäudeinformationen und Echtzeit-Daten über heterogene Systeme verteilt sind. Aufgrund der Fragmentierung (beispielsweise getrennte Systeme für das Raummanagement, die Wartung, das Anlagenmanagement usw.) können die FM-Mitarbeiter die Gebäudeinformationen nur bereichsweise wahrnehmen. Diese Barrieren führen zu redundanten Tätigkeiten und ungenauen Daten. Die Vielzahl von Silos schlagen sich in Ineffizienzen in den Managementaufgaben nieder. Dies liegt teils an der Nicht-Standardisierung der Daten und dem Fehlen von Standardverfahren zur Erfassung und Aufzeichnung der Gebäudeinformationen. Wenn die Daten erfasst werden und es keine Standardmethoden für die Erfassung und Eingabe in ein System gibt, werden die FM-Mitarbeiter ihre eigenen Methoden und Verfahren für die Durchführung dieser Aufgaben entwickeln, was zur Notwendigkeit führt, die Datenversionen kontrollieren zu müssen (Pourzolfaghar, Mcdonnell und Helfert 2017).

Lavy und Jawadekar (2014) haben festgestellt, dass die Facility-Management-Aktivitäten von der Genauigkeit und Zugänglichkeit der in der Entwurfs- und Errichtungsphase erstellten Daten abhängen. Unter Hinweis auf die GSA (2011) kann das Fehlen angemessener und ausreichender Informationen zu Kostenüberschreitungen, zu ineffizienten Bauvorgängen und zu einer vorzeitigen Lösung der Kundenanfragen führen (Lavy und Jawadekar 2014).

Untersuchungen von mit BIM errichteten Gebäuden haben gezeigt, dass ein in der Planungs- und Errichtungsphase erstelltes BIM-Modell oft nicht die für die Übergabe in den Betrieb erforderliche semantische Information beinhaltet. Obwohl die FM-Anforderungen des Auftraggebers möglicherweise bei der Erstellung der Auftraggeberinformationsanforderungen definiert wurden, kann die Relevanz dieser Information für das FM deshalb fraglich sein, da den Verantwortlichen im Entwurf die notwendige Einsicht fehlt, wie die Information im Betrieb nutzbar ist. Planer sind oft gezwungen, eigene Annahmen zu treffen, welche semantischen Daten gebraucht werden (Becerik-Gerber et al. 2012). Auf der anderen Seite sind in einem BIM-Modell Informationen vorhanden, die oft nicht vollständig oder gar nicht verwendet werden, weshalb Möglichkeiten zur Betriebsoptimierung ungenutzt bleiben.

Die FM-Praxis besteht aus einem amorphen Spektrum von Dienstleistungen, Tätigkeiten und Nutzungen mit unterschiedlichen Informationsbedarfsträgern und -anforderungen, auf deren Diversität in der Erstellung des BIM-Modells nicht notwendigerweise Rücksicht genommen wird (Azhar 2011).

In vielen Fällen entstehen Datenbanken in der Betriebsphase organisch und verbleiben in disparater Form, was die Nutzung und die Verknüpfungsmöglichkeiten erheblich eingeschränkt.

Ein weiteres und an Bedeutung noch nicht hinreichend geschätztes Thema ist der nachhaltige Gebäudebetrieb. Gebäude sind zu einem signifikanten Teil für Treibhausgasemissionen verantwortlich, was die Ansprüche an ökologische Maßnahmen steigen lässt.

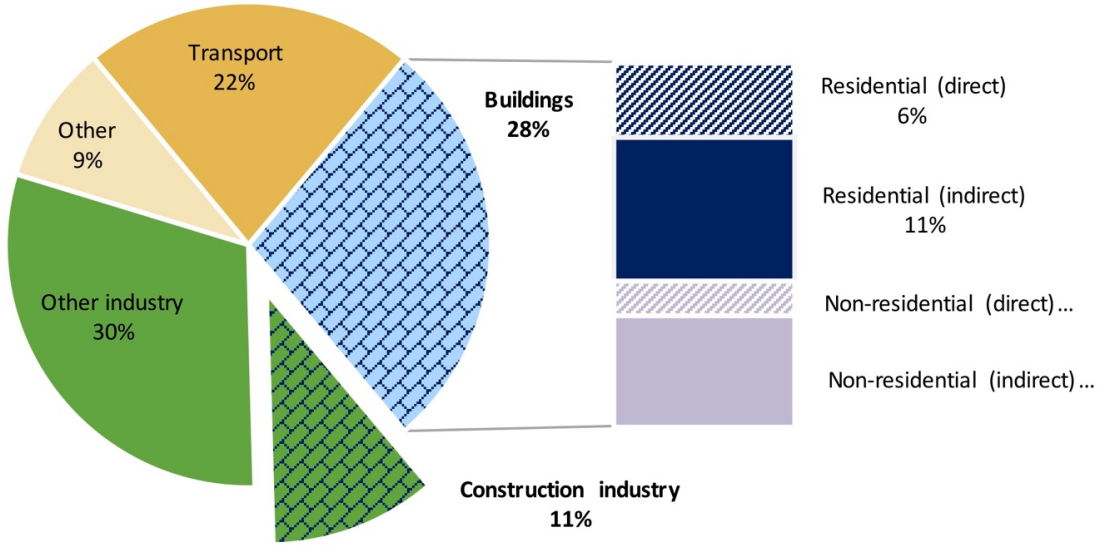

Abb. 3: Share of global energy-related CO2 emissions by sector (UN Environment and International Energy Agency 2017)

Es gibt unterschiedlichste Konzepte zur Bewältigung dieses Energieverbrauchsproblems und wie sich die Energieeffizienz erhöhen, der benötigte Energieeinsatz senken und weniger fossile Brennstoffe verwenden lassen. Gebäude-Energiemanagementsysteme (BEMS) sind Teil moderner Gebäude und sammeln Daten von verschiedenen Sensoren, sie sagen jedoch beispielsweise keine Energiekosten voraus, und es fehlt an Informationen für Gebäudenutzer. Nach Brown et. al (2012) wird aufgrund des Nutzerverhaltens 30% der Energie in Gebäuden verschwendet. Interventionsstudien zeigen, dass sich Feedbackmechanismen für die Nutzer positiv auf ihr Verhalten in Hinblick auf den Energieverbrauch auswirken können (Darby 2006). Solche Rückmeldungen vermitteln ein gewisses Maß an Bewusstsein für Prozesse, die oft unsichtbar oder im Alltag verborgen sind. Durch entsprechende Hinweise reflektieren die Gebäudenutzer ihr Verhalten und haben die Möglichkeit, die täglichen Gewohnheiten anzupassen oder in Möglichkeiten zur Verbesserung der Energieeffizienz zu investieren. Einige vorläufige Untersuchungen berichten von Energieeinsparungen von bis zu 15% bei Verwendung solcher Rückmeldungen zum Verhalten und Energieverbrauch (D. Lee, Cha, und Park 2016). Petersen et al. (2007) stellten fest, dass Echtzeitinformationen über den Energieverbrauch, die direkt den Nutzern sichtbar gemacht wurden, zu einem Rückgang der genutzten Elektrizität um 32% führten.

Die Voraussetzung dafür ist eine Datenbasis, aus denen entsprechende Information verständlich zur Verfügung gestellt werden kann.

3 Lösungsvorschlag

3.1 Befragungsergebnisse und Implementierungsansatz

Die qualitative Befragung der Experten bestand aus fünf Hauptfrageblöcken, die in unterschiedlicher Reihenfolge und Formulierung in das Interview eingeflossen sind:

F1) Was sind die Auswirkungen von BIM auf den Gebäudebetrieb?
F2) Wer ist für die Daten bzw. das Modell während des Betriebs verantwortlich? Wer übernimmt das Informationsmanagement?
F3) Was sind die relevanten Daten eines BIM-Modells im Betrieb?
F4) Was sind noch Schnittstellenfragen?
F5) Wo gibt es momentan noch Hürden?

Befragte Experten:
A.1 Christoph Achammer
A.2 Alfred Waschl
A.3 Karl Friedl
A.4 Peter Prischl
A.5 Christoph Degendorfer und Erich Kotroczo

3.1.1 Clusterung der Ergebnisse

F1) Was sind die Auswirkungen von BIM auf den Gebäudebetrieb?

A.1: In der Betriebsphase wird ein digitaler Zwilling des Gebäudes eingesetzt, der aus einem aggregiertem Datenmodell aus der Planung und Errichtung kommt und sämtliche betriebsrelevante Daten enthält. Dieses virtuelle Abbild dient der Verortung und Vernetzung der Daten und gibt somit Auskunft darüber, in welcher Beziehung Objekte zueinander stehen.

A.2: Ein wesentlicher Vorteil eines Gebäudeinformationsmodells besteht in der Transparenz der verfügbaren Daten und durchgeführten Prozesse. Das verbessert die Kommunikation zwischen allen Beteiligten. Digitalisierung bedeutet Automatisierung. Die durchgehende Datenkette über den Lebenszyklus ermöglicht, dass herkömmliche Prozesse automatisiert werden können. Künstliche Intelligenz wird auf Basis des vorhandenen Datenmaterials auf einem größeren Maßstab zur Analyse und Entscheidungsfindung beitragen.

A.3: Von Anfang bis Ende des Gebäudelebenszyklus wird ein digitaler Zwilling mit dem realen Gebäude korrespondieren. Ein Gebäude wird künftig nicht nur als physisches Objekt beauftragt und errichtet, sondern gleichzeitig als digitales Abbild. Im Betrieb wird sich eine erhebliche Einsparung der Prozesskosten ergeben, weil die nötige Information jederzeit leicht zugänglich sein wird. Vorbeugende Instandhaltung und Optimierungen von Anlagen werden aus dem digitalen Zwilling heraus passieren.

A.4: Wichtig ist die Entwicklung in Richtung Mobilgeräte. Es wird möglich sein, FM-Prozesse mit Mobilgeräten automatisiert abzuwickeln. CAFM wird selbstverständlicher und wird mit IFC umgehen können. Datentreuhänder könnten als unabhängige Instanz Gebäudedaten sicher aufbewahren.

A.5: Der Mehrwert wird in der Verortung der Daten in einem Modell liegen. Daten sind also nicht mehr lose in Tabellen strukturiert, sondern werden in einen räumlichen Zusammenhang gebracht. Es entstehen durchgängig digitale Systeme, in denen FM-Prozesse integral abgewickelt und Simulationen durchgeführt werden können. Auch die Behörde wird auf das Datenmodell zugreifen und Prüfungen werden automatisch durchgeführt werden können.

F2) Wer ist für die Daten bzw. das Modell während des Betriebs verantwortlich?

A.1: Diese Rolle gibt es noch nicht. Es wird auf jeden Fall in der Betriebsphase einen Modellverantwortlichen für die Weiterführung des digitalen Zwillings brauchen, der das Modell mit der physischen Realität abgleicht. Es handelt

sich dabei um ein neues Leistungsbild, das entweder ein künftiges Aufgabengebiet für Planer sein wird oder als Funktion im Facility Management angesiedelt ist. Es müssen neue Workflows entwickelt werden, damit der Modellverantwortliche Änderungen am physischen Objekt mitverfolgen kann.

A.2: Es wird eine Art Chief Digital Officer bzw. Data Officer geben, der sich im Facility Management um das Warten der Daten kümmert.

A.3: Es wird ein Gebäudesystem geben, mit dem das Facility Management arbeitet und das mit der realen Welt korrespondiert und über Datenpunkte den Zustand abgleicht. Es braucht ein Management von Information, aber wir werden uns nicht mehr um das Sammeln von Daten und Informationen kümmern müssen, diese werden immer und überall vorhanden sein. Es wird einen Wandel geben vom Dokumentieren zum Nützen der Dokumentation. Der Schlüssel dazu ist, dass das digitale Modell nicht als Dokumentationstool, sondern als Prozesstool gesehen wird.

A.4: Das System muss in der Lage sein, die Daten nahtlos verarbeiten zu können. Dazu muss klar sein, in welcher Façon die Daten übergeben werden müssen. Die Lösung dafür sind IFCs. BIM-Manager fungieren nur als Hilfestellung in der Übergangsphase. Datenpflege erfolgt über Datendisziplin, also sanktionierbare Maßnahmen zur Erhaltung der Datenordnung. Dafür ist hilfreich, Abläufe vorher virtuell zu simulieren. Ein intelligentes System ist für die Pflege des Datenstands verantwortlich und erstellt automatisch einen Track Record aller Vorgänge.

A.5: Für die Datenpflege zuständig sein wird die künstliche Intelligenz. Durch die Vernetzung können Abfragen und Prozesse automatisiert erfolgen. Das Haus wird sich von selbst verwalten.

F3) Was sind die relevanten Daten eines BIM-Modells im Betrieb?

A.1: Immobilieneigentümer werden für ihr individuelles Anforderungsprofil die für sie notwendigen Daten definieren. Das ist ganz unterschiedlich. Die Datenanforderung wird im BIM-Konzept des jeweiligen Gebäudes Eingang

finden. Diese Daten werden Elementen als Attribute zugeordnet und mittels bidirektionaler Datenbank auslesbar gemacht.

A.2: Es gibt drei relevante Datenblöcke: rechtlich relevante, sicherheitsrelevante und wartungsrelevante Daten. Davon ist die Detaillierungstiefe zu bestimmen. Zu einem Großteil betrifft das die technische Gebäudeausrüstung. Darüber hinaus braucht es einen Identifizierungscode der Anlagen.

A.3: Es schadet nicht, alle möglichen Daten zu sammeln. Wenn Daten richtig strukturiert sind, kann man Ausschnitte davon verwenden. Man braucht keine Angst vor großen Datenmengen zu haben. Es müssen verschiedene Filter über die Datenmenge gelegt werden, welche die jeweils relevanten Daten verfügbar machen.

A.4: Die wichtigsten Daten für den Betrieb sind, wer für die Nutzung zahlt, wofür das Geld verwendet wird, wie das Gebäude den Nutzungsbedarfen und Bedürfnissen am ehesten entsprechen kann und wie produktiv ein Gebäude ist. Das sind vorwiegend Daten, die den Gebäudenutzer betreffen.

A.5: Die Art der sinnvollen Daten hängt von der Nutzung ab. Es sind diejenigen Daten relevant, die in der Kombination einen Mehrwert bringen, beispielsweise die Verknüpfung von Heizung, Klimadaten und der Fensterfläche. Thermische Daten sind auf jeden Fall relevant, da diese direkt mit der Gebäudetechnik zusammenhängen. Außerdem interessant ist die Anzahl der Nutzer. Die Zusammenstellung der Daten richtet sich nach den konkret durchzuführenden Tätigkeiten wie etwa Wartung, Reinigung oder Umbau. Die notwendige Information wird aus den vorhandenen Daten automatisch ermittelt. Prinzipiell macht es Sinn, sämtliche verfügbaren Daten in das Modell einzupflegen, da noch nicht vorhergesehen werden kann, was möglicherweise in der Zukunft davon gebraucht wird. Bei gebäude- bzw. raumbezogenen Daten macht es keinen Sinn, diese parallel in anderen Systeme zu führen.

F4) Was sind noch Schnittstellenfragen?

A.1: Momentan funktionieren die Prozesse in Closed BIM einigermaßen, in Open BIM noch gar nicht. Das ist eine Frage der Standardisierung der Datenorganisation. Es gibt aber positive Entwicklungen hinsichtlich einer systematischen Gliederung, die in den nächsten Jahren den Austausch ermöglichen wird.

A.2: Es gibt keine normierten Datenschnittstellen zwischen Bau und Betrieb. Niemand weiß, welche Daten im Betrieb gebraucht werden.

A.3: Die technischen Voraussetzungen sind wichtig, aber der wichtigere Aspekt ist, dass sich die Branchen in ihrem Selbstverständnis weiterentwickeln und erkennen, dass eine Änderung notwendig ist.

A.4: Technisch ist das simpel. Die Techniken sind längst da, es wird nur noch nicht umgesetzt.

A.5: Das Datenformat IFC kann sehr viel, aber die Programme können das noch nicht umsetzen. Technisch ist IFC schon sehr weit, es braucht noch die Systeme dafür. CAFM-Systeme müssen IFC-fähig sein. Solange Schnittstellen noch nicht ineinandergreifen, müssen die Informationen über spezielle Exporte zusammengeholt werden.

F5) Wo gibt es momentan noch Hürden?

A.1: Die Bauindustrie ist noch keine Industrie. Eine der Hürden ist die Kultur. Planen und Bauen wird noch nicht als industrieller Prozess verstanden.

A.2: Zur Schnittstellenfrage kommt, dass die Digitalisierung ist in dem Bereich weitgehend noch nicht vorhanden ist. Der Facility Manager muss mit Datenverarbeitung umgehen können, was sich in der fachlichen Ausbildung noch nicht niederschlägt.

A.3: Die größte Hürde ist die Kultur und die Brüche in den Branchen. Grundvoraussetzung für das Funktionieren ist der Wille. Es wird auch noch nicht verstanden, wo der Nutzen liegt, sich ein digitales Abbild es Gebäudes zu bestellen. Darüber hinaus herrscht teilweise Angst vor dem Großen. Unwissenheit führt zu Angst.

A.4: Die Hürden liegen in der kulturellen Verfasstheit der Bauwirtschaft, die dreißig bis vierzig Jahre hinten nach ist. Negative Verhaltensweisen werden nicht sanktioniert, teilweise sogar belohnt. Die Prozesse sind noch nicht so weit ausgereift wie beispielsweise in der Automobilindustrie.

A.5: Momentan ist der Horizont im Facility Management noch nicht so weit, der Mehrwert wird noch nicht erkannt. Die Denkweise ist noch nicht an die neuen Möglichkeiten angepasst. Die Logik ist den Menschen schwer beizubringen, die sich an herkömmliche Abläufe gewöhnt haben. Die Prozesse, die mit BIM einhergehen, sind nicht oder nur in Ansätzen vorhanden.

3.1.2 Zusammenfassung der Kernaussagen

Fragenblock F1 zum Thema Auswirkungen von BIM auf den Gebäudebetrieb zeigt, dass eine Entwicklung in Richtung Echtzeit-Abbild des Gebäudes erwartet wird, das mit dem Betrieb fortgeschrieben und gepflegt wird. Das aus der Industrie stammende Konzept des digitalen Zwillings wird im Gebäudebereich Einzug halten. Dabei handelt es sich um BIM-Modell, das Daten aus Sensornetzwerken einbindet. Es wird von Einsparungen der Prozesskosten durch die konsistente Verfügbarkeit von Information und durch Transparenz in den Abläufen ausgegangen. Die Integration von bisher eingesetzten Systemen und mobile Endgeräte spielen dabei eine wesentliche Rolle.

Aus Fragenblock F2 zum Thema Verantwortlichkeit des Informationsmanagements ist ersichtlich, dass mit neuen Leistungsbildern gerechnet wird. Die Funktion der Pflege des Datenmodells ist noch nicht definiert, erfordert aber entsprechend qualifizierte Kenntnisse im Umgang. Es wird weiters erwartet, dass etliche Vorgänge automatisiert werden können und dass mittels intelligenten Algorithmen das Gebäude sein Management selbst übernehmen wird können.

In Fragenblock F3 zum Thema der relevanten Daten im Betrieb gibt es größere Unterschiede in der Beantwortung. Zum einen werden konkret die sicherheits-, wartungs- und rechtlichen Daten genannt, sowie vorwiegend kaufmännische Daten, die den Nutzer des Gebäudes betreffen. Zum anderen wird die Relevanz der Daten in Abhängigkeit der jeweiligen Nutzung gebracht und wofür sie eingesetzt werden sollen. Eine hervorstechende Meinung ist, dass die Relevanz mancher Daten möglicherweise erst in der Zukunft ersichtlich ist, weshalb sämtliche Daten gesammelt und im Datenmodell abgelegt werden sollten.

Die mehrheitliche Meinung in Fragenblock 4 zum Thema Schnittstellenfragen ist, dass technologisch noch nicht jene Reife erreicht wurde, die konzeptuell vorgegeben und für einen reibungslosen Einsatz notwendig ist. Eine Antwort lautet, dass technisch die Voraussetzungen vorhanden sind, aber die Umsetzung nicht erfolgt.

Hinsichtlich der bestehenden Hürden ergeben die Rückmeldungen aus Fragenblock 5, dass die kulturellen Rahmenbedingungen noch nicht gegeben sind. Die Denkweise und die fachlichen Fähigkeiten korrespondieren nicht mit der technologischen Dynamik und stellen ein Hindernis für den Transformationsprozess dar.

Weitere Ergebnisse aus den Experteninterviews sind eine hohe Übereinstimmung hinsichtlich der mit BIM verbundenen Möglichkeiten im Facility Management. Vor allem der Begriff des Digitalen Zwillings wird immer wieder angeführt und als neues Paradigma im Umgang mit Gebäuden dargestellt (A.1, A.2, A.3, A.5). Mehrmals wird die Analogie zu anderen Industrien hergestellt, am häufigsten wird die Fahrzeugfertigung als Beispiel genannt (A.2, A.3, A.4). Die Verortung und Vernetzung von Daten wird als künftige Voraussetzung beschrieben (A.1, A.2, A.5). Es wird die Notwendigkeit geäußert, dass CAFM-Lösungen über die Fähigkeit verfügen müssen, BIM-Daten sowohl zu lesen als auch zu schreiben (A.2, A.4 und A.5). Große Vorteile der Nutzung von BIM wird für Wartungstätigkeiten identifiziert (A.1, A.2, A.5). Interessant ist die Übereinstimmung, dass gebäudebezogene Prozesse generell in einem BIM-Modell abgebildet werden (A.1 – A.5). Auf die Frage, wer in Zukunft für die laufende Pflege des Digitalen Zwillings verantwortlich sein wird, gibt es unterschiedliche Auffassungen. Prinzipiell liegt die Zuständigkeit beim Facility Management, aber die entsprechende Rolle eines FM-Informationsverantwortlichen ist noch nicht definiert (A.1, A.3) oder die Pflege des Datenbestands erfolgt

automatisiert (A.4 – „System“, A.5 – „künstliche Intelligenz“). Von den Befragten zweifelt niemand daran, dass sich Building Information Modeling als Managementmethode für gebäudebezogene Daten durchsetzen wird.

Aus den extrahierten Aussagen der Experteninterviews ist ableitbar, wo mögliche Potentiale eines korrespondierenden digitalen Abbilds des Gebäudes liegen und wie diese entsprechend genutzt werden können.

Die Befragungsergebnisse zeigen eine deutliche Erwartungshaltung hinsichtlich des Konzepts eines Digitalen Zwillings, wie es in der Fertigungsindustrie entstanden ist. Es soll nun aufbauend auf diesen Resultaten näher darauf eingegangen werden, was die Charakteristika und Funktionen eines Digitalen Zwillings sind. Dazu wird erläutert, woher die Ursprünge des Begriffs und die Grundlagen des Konzepts stammen und was die wesentlichen Elemente sind, aus denen sich ein Digitaler Zwilling zusammensetzt. Grundsätzlich kann aus den Befragungen geschlossen werden, dass als technologische Grundlage für einen Digitalen Zwilling Building Information Modeling zum Einsatz kommt. BIM stellt die zugrundeliegende Datenstruktur zur Verfügung und ist konzeptionell auf Interoperabilität und offenen Datenaustausch ausgerichtet. In einem BIM-Modell sind die für einen Digitalen Zwilling geometrisch konstituierenden Bauelemente abgebildet und die dazugehörige spezifische Information angeheftet. Das stellt zwar die notwendige Grundlage dar, ergibt aber noch keinen Digitalen Zwilling im Sinn des Begriffs, wie er ursprünglich aus dem Kontext Industrie 4.0 stammt. Ein Digitaler Zwilling im Wortsinn ist eine virtuelle Echtzeitabbildung, also eine digitale Entsprechung dessen, was in der physischen Welt laufend passiert. Das ist nur möglich, wenn die konstitutiven semantischen Daten mit dynamischen Daten komplementiert werden. Praktisch passiert das durch die Einbindung von Sensordaten in die bestehende Struktur und durch die elementbasierte Verknüpfung. Zur Darstellung des Konzepts der Integration von statischen und dynamischen Daten wird das Anknüpfungspotential von IoT und BIM erläutert.

3.2 Der Digitale Zwilling

3.2.1 Konzept

Der Ursprung des Konzepts des digitalen Zwillings kann auf eine Präsentation zurückgeführt werden, die 2002 an der University of Michigan anlässlich der Gründung des Zentrums für Product Lifecycle Management (PLM) gehalten wurde. Eine der Präsentationsfolien (Abb. 4) wurde mit „Conceptual Ideal for PLM“ betitelt. Dieses Modell beinhaltete noch nicht alle Elemente eines digitalen Zwillings, es zeigte allerdings ein Konzept bestehend aus zwei Systemen: dem physischen System und dem virtuellen System, das alle Informationen des physischen Systems enthält. Es veanschaulichte außerdem den Datenfluss vom realen zum virtuellen System und den Informationsfluss vom virtuellen zum realen System. Dieses konzeptionelle Modell wurde als das Mirrored Spaces Model bezeichnet und in den ersten PLM-Kursen der Universität von Michigan verwendet. Das Konzept wurde in weiterer Folge in *Virtually Perfect: Driving Innovative and Lean Products through Product Lifecycle Management* (Grieves 2012) vorangetrieben, wobei das Konzept noch immer als Information Mirroring Model bezeichnet wurde. Hier wurde jedoch schon der Begriff „Digital Twin“ verwendet, als ein Verweis auf die Art und Weise, wie der Co-Autor das Modell beschreibt. Ab diesem Zeitpunkt wurde der Begriff Digitaler Zwilling gebräuchlich (M. Grieves und Vickers 2016).

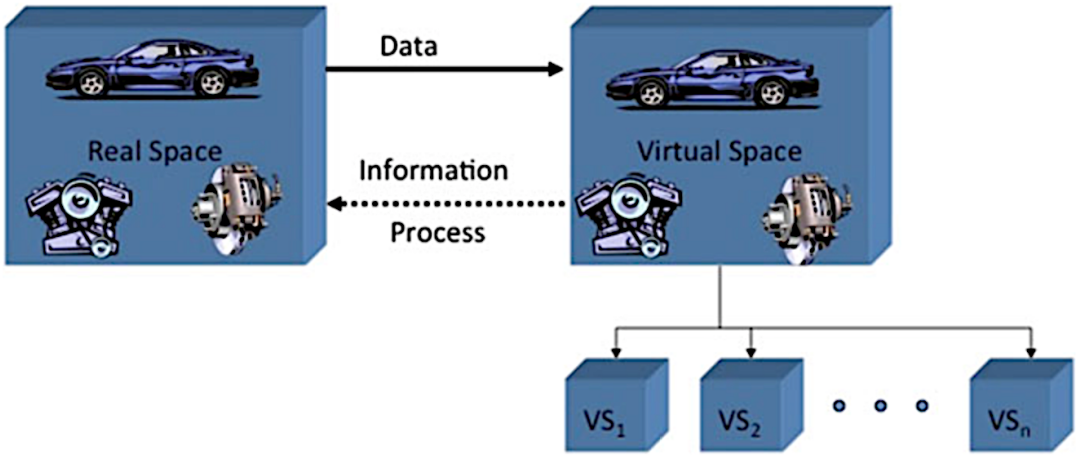

Abb. 4: Conceptual Ideal for PLM (Grieves 2002)

Ein digitaler Zwilling ist ein sich weiterentwickelndes digitales Profil des historischen und des aktuellen Verhaltens eines physischen Objekts oder Prozesses. Er basiert auf massiven, kumulativen Echtzeit-Datenmessungen in einer Vielzahl von Dimensionen. Mit der Erfassung dieser Daten kann ein virtuelles Echtzeit-Abbild des Objekts oder Vorgangs erstellt werden. Dies kann aufschlussreiche Einblicke in die Systemleistung liefern, die zu Maßnahmen in der physischen Welt führen, z. B. zu einer Änderung des Produktdesigns oder des Herstellungsprozesses.

Im Maschinen- und Anlagenbereich werden digitale Zwillinge eingesetzt, um komplexe Objekte oder Prozesse zu modellieren, die in vielfältiger Weise mit ihren Umgebungen interagieren und für die es schwierig ist, Ergebnisse über mehrere Prozess- oder Lebenszyklusphasen vorherzusagen. Digitale Zwillinge können in einer Vielzahl von Kontexten erstellt werden, um unterschiedliche Aufgaben zu erfüllen. Ein Beispiel ist die Simulation komplexer Anlagen wie Strahltriebwerke und großer Minenfahrzeuge, um Verschleiß und bestimmte Arten von Beanspruchung zu prognostizieren und im Betrieb zu überwachen und zu bewerten. Darüber hinaus kann ein digitaler Zwilling für einen Fertigungsprozess erstellt werden (Parrott und Warshaw 2017).

Der digitale Zwilling repräsentiert die virtuelle Duplizierung dessen, was in der Fabrikshalle passiert. Unzählige Sensoren, die während des gesamten Herstellungsprozesses eingesetzt werden, erfassen verschiedenste Arten von Daten, einschließlich Verhaltenseigenschaften der Maschinen, ihrer laufenden Tätigkeiten und der Umgebungsbedingungen innerhalb der Fabrik selbst. Diese Daten werden an die entsprechende IT-Anwendung des digitalen Zwillings gesendet und von dieser verarbeitet. Unter Verwendung dieser Daten können allfällige Unregelmäßigkeiten in der tatsächlichen Performance des Herstellungsprozesses erkannt und mit einem idealen und einem tolerierbaren Bereich verglichen werden. Diese Beobachtungen können zu einer möglichen Änderung eines Aspekts des Herstellungsprozesses in der physischen Welt führen (Parrott und Warshaw 2017). In einem nächsten Schritt können auch die Anpassungen automatisiert erfolgen, sodass die Maschinen selbst ihre Performance verbessern können.

Durch den Einsatz der zahlreichen Sensoren können kontinuierliche, nicht-triviale Messungen vorgenommen werden, die an eine digitale Plattform zur Echtzeit-Analyse gesendet werden, um den Prozess zu optimieren. Sensoren zur Überwachung des

gesamten Herstellungsprozesses erzeugen Signale, die es dem Zwilling ermöglichen, Betriebs- und Umweltdaten zu erfassen, die sich auf den physischen Prozess in der realen Welt beziehen. Diese Daten werden wiederum aggregiert und mit Daten wie Stücklisten, Herstellungsspezifikationen oder aus Enterprise Systemen kombiniert. Es kann sich bei diesen Daten auch um technische Zeichnungen, Verbindungen zu externen Datenfeeds und Kundenreklamationsprotokolle handeln. Durch Integrationstechnologien bilden die Sensoren die Daten der physischen Welt ab und mithilfe von algorithmischen Simulationen und Visualisierungsroutinen werden sie dann analysiert. Der Zweck des digitalen Modells besteht darin, in Echtzeit Abweichungen außerhalb der Toleranzen zu erkennen und mit optimalen Bedingungen abzugleichen. So können Möglichkeiten identifiziert werden, die Qualität zu verbessern, eine höhere Effizienz zu erreichen oder Kosten zu sparen. Diese Identifikationen können zu einer Maßnahme im physischen Prozess führen. Wenn eine Maßnahme erforderlich ist, führt der digitale Zwilling sie durch, indem er Aktuatoren verwendet, die wiederum einen physischen Prozess auslösen (Parrott und Warshaw 2017).

Der digitale Zwilling in der Fertigungsindustrie ermöglicht Unternehmen einen vollständigen digitalen Fußabdruck ihrer Produkte von Entwurf und Entwicklung bis zum Ende des Produktlebenszyklus. Dies führt zu einem umfassenden Verständnis des Produktverlaufs, um Mängel zu reduzieren und Betriebsabläufe zu verbessern. Darüber hinaus können Probleme schneller erkannt und Ergebnisse mit einem viel höheren Genauigkeitsgrad prognostiziert werden, wodurch bessere Produkte entwickelt und letztlich der Markt besser bedient werden kann.

3.2.2 Kontext

Zwei wesentliche Entwicklungen bilden die Grundlage für den industriellen Einsatz des digitalen Zwillings: die Industrie 4.0 als Konzept zur digital vernetzten Fertigung und das Product Lifecycle Management, das sich zum Optimieren einer Produktherstellung eines virtuellen Abbilds des Produkts bedient. Im Folgenden sollen diese zwei Begriffe näher erläutert und so der digitale Zwilling kontextuell erfasst werden.

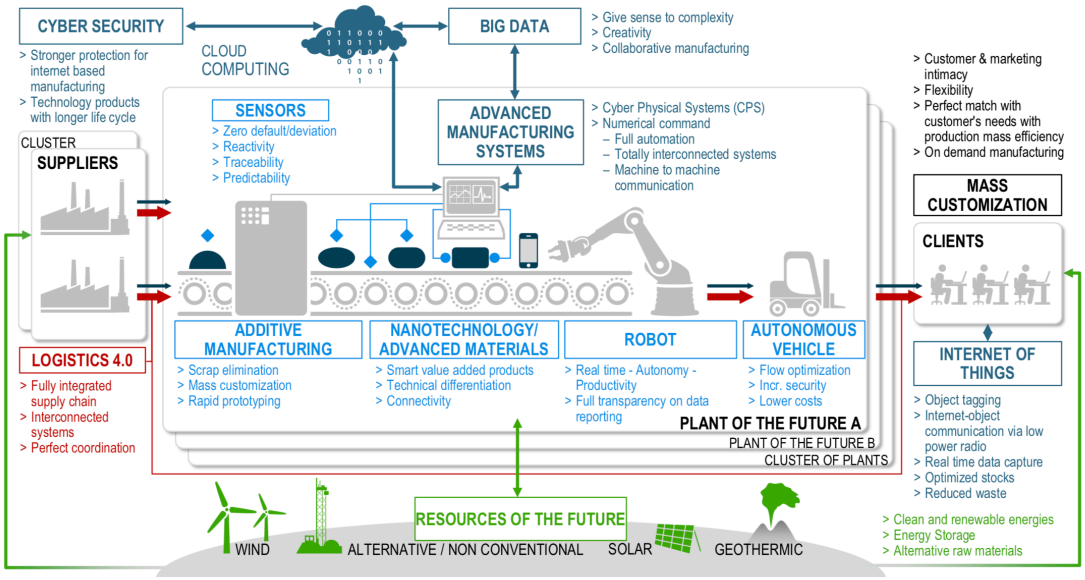

Abb. 5: Industrie 4.0 Ökosystem (Roland Berger 2015)

3.2.2.1 Industrie 4.0

Nach der ersten industriellen Revolution, der Mechanisierung als Folge der Erfindung der Dampfmaschine, der zweiten (Massenproduktion) mit Hilfe von Elektrizität und der dritten (Digitalisierung, Automatisierung) durch den Einsatz von Elektronik und IT, ist dies der Beginn des vierten industriellen Umbruchs durch den Einsatz von cyber-physischen Systemen (CPS), dem Internet der Dinge und dem Internet der Dienste (Jazdi 2014).

Der Begriff „Industrie 4.0“ steht also für die vierte industrielle Revolution, die auch als "Industrial Internet" oder "Digital Factory" bezeichnet wird.

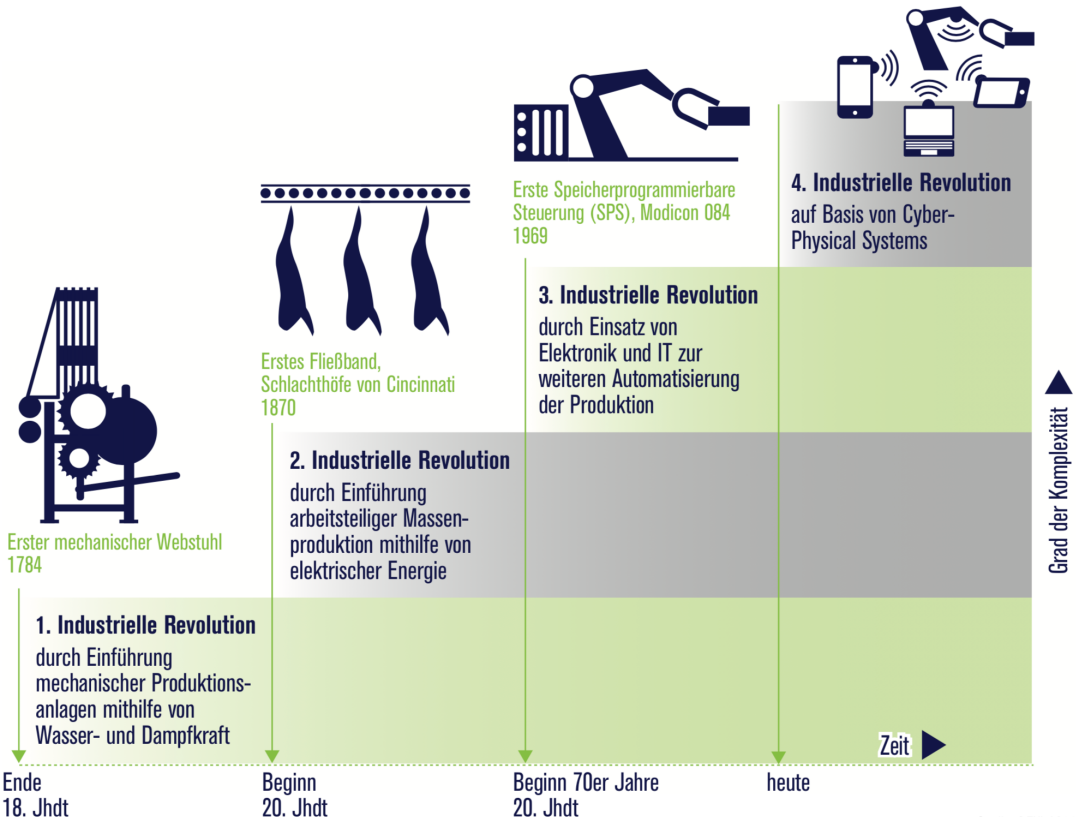

Abb. 6: Die industriellen Revolutionen (DFKI 2011)

Herkömmliche Produktionsketten sind linear und nach dem Schema Entwurf, Planung, Beschaffung, Produktion, Absatz aufgebaut. Die Transformation zur Industrie 4.0 bedeutet nun die zunehmende Verknüpfung dynamischer Systeme, die mühelos weitere Beteiligte im Ökosystem integriert. Dieses offene Netzwerk wird als Digital Supply Network (DSN) bezeichnet und greift auf Informationen aus vielen unterschiedlichen Quellen zu, um die physischen Produktions- und Vertriebsprozesse zu steuern (Mussomeli, Gish und Laaper 2016).

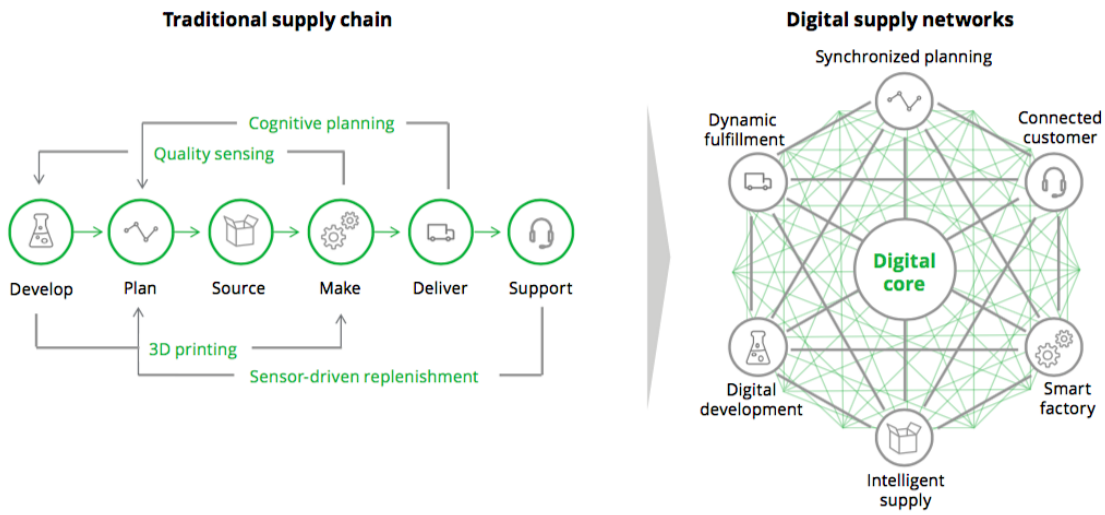

Abb. 7:Transformation zur Digital Supply Chain (Mussomeli et al. 2016)

Die Industrie 4.0 zeichnet sich durch den Einsatz neuer technologischer Entwicklungen aus, die den Echtzeitzugriff auf vorhandene und neue Datenquellen ermöglichen. Sie fördert die End-to-End-Digitalisierung und die Integration der digitalen Ökosysteme aller Beteiligten der Wertschöpfungskette. Umgesetzt wird dies durch die Digitalisierung und Integration von vertikalen und horizontalen Wertschöpfungsketten, die Digitalisierung von Produkt- und Serviceangeboten sowie digitale Geschäftsmodelle und Kundenzugänge (Mussomeli, Gish und Laaper 2016).

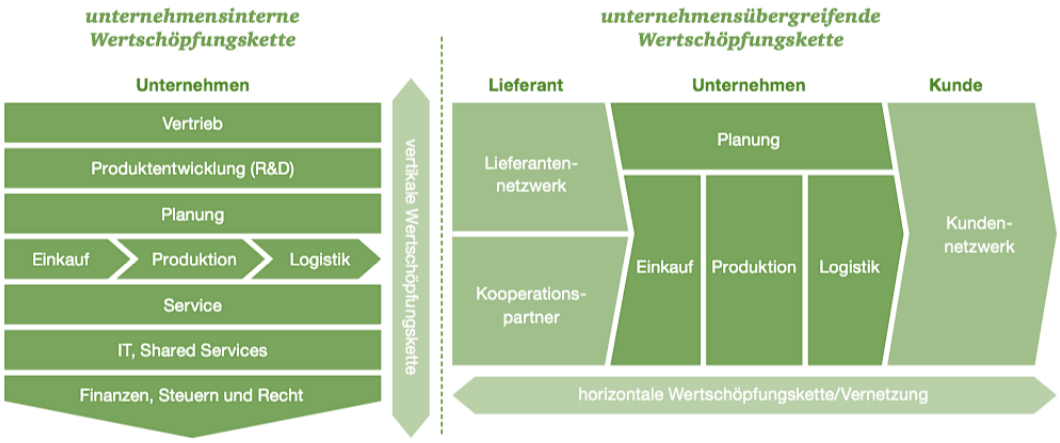

Abb. 8: Definition der unternehmensinternen und -übergreifenden Wertschöpfungsketten (Busch et al. 2015)

Industrie 4.0 digitalisiert und integriert Prozesse vertikal über die gesamte Organisation, von der Produktentwicklung über den Einkauf bis hin zu Fertigung, Logistik und Service. Alle Daten zu Betriebsprozessen, Prozesseffizienz und Qualitätsmanagement sowie Betriebsplanung sind in einem integrierten Netzwerk in Echtzeit verfügbar. Die horizontale Integration erstreckt sich über die internen Betriebsprozesse hinaus, von Lieferanten, über Kunden bis zu allen wichtigen Partnern der Wertschöpfungskette (Mussomeli et al. 2016). Die Digitalisierung von Produkten umfasst die Erweiterung bestehender Produkte um intelligente Sensoren oder Kommunikationsgeräte, die mit Datenanalysetools verwendet werden können, sowie die Erstellung neuer digitalisierter Produkte, die sich auf vollständig integrierte Lösungen konzentrieren. Durch die Anwendung neuer Methoden der Datenerhebung und -analyse können Unternehmen Daten über die Produktnutzung generieren und Produkte verfeinern, um den steigenden Anforderungen der Endkunden gerecht zu werden. Dies ist in hohem Maße mit dem Konzept des digitalen Zwillings verbunden. Mit diesem Modell können Unternehmen digitale Lösungen durch vollständige, datengesteuerte Dienste und integrierte Plattformlösungen anbieten (MacDougall 2014).

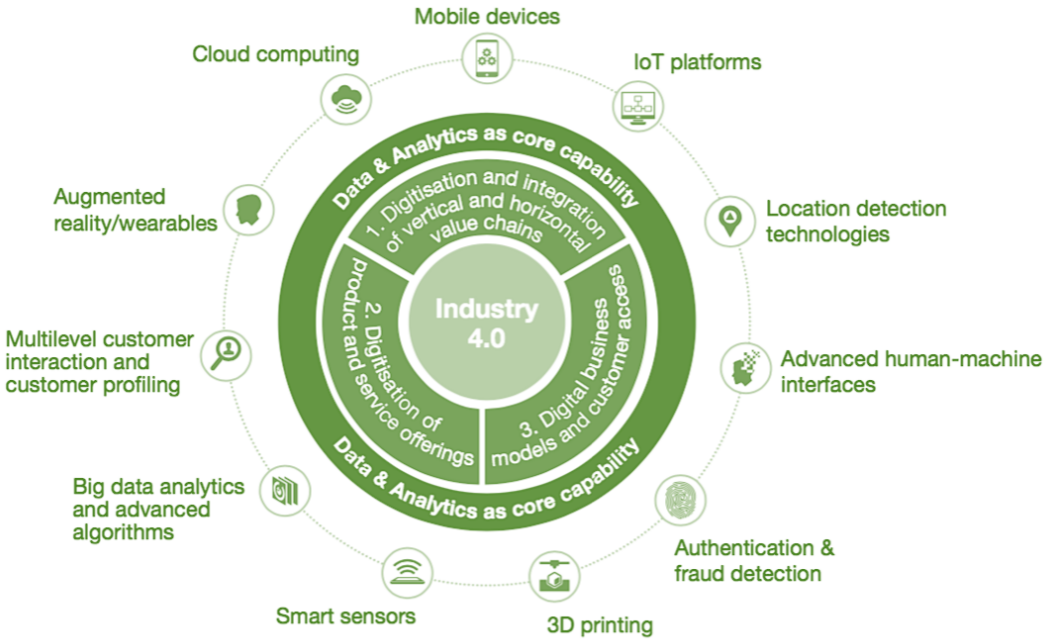

Abb. 9: Das Framework der Industrie 4.0 und die beteiligten Technologien (Griessbauer et al. 2016)

Industrie 4.0 bezieht sich auch auf die technologische Entwicklung von eingebetteten Systemen hin zu cyber-physischen Systemen. Das stellt eine Verlagerung von zentralisierter zu dezentraler Produktion durch die Nutzung neuer technologischer Möglichkeiten dar. Diese dezentralisierte Intelligenz hilft dabei, intelligente Objektvernetzung und unabhängige Prozesse durch das Zusammenspiel von realer und virtueller Welt zu schaffen. Industrielle Produktionsmaschinen "verarbeiten" nicht mehr einfach das Produkt, sondern das Produkt kommuniziert mit der Produktionsanlage, um ihr zu sagen, was genau aufgrund der Datenanalyse zu tun ist. Cyber-Physical Systems (CPS) sind Technologien, die virtuelle und physische Welten kombinieren, um eine vernetzte Welt zu schaffen, in der intelligente Objekte miteinander kommunizieren und interagieren. Diese werden viele neue Anwendungen und Prozesse ermöglichen, da die Grenzen zwischen realen und virtuellen Welten verschwinden. CPS dienen als Grundlage für ein Internet der Dinge, das wiederum ein Internet der Dienste ermöglicht (Mussomeli et al. 2016). CPS haben das Potential, durch neue Wertschöpfungsmodelle ganze Industriezweige zu transformieren.

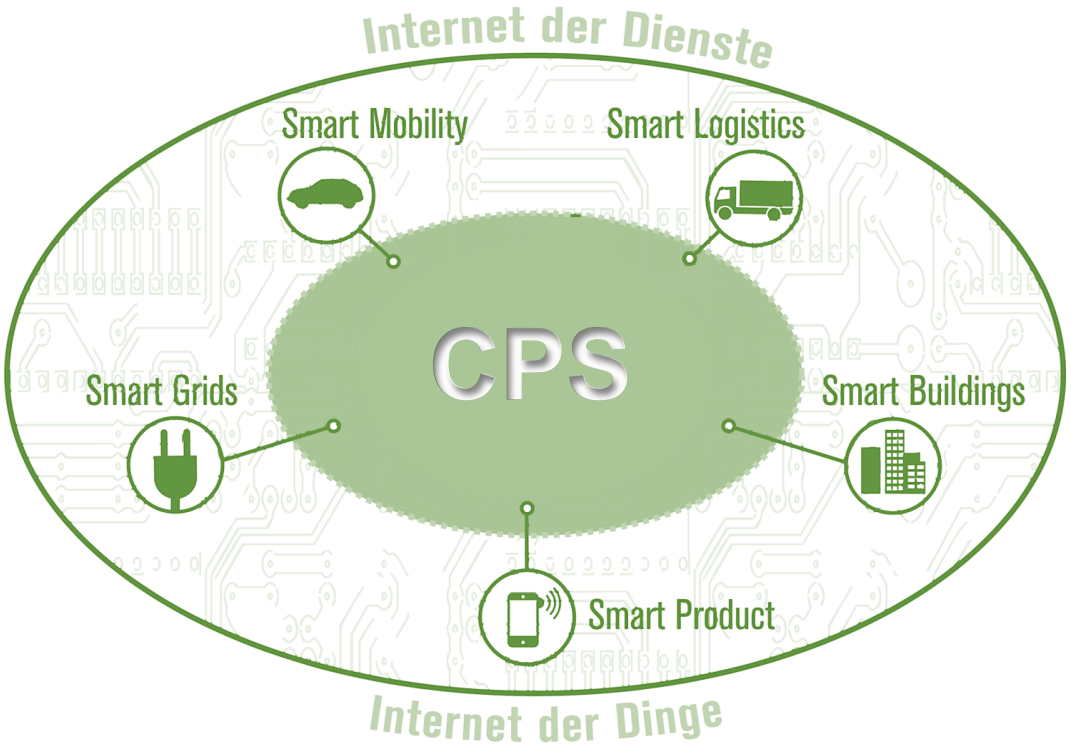

Abb. 10: Intelligente Produkte und Services machen aus dem Internet der Dinge ein Internet der Dienste (nach Kagermann et al. 2013)

3.2.2.2. Product Lifecycle Management

Der Lebenszyklus eines Produkts besteht aus fünf Phasen, in denen es sich jeweils in einem anderen Zustand befindet. Während der Konzeptionsphase ist das Produkt nur eine Idee und in der Definitionsphase werden die Ideen in eine detaillierte Beschreibung umgesetzt. Am Ende der Realisierungsphase existiert das Produkt in seiner endgültigen Form, in der es von einem Kunden verwendet werden kann. Während der Nutzungsphase ist das Produkt beim Kunden, der es für seine Zwecke einsetzt. Irgendwann kommt das Produkt in eine Phase, in der es nicht mehr brauchbar ist und es wird entsorgt. Das Produkt muss in all diesen Phasen überwacht werden, um sicherzustellen, dass alles gut funktioniert. Das bedeutet, das Produkt während seines gesamten Lebenszyklus "von der Wiege bis zur Bahre" zu begleiten (Stark 2016).

Product Lifecycle Magement (PLM) ist ein systematisches Konzept für das integrierte Management aller produktbezogenen Informationen und Prozesse im Unternehmen über den gesamten Lebenszyklus von Konzipierung und Design über Produktion, Vertrieb und Wartung bis hin zur Produkteliminierung (Saaksvuori und Immonen 2008). Es entstand in den späten 1990er Jahren nach fast zwanzig Jahren der technologischen Evolution von Computer Aided Design (CAD), Engineering Data Management (EDM), Computer Integrated Manufacturing (CIM) und Produktdatenmanagement (PDM) (Grieves 2006). PLM erweitert PDM von der Produktentwicklung über den gesamten Lebenszyklus (Fathi et al. 2007). Im Vergleich zu anderen Methoden konzentriert sich PLM auf Produkt- und Support-Innovationen (Kiritsis 2004; Staresinic 2007), während Enterprise Resource Planning (ERP) hauptsächlich darauf abzielt, die beste Nutzung von Unternehmensressourcen zu erreichen. Supply Chain Management (SCM) konzentriert sich auf die Lieferkette und Customer Relationship Management (CRM) wird für das Kundenmanagement eingesetzt.

PLM wird allgemein als "*a strategic business approach for the effective management and use of corporate intellectual capital*" (Amann 2002) definiert. PLM-Systeme werden zunehmend für das Management aller Informationen über die Produkte eines Unternehmens während der Phasen Entwicklung, Herstellung / Produktion, Vertrieb / Verkauf, Nutzung, Service / Wartung, Recycling / Produkteleminierung eingesetzt.

Das PLM-Konzept zielt darauf ab, die Produktentwicklung zu rationalisieren und Innovationen in der Fertigung zu fördern. Daher ist das PLM-Konzept ein strategischer Geschäftsansatz für die effektive Erstellung, Verwaltung und Nutzung von intellektuellem Kapital des Unternehmens, von der ersten Konzeption eines Produkts bis hin zur Einstellung (Amann 2002).

PLM verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz zur Begleitung eines Produkts und befasst sich Ressourcen wie Produkte, Daten, Anwendungen, Prozesse, Menschen, Arbeitsmethoden und Ausrüstung. Dieser ganzheitliche Ansatz unterscheidet ihn von der Umgebung vor PLM, in der sich Aktivitäten wie Produktdatenmanagement (PDM) und Geschäftsprozessmanagement (BPM) auf eine bestimmte Ressource konzentrieren (Stark 2016).

Der Einsatz eines Produktlebenszyklusmanagements ermöglicht es Unternehmen, Individuallösungen herzustellen (*customizing*), höhere Qualitäten in der Produktion zu erzielen, die Ausfallsraten zu reduzieren, effektiver zu Innovationen zu gelangen, schneller zu liefern, industrielle Abfälle zu vermeiden und insgesamt günstiger zu produzieren (Lie et al. 2009).

Mit PLM kontrolliert und begleitet die Organisation das Produkt über den gesamten Lebenszyklus in einer zusammenhängenden Art und Weise. PLM verbindet viele zuvor getrennte und unabhängige Prozesse, Disziplinen, Funktionen und Anwendungen, von denen jede, obwohl sie das gleiche Produkt anspricht, ihr eigenes Vokabular, Regeln, Kultur und Sprache hat. PLM bringt somit das zusammen, was bisher getrennt war, zum Beispiel Produktentwicklung und Produktunterstützung (Stark 2016).

Für den Begriff Product Lifecycle Management herrschen unterschiedliche Definitionen und Auffassungen, wovon zwei herausgenommen werden sollen: Ameri und Dutta (2005) definieren PLM beispielsweise als Wissensmanagement für Produktlebenszyklen innerhalb des Unternehmens, während Amann (2002) PLM als einen strategischen Geschäftsansatz definieren, der eine konsistente Reihe von Lösungen zur Unterstützung der kollaborativen Erstellung, Verwaltung, Verbreitung und Nutzung von Produktdefinitionsinformationen über das Unternehmen hinweg vom Konzept bis zum Lebensende anwendet, unter Einbindung von Personen, Prozessen, Systemen und Information.

Garetti (2004) identifiziert gemeinsame Elemente in bestehenden Definitionen, wie (a) die Geschäftsprozessstrategie, (b) den kollaborativen Ansatz und (c) die Rolle von Informations- und Kommunikationstechnologie-Systemen, und schlägt eine multidisziplinäre Definition vor: PLM ist ein neues integriertes Geschäftsmodell, das mithilfe von IKT-Technologien ein integriertes kooperatives und kollaboratives Management produktbezogener Daten entlang des gesamten Produktlebenszyklus implementiert (Garetti 2004).

PLM gewährleistet für alle Beteiligten in einer Organisation die nahtlose Integration und Bereitstellung aller Informationen, die in allen Phasen des Produktlebenszyklus entstehen. Hersteller können die Zeit für die Einführung neuer Produktmodelle verkürzen und Produktingenieure können den Zyklus der Implementierung und Genehmigung von technischen Änderungen in der Designkette drastisch verkürzen. Einkäufer können effektiver mit Lieferanten zusammenarbeiten und Führungskräfte können alle wichtigen Produktinformationen aus der für sie relevanten Perspektive betrachten, von Details der Fertigungslinie bis zu Ausfallraten (Sudarsan et al. 2005).

Lean Manufacturing ist ein Beispiel für eine Wettbewerbsstrategie, die nicht einfach eine Methode darstellt, sondern in der Unternehmenskultur verankert ist. Wenn es als langfristiger strategischer Plan und nicht als eine punktuelle Lösung betrachtet wird, erfordert Lean Manufacturing im Unternehmen langfristiges Denken, Respekt für die Menschen, die Suche nach Herausforderungen, kontinuierliche Verbesserung und die Tendenz, Ineffizienzen zu reduzieren (Ameri und Dutta 2005).

PLM ist eine kulturbildende Methode, die dem Unternehmen durch eine Institutionalisierung einen Wettbewerbsvorteil verschaffen kann. Es ist kein einzelner Prozess, sondern eine die gesamte Organisation durchdringende Funktion. Ihr sozialer und kultureller Aspekt ist daher genauso wichtig wie die technologische Seite. PLM führt zu einer Kultur, die zu einem Alleinstellungsmerkmal des Unternehmens wird und nicht replizierbar ist. Der soziale Prozess des Wissensaustauschs ist eine der Säulen der PLM-Kultur. Neues Wissen entsteht als Ergebnis eines Zusammenspiels zwischen individueller Anstrengung und sozialen Interaktionen. Die Einstellung der Mitarbeiter zum Wissensaustausch ist von zentraler Bedeutung für den Erfolg von Wissensmanagement-Praktiken wie PLM. Als Unternehmensstrategie biete PLM einen formellen Rahmen für die Aggregation, Organisation und Verbreitung der geistigen Vermögenswerte des Unternehmens (Ameri und Dutta 2005). Die PLM-

Implementierung beginnt mit der Entwicklung einer PLM-Vision und -Strategie und nicht mit der Installation einer Reihe von PLM-Tools.

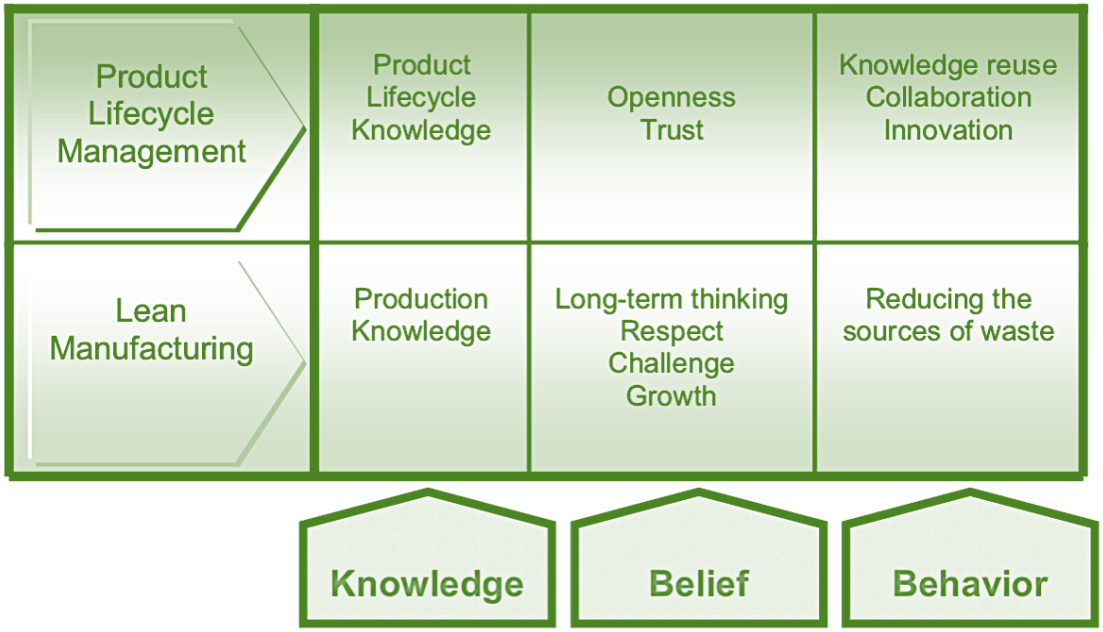

Abb. 11: Vergleich des kulturellen Aspekts von PLM und Lean Manufacturing (Ameri und Dutta 2005)

Die Objekte, die in PLM betrachtet werden, lassen sich in drei Kategorien einteilen: physisches Produkt, Informationsprodukt und Geschäftsprozesse. Für deren Management werden jedoch noch weitere Objekte wie Mitarbeiter und IT-Tools abgeleitet, da das Informationsprodukt in der Regel von IT-Tools verwaltet wird und Geschäftsprozesse im Wesentlichen untrennbar mit Personen verbunden sind (Liu et al. 2009).

Die Verwendung des Begriffs PLM impliziert, dass die Begleitung von Produkten über den gesamten Lebenszyklus hinweg klar definiert, gut dokumentiert, proaktiv und entsprechend einem bestimmten Konzept ausgeführt wird. Es sollen damit bestimmte Ziele erreicht werden, wie beispielsweise die Produkteinnahmen zu erhöhen, produktbezogene Kosten zu reduzieren, den Wert des Produktportfolios zu maximieren und den Wert aktueller und zukünftiger Produkte für Kunden und Aktionäre zu maximieren (Stark 2016).

Da PLM-Systeme aus der Produktdesign-Software hervorgegangen sind, delegiert die Unternehmensführung das PLM-Konzept üblicherweise an technische Führungskräfte, die in der Regel ihre eigenen Technologie-Rollouts durchgeführt haben. Während dieser Hands-Off-Ansatz für die Auswahl von Einzellösungen wie CAD-Tools funktioniert, ist er für eine unternehmensweite integrierte Plattform nicht unbedingt anwendbar (Sudarsan et al. 2005). Unterschiedliche Geschäftsbereiche erzeugen und behandeln die Produktdaten auf unterschiedliche Weise. So arbeiten etwa Manufacturing und Engineering mit einer anderen Version einer Stückliste – einer Auflistung von Teilen und Baugruppen, aus denen ein Produkt besteht – als der Einkauf, der auf Lieferantenlisten und Katalogen beruht.

Damit das PLM-Konzept erfolgreich ist, müssen Themen wie die Erstellung von Datenstandards und die Gestaltung von unternehmensweiten Integrationsarchitekturen angegangen werden, damit ehemals fragmentierte Informationen in einem Format, an Einzelfunktionen geliefert werden können, das diese nutzen können. Auf diese Weise sind die Mitarbeiter in verschiedenen Abteilungen in der Lage, Entscheidungen zu treffen, beispielsweise welche Produkte einzuführen sind oder welche Funktionen in der Entwurfsphase eines Produkts zu berücksichtigen sind – und nicht erst in der Phase der Beschaffung oder gar erst während der Herstellung (Sudarsan et al. 2005).

Ein kritischer Aspekt von PLM-Systemen, der auch für den Umgang mit BIM relevant ist, ist ihre Produktinformationsmodellierungsarchitektur. Hier kann der traditionelle hierarchische Ansatz ein ernsthaftes Problem darstellen: wenn PLM-Systeme weiterhin über Produktdatenmanagementsysteme auf Produktinformationen zugreifen, welche die geometrische Beschreibungen von CAD-Systemen erhalten, wird nur jene Information verfügbar sein, die von diesen Systemen unterstützt wird (Sudarsan et al. 2005). Für PLM wie für BIM gilt also, auf die Interoperabilität und die Kompatibilität zu achten, und auf limitierende Systeme zu verzichten.

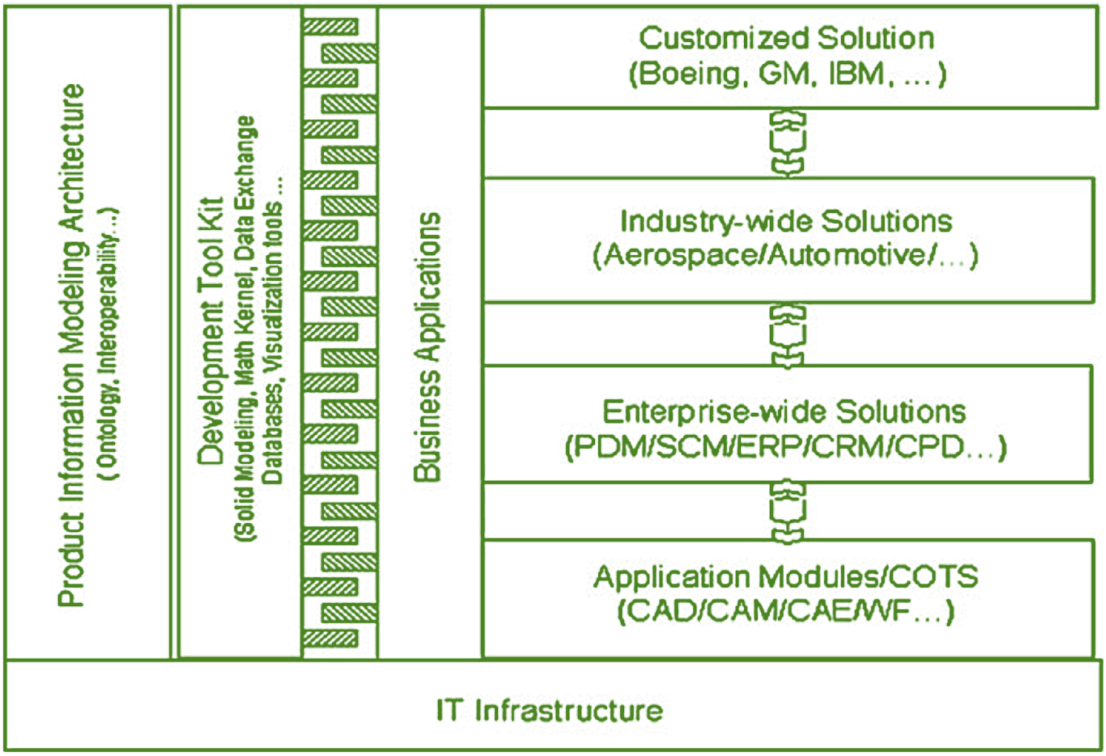

Abb. 12: Konzeptuelle PLM Systemarchitektur (Sudarsan et al. 2005)

Building Lifecycle Management (BLM)

BLM ist die Anpassung von Methoden des Product Lifecycle Management an den Entwurf, die Errichtung und das Management von Gebäuden. Building Lifecycle Management erfordert eine standardisierte Ontologie und die Integration unterschiedlicher Kompetenzen, Technologien und Prozesse. Für das Life-Cycle-Management der gebauten Umwelt ist der umfassende Einsatz von Building Information Modeling notwendig.

3.2.3 Komponenten

Aus der Industrie 4.0 ist ersichtlich, dass zwei grundlegende Elemente notwendig sind: eine umfassende Datenbasis, die auch dynamische Daten inkludiert und eine darunterliegende Struktur, die damit umgehen kann.

Auf den Digitalen Zwilling des Gebäudes umgelegt, ist BIM eine Möglichkeit, diese Struktur abzubilden. In diesem Abschnitt sollen die Eigenschaften der zwei Komponenten BIM und CPS erläutert werden.

3.2.3.1 BIM Level 3 (iBIM)

Das lückenlos informationsgestützte Arbeiten auf Basis eines BIM-Modells und die damit verbundene durchgehende Datenkette sind momentan aufgrund technologischer und kultureller Limitationen noch nicht möglich. Zum einen gibt es noch offene Fragen zum verlustfreien Datenaustausch und den vorhandenen Schnittstellenproblemen, zum anderen ist das Bewusstsein und vielerorts auch die Kenntnisse noch nicht vorhanden. Darüber hinaus ist die Praxis des gleichzeitigen, kollaborativen Bearbeitens eines Modells mithilfe unterschiedlicher technologischer Hilfsmittel noch nicht sehr weit verbreitet. Es gilt daher, sich schrittweise der Vision einer einzigen integrativen Datenquelle anzunähern. Die britische BIM Task Group hat ein Reifegradmodell entwickelt, das BIM in vier Umsetzungsstufen darstellt (Abb. 13).

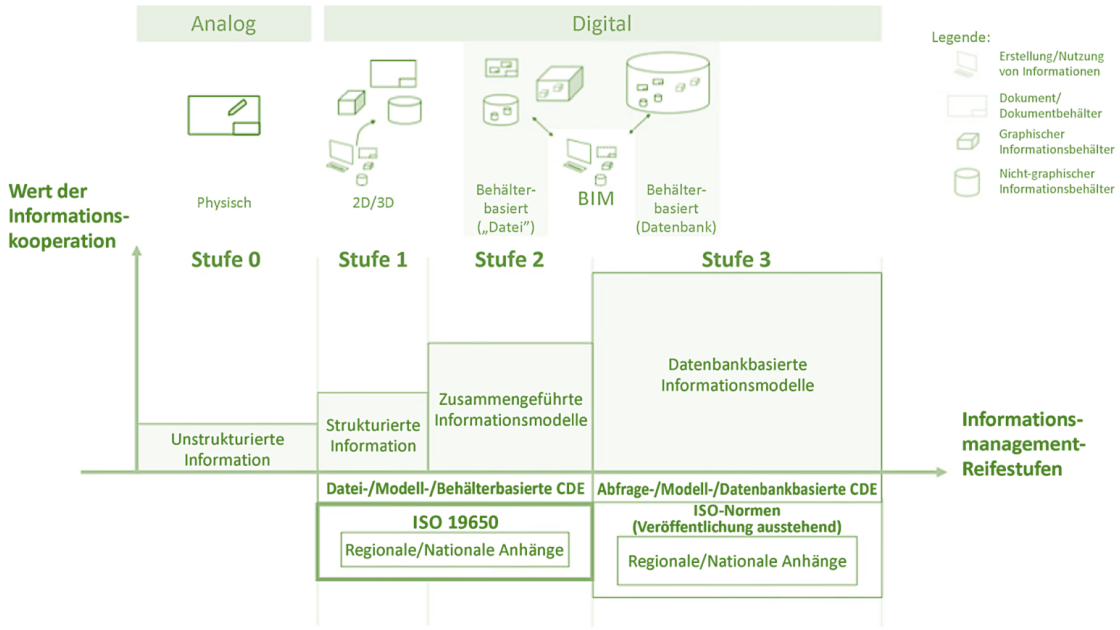

Abb. 13: Reifestufen beim analogen und digitalen Informationsmanagement (EN ISO 19650-1)

Mit Stufe 0 wird dabei das konventionelle Arbeiten mit 2D-CAD und der Austausch von gedruckten Papierplänen dargestellt. Auf Level 1 werden parallel zu den 2D-Zeichnungen für bestimmte Bereiche 3D-Modelle erstellt. Die Daten werden hier als einzelne Dateien ausgetauscht. Stufe 2 beschreibt die Erstellung digitaler

Gebäudemodelle mithilfe von BIM-Softwareprogrammen. Jeder Fachplaner verwendet hier seine eigene Software und erstellt sein eigenes Modell, das von den anderen unabhängig ist. Diese Teilmodelle werden in regelmäßigen Abständen miteinander abgeglichen. Die Dateien werden in herstellerspezifischen Formaten erstellt und noch immer einzeln versandt. Eine gemeinsame digitale Projektumgebung, das Common Data Environment, dient als Koordinationsplattform. Auch COBie kommt bei Stufe 2 zum Einsatz, um dem Betreiber per Data Drops regelmäßig die entsprechenden Informationen zu übertragen. BIM Level 2 ist seit 2016 für öffentliche Bauvorhaben in Großbritannien verbindlich vorgeschrieben (Cabinet Office 2011), die entsprechenden Normen und Richtlinien sind bereits verabschiedet (Borrmann et al. 2015).

Der für den Einsatz eines digitalen Zwillings erforderliche Reifegrad entspricht dem BIM Level 3, wofür auch das Schlagwort Big Open BIM verwendet wird. Unter Verwendung offener Standards für den Datenaustausch und die Beschreibung der Prozesse wird ein integriertes Informationsmodell über alle Lebenszyklusphasen hinweg eingesetzt. Dieses Modell ist mittels Cloud-Technologien permanent im Netz verfügbar und lässt sich je nach festgelegten Zugriffsrechten in Echtzeit auslesen, bearbeiten und für sämtliche Prozesse als Datenbasis nutzen.

Eine beachtenswerte Dynamik hinsichtlich der Etablierung von BIM Level 3 kommt aus Großbritannien. Die britische Regierung hat in ihrem 2016 Budget Report folgende Festlegung getroffen:

„Digital standards in construction: The government will develop the next digital standard for the construction sector – Building Information Modelling 3 – to save owners of built assets billions of pounds a year in unnecessary costs, and maintain the UK's global leadership in digital construction."

In ihrem Strategiedokument "*Digital Built Britain – Level 3 Building Information Modelling*" beschreibt die britische Regierung ausführlich die enormen Marktgrößen des Bau- und FM-Bereichs und die dort verorteten Einsparungspotenziale. Sie nimmt mit der Formulierung von digitalen Maßnahmen international eine Vorreiterrolle ein. Darin wird auch erkannt, dass sämtliche Anstrengungen in Richtung „*smart connected high performing built environment*" einer integralen Datenbasis bedürfen (HM Government 2015).

In Abb. 14 ist ersichtlich, mit welchen Methoden sich die Prozesse in BIM Level 3 entwickeln sollen. Die drei vorherrschenden Datensätze sind als blaue Pyramiden dargestellt und beinhalten Daten aus der Betriebs-, der Liefer- und der Performance-Management-Phase eines Portfolios, Programms oder Projekts. Je weiter hoch die Pyramidendaten schreiten, desto strategischer wird ihre Verwendung – sie beginnen mit vollständigen Details eines Objekts und gehen über die Organisationsaspekte bis zu strategischen Planungszwecken wie beispielsweise Smart City Konzepten. Digital Built Britain baut auf dem Datenaustausch-Prozess von BIM Level 2 auf, wird jedoch durch umfassendere Datendefinitionen und -prozesse angereichert, die beispielsweise unterschiedliche Model Views, die einen interoperablen Austausch von Informationen ermöglichen. Dies wird marktsektorenübergreifend ausgeweitet, um unterschiedliche Ansichten auf eine Smart City oder ein Smart Grid zu ermöglichen, also nicht nur aus einer Infrastrukturperspektive. Im Rahmen der Vision von Digital Built Britain werden die abgespeicherten Daten aus den einzelnen Phasen selektiv über die Regierungswebsite data.gov und andere sichere Gateways als Open Data zur weiteren Marktnutzung veröffentlicht. Wenn in Zukunft mehr Daten über Menschen und soziale Fragen verfügbar sein werden, sollen auch diese integriert werden. Damit soll die Grundlage für Level 4 BIM geschaffen werden, das einen klaren Fokus auf soziale Aspekte und Wohlbefinden haben wird (HM Government 2015).

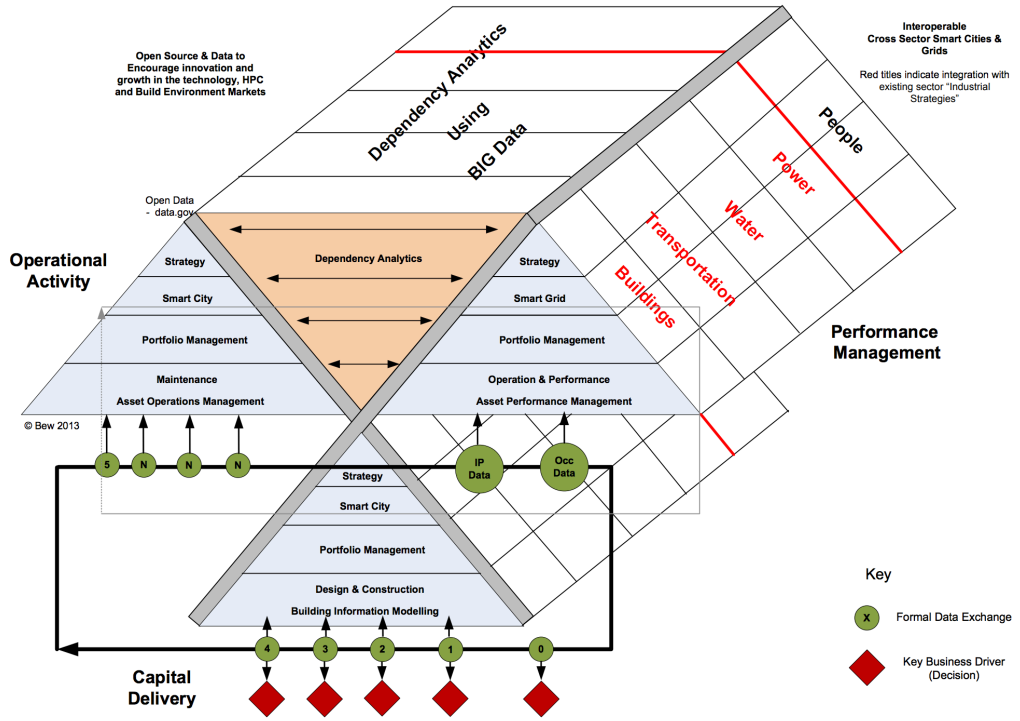

Abb. 14: Digital Built Britain Operational Model (UK HM Government 2015)

Semantic Web

Eine integrale Funktion und wesentlicher Bestandteil des Digitalen Zwillings ist die Fähigkeit zu semantischen Abfragen. Die Verknüpfung von BIM und Semantic-Web-Technologien eröffnet eine Vielzahl von Möglichkeiten für die Nutzung der in BIM gespeicherten Information (Mendes de Farias, Roxin, und Nicolle 2015b) und jüngste Forschungen auf diesem Gebiet haben zu Konzepten geführt, wie der Informationsaustausch verbessert werden kann. Unter diesen Bemühungen sind vor allem die entwickelten Ontologien ifcOWL (Pauwels und Terkaj 2016) und ifcWoD (Mendes de Farias, Roxin, und Nicolle 2015a) zu erwähnen. Diese Ontologien erlauben die Erstellung von IFC-basierten Gebäudemodellen als gerichtete, beschriebene Graphen, die mit dem Resource Description Framework (RDF)-Datenmodell dargestellt werden (buildingSMART International 2015a). Die resultierenden RDF-Darstellungen können als Teil einer verknüpften Gebäudedaten-Cloud veröffentlicht werden und mit Semantic-Web-Technologien verarbeitet werden. Dazu gehören offene Veröffentlichungsplattformen (RDF Triplestores Datenbanken), Abfrageservices (SPARQL Endpunkte) und Inferenz-Engines für die Schlussfolgerung (Pauwels und Roxin 2016).

Eine ifcOWL-Ontologie ermöglicht die Erfassung von IFC-Daten in einem RDF-Graphen. Da die Gebäudedaten nun in einem semantischen Graphen mit einer expliziten formalen Basis zur Verfügung stehen, kann sie neu strukturiert und vereinfacht werden, so dass sie den unterschiedlichen Anforderungen, die mit praktischen Anwendungsszenarien verbunden sind, leichter gerecht wird.

Die genannten Ontologien lehnen sich an das ursprüngliche IFC-Schema an, das in der Informationsmodellierungssprache EXPRESS verfügbar ist. Dies ist eines der Schlüsselkriterien von Pauwels und Terkaj (2016) und von Mendes et al. (2014) und wird deshalb beibehalten, um die EXPRESS-, XSD- und OWL-Schemata so identisch wie möglich zu halten, wobei das IFC-EXPRESS-Schema das Hauptschema bildet. Dies hat zwei wesentliche Konsequenzen:

1. Viele der EXPRESS-spezifischen semantischen Konstrukte (wie SELECT- oder LIST-Datentypen) werden beibehalten und führen zu komplexen und nicht-intuitiven Konstrukten in OWL und RDF.
2. Die Instanzgraphen (ABox) sind mindestens so groß und komplex wie die ursprünglichen IFC-Modelle.

Die aktuell eingesetzte ifcOWL-Ontologie vereinfacht also die Handhabung von IFC-Modellen nicht wirklich, weshalb es bereits darauf aufbauende Vorschläge gibt, die agiler einsetzbar sind, wie beispielsweise das SimpleBIM-Modell von Powels und Roxin (2016).

3.2.3.2 Cyber-physische Systeme

Cyber-Physical Systems (CPS) sind Systeme, die aus kollaborierenden Recheneinheiten bestehen und in intensiver Verbindung mit der sie umgebenden phyischen Umwelt und deren laufenden Prozessen stehen. Sie bieten und nutzen Datenzugriffs- und Datenverarbeitungsdienste über das Internet (Monostori et al. 2016).

Die Ursprünge der CPS liegen in eingebetteten Systemen (Park et al. 2012) Dabei handelt es sich um Rechnersysteme, die in einen technischen Kontext, wie etwa ein mechanisches oder ein elektrisches System, eingebunden sind, um Überwachungs-, Steuerungs- oder Regelfunktionen zu übernehmen. Eingebettete Systeme (embedded systems) zeichnen sich durch eine Integration und Koordination von Berechnung und physischen Prozessen aus. Dieser Konzeption folgend sind in CPS verschiedene eingebettete Systeme vernetzt, um physische Elemente in der realen Welt zu erfassen, zu überwachen und zu steuern (Monostori et al. 2016).

Ein CPS besteht aus einer Steuereinheit, üblicherweise einem oder mehreren Mikrocontrollern, die die Sensoren und Aktuatoren steuern, die für die Interaktion mit der realen Umgebung notwendig sind. Diese eingebetteten Systeme benötigen außerdem eine Kommunikationsschnittstelle, um Daten mit anderen eingebetteten Systemen oder einer Cloud auszutauschen. Der Datenaustausch ist das wichtigste Merkmal eines CPS, da die Daten beispielsweise zentral verknüpft und ausgewertet werden können. Man kann unter CPS also ein eingebettetes System verstehen, das Daten über ein Netzwerk senden und empfangen kann. Ein mit dem Internet verbundenes CPS wird als „Internet der Dinge“ bezeichnet (Jazdi 2014).

CPS können allgemein als physische, technische Systeme betrachtet werden, deren Operationen von einem Rechen- und Kommunikationskern überwacht, gesteuert, koordiniert und integriert werden (Rajkumar et al. 2010). Von entscheidender

Bedeutung ist dabei die Interaktion zwischen den physischen und den Cyber-Elementen. Wichtig ist nicht diese zwei Komponenten an sich zu verstehen, sondern ihre Verschränkung und Interaktion untereinander (Lee und Seshia 2015). Der Begriff CPS kann bis zum Jahr 2006 zurückverfolgt werden, als in den USA der erste Workshop der National Science Foundation über Cyber-Physical Systems stattfand (Monostori et al. 2016).

Ein CPS ist ein softwareintensives System, in dem computergestützte Elemente mit physischen Einheiten interagieren und so individuelle, organisatorische oder mechanische Prozesse durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie steuern (Tsigkanos, Kehrer und Ghezzi, 2016).
Mit intelligenten Sensoren wie RFID-Technologien ist das Sammeln von Daten eine einfache Aufgabe, sie müssen jedoch so verarbeitet werden, dass Kontext und Bedeutung nutzbar und verständlich sind (Lee, Bagheri und Kao 2015).

Cyber-physische Produktionssysteme (CPPS), die sich auf die neuesten und absehbaren weiteren Entwicklungen der Informations- und Kommunikationstechnologien und der Fertigungswissenschaften und -technologien stützen, leisten einen zentralen Beitrag zum Erreichen der vierten industriellen Revolution (Kagermann et al. 2013). Das Deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung sieht die Industrie ingesamt an der Schwelle zur Industrie 4.0, da vom Internet angetrieben die reale und die virtuelle Welt immer näher zusammenwachsen, was die Basis für das Internet der Dinge bildet (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2017).

Die derzeitigen Fertigungssysteme erfordern eine tiefere Analyse verschiedener Daten von Maschinen und Prozessen. Die Maschinenzustandsdaten können weiter verwendet werden, indem Controller- und Inspektionsdaten abgeglichen werden, um zwischen einem Prozess- und einem Maschinenmangel zu unterscheiden (Lee et al. 2013). Die industrielle Produktion der Zukunft wird geprägt sein durch die starke Individualisierung von Produkten unter den Bedingungen einer hochflexiblen (Großserien-) Produktion, durch weitgehende Integration von Kunden und Geschäftspartnern in Geschäfts- und Wertschöpfungsprozesse sowie durch Verknüpfung von Produktion und hochwertigen Dienstleistungen, die zu sogenannten Hybridprodukten führen (Monostori et al. 2016).

CPS in der Fertigungsumgebung umfassen intelligente Maschinen, Speichersysteme und Produktionseinrichtungen, die autonom Informationen austauschen, Aktionen auslösen und sich gegenseitig steuern können, was grundlegende Verbesserungen der industriellen Prozesse in der gesamten Wertschöpfungskette der Fertigung, einschließlich Engineering, Materialverbrauch, Ausgangslogistik und Lebenszyklusmanagement ermöglicht. Die Einheiten einer solchen Smart Factory sind eindeutig identifizierbar, können jederzeit lokalisiert sein, unabhängig und drahtlos miteinander kommunizieren und kennen ihre eigene Historie, den aktuellen Status, Konfigurationsmöglichkeiten und Produktionsbedingungen (Mikusz 2014). Mit CPS wird die Idee der Losgröße 1 Realität, also die profitable Fertigung von individuellen Einzelstücken. Last-Minute-Änderungen in der Produktion und flexible Reaktionen auf Störungen und Ausfälle im Auftrag von Lieferanten sind ebenfalls möglich.

Industrielle Fertigung ist ein 5M-System, bestehend aus Materialien (Eigenschaften und Funktionen), Maschinen (Präzision und Fähigkeiten), Methoden (Effizienz und Produktivität), Messungen (Wahrnehmung und Verbesserung) und Modellierung (Vorhersage, Optimierung und Prävention). Ein Fertigungsinformationssystem kann mit 5C-Funktionen erweitert werden: Connection/Verbindung (Sensoren und Netzwerke), Cloud (Daten nach Bedarf und zu jeder Zeit), Content/Inhalt (Korrelation und Bedeutung), Community (Sharing und Social) und Customization (Personalisierung und Wert) (Lee et al. 2013).

3.3 Building Information Modeling im Facility Management

Während in den meisten Ländern BIM vor allem noch mit dem Planen und Bauen in Verbindung gebracht wird und die Kostenersparnisse durch Prozessoptimierung in der Errichtung gesehen werden, haben andere Länder schon die Potentiale von BIM als Lebenszyklus-Konzept erkannt und schenken BIM in der Betriebsphase eine entsprechend große Aufmerksamkeit. Die britische Regierung definiert BIM in „Digital Built Britain“ folgendermaßen:

“*Building Information Modelling (BIM) is a collaborative way of working, underpinned by the digital technologies which unlock more efficient methods of designing, delivering and maintaining physical built assets. BIM embeds key product and asset data in a 3D computer model that can be used for effective management of information throughout an assets lifecycle – from earliest concept through to operation. BIM has been described as a game-changing Information and Communications Technology (ICT) and cultural process*” (HM Government 2015).

3.3.1 Nutzen im Betrieb

Obwohl immer mehr Beteiligte in der Planungs- und Errichtungsphase die Vorteile von Building Information Modeling erkennen, herrscht in der Phase des Betriebs großteils noch Unwissenheit und Skepsis. Dabei ist anzunehmen, dass die Gebäudenutzer und das Facility Management am meisten von der Digitalisierung des Gebäudes mithilfe von BIM profitieren werden. Es ist absehbar, dass mit dem Einsatz eines Gebäudeinformationsmodells über den Lebenszyklus die Kosten reduziert und der Objektwert gesteigert werden kann (Ashworth, Tucker und Kassem 2016).

Einer der Hauptgründe für den zögerlichen Einsatz von BIM in der Betriebsphase ist die große Komplexität, die sich aus der Implementierung von BIM ergibt. Allgemeiner Mangel an Wissen und Expertise in Bezug auf BIM und Schwierigkeiten bei der Integration verschiedener Datenströme und -formate spielen dabei eine große Rolle (Cavka, Staub-French und Poirier 2017).

Die Übergabe und Integration der Daten von der Planungs- und Errichtungsphase in die Betriebsphase steht noch am Anfang, funktioniert noch nicht fehlerfrei und ist eine

Quelle für Inkonsistenzen. Die Datenintegrität ist noch nicht durchgängig gewährleistet. Die postulierten Vorteile von BIM im Gebäudebetrieb können somit noch nicht realisiert werden.

Ein Schwerpunkt der Auseinandersetzung mit BIM im FM liegt daher auf der Implementierung von Strategien für eine bessere Datenintegration und -übergabe zwischen den verschiedenen Phasen. Da das Facility Management für den Großteil des Lebenszyklus eines Gebäudes verantwortlich ist, spielt es eine entscheidende Rolle bei der Verbesserung des Phasenübergangs und der besseren Darstellung späterer Anforderungen schon während der Entwurfs- und Bauphase. Deshalb sollte das FM in der Planung und Errichtung als Vertreter des Bauherrn bzw. Nutzers auftreten. Nach erfolgreicher Umsetzung ist die wichtigste Aufgabe, dass die zuvor im Einvernehmen festgelegten Bedarfe und Anforderungen erfüllt werden (Ashworth, et al. 2016). BIM kann als Werkzeug zur Kontrolle und Validierung der Informationsanforderungen aller Beteiligten verwendet werden. Als solches ist es ein effizientes Framework für die Integration von Datenbanken und deren Verwaltung. Diese Datenbanken enthalten die Information, die notwendig ist, um ein Gebäude während seines gesamten Lebenszyklus zu betreiben und zu verwalten (Cavka et al. 2017).

Die Lebenszyklusphase mit dem größten Kostenaufwand ist die Betriebsphase (Boussabaine et al. 2008). Die meisten Verantwortlichen konzentrieren sich jedoch immer noch auf die Minimierung der Kosten für die Errichtung und vernachlässigen das enorme Einsparungspotenzial, das mit entsprechenden Überlegungen für Betriebsphase einhergeht. Der Nutzen für die Gebäudeeigentümer sind dabei beispielsweise eine frühere und zuverlässigere Kostenschätzung, die zu geringeren finanziellen Risiken führt, und eine Verkürzung des Zeitplans von gebäudebezogenen Projekten durch effizientere Koordinierung. Aufgrund der besseren Entscheidungsgrundlage kann auch die Energieperformance der Immobilie gesteigert werden. Ein weiterer wichtiger Faktor ist, dass mittels BIM ein Gebäudeinformationsmodell für den Betrieb definiert werden kann, das zu einer wesentlichen Effizienzsteigerung in Wartung und Instandhaltung beiträgt (Patacas et al. 2015).

Eine Untersuchung von Eadie et al. von 2013 zeigt, dass im FM in Großbritannien der BIM-Einsatz bei ca. zehn Prozent lag, die Umfrage jedoch eine hudertprozentige

Erwartung zeigte, dass BIM große Auswirkungen auf die Branche haben wird. Die Ergebnisse weisen auf eine Lücke zwischen Erwartung und Realität hin und entsprechen weitgehend anderen Studien (z.B. Ashworth 2016). Außerdem wurde erhoben, dass 94% der Facility Manager glauben, dass BIM für ihre Branche von Vorteil sein wird und 88% überzeugt sind, dass Unternehmen, die BIM einführen, einen Wettbewerbsvorteil haben werden (Ashworth, Tucker, und Kassem 2016). Ein bedeutender Grund für den lückenhaften Einsatz von BIM im FM ist die unzureichende Einbindung des Facility Managements in den gesamten Prozess. Eine umfassende Beteiligung in der Planungs- und Errichtungsphase zur Vertretung der Interessen des Bauherrn, der Nutzer und der Anforderungen des FM ist momentan noch nicht gewährleistet. Die Einbindung von FM in diesen Prozess könnte sicherstellen, dass das BIM-Modell einerseits so konzipiert und aufgebaut wird, dass es den Best Practices von Nutzeranforderungen und dem technischen und infrastrukturellen Betrieb entspricht, und andererseits natürlich auch auf genau diese Art und Weise übergeben wird. Das ist eine logische Folge der frühen Beteiligung von FM (Ashworth, Tucker, und Kassem 2016). Umgekehrt, wenn das Facility Management nicht von Anfang an eingebunden ist, kann sich eine Reihe von Herausforderungen für einen reibungslosen Übergang ergeben. Facility Manager haben momentan noch begrenztes Wissen über BIM-Workflows, -Standards und -Richtlinien, und im laufenden Betrieb nur eingeschränkt Zeit, sich damit auseinanderzusetzen. Eine Nichteinbindung kann also dazu führen, dass das BIM-Modell nicht FM-konform ist, die Datenübergabe und -integration in CAFM-Systeme nicht funktioniert oder dass die vorhandenen Daten überhaupt nutzlos sind für die Betriebsphase (Ashworth et al. 2016).

Die Lösung des Problems und eine Möglichkeit, das große Potenzial einer angemessen geplanten Betriebsphase des Gebäudes zu nutzen, besteht daher in der frühzeitigen Integration von FM durch die Entwicklung neuer Strukturen und Modelle für die begleitende FM-Beratung. Dies kann erreicht werden, indem Facility Manager noch besser darin ausgebildet werden, wie man die FM-Informationsanforderungen in den BIM-Prozess einbindet, und durch einen entsprechenden Rahmen in Form von Strategiedokumenten und Vorlagen wie die Auftraggeberinformationsanforderungen (AIA, engl. EIR) und die Liegenschaftsinformationsanforderungen (LIA, engl. AIR).

3.3.2 BIM to FIM

Die ordnungsgemäße Übergabe aller notwendigen Daten in ein Facility Information Management führt idealerweise zu einem vollständigen Überblick des Gebäudezustands und damit zu einer besseren Entscheidungsgrundlage für den Betrieb. Daher ist es wichtig, die erforderlichen Daten und eine Form der Datenverwaltung zu definieren, auf die die Übergabeparteien, die Baubeteiligten, der Auftraggeber und der Facility Management übereinkommen können. Eine Form der Datenübertragung und -verwaltung kann über die offenen Standards IFC und COBie erfolgen (Patacas, Dawood und Kassem 2016).

Wie bereits beschrieben ist es wichtig, den gesamten Lebenszyklus von Gebäudeinformation sowie reibungslose Übergabeprozesse von der Planungs- bis zur Betriebsphase zu berücksichtigen. Üblicherweise herrscht keine strukturierte Verbindung zwischen Errichtung und Betrieb, die Unterteilung dieser Lebenszyklusphasen gleicht einer Zäsur (Ashworth 2016). Die größten Nutzenpotentiale einer Bereitstellung von ausreichend erforderlichen Informationen in die Betriebsphase liegen in einer höheren Energieeffizienz, minimierten Ausfallzeiten, längeren Nutzungsdauer der technischen Gebäudeausrüstung und auch einem geringeren Arbeitsaufwand (Cavka, Staub-French und Poirier 2017).

Teicholz (2013) betont die Notwendigkeit des Datenaustausches und der Interoperabilität zwischen BIM- und FM-Systemen und zeigt vier mögliche Methoden auf:

- Entwickeln einer Tabelle mit den Anlagen und Einrichtungen, welche die damit verbundenen Daten erfasst, die für FM benötigt werden;
- Einsetzen von Arbeitsblättern im COBie-Standard (Construction Operation Building Information Exchange), um in einem BIM-Modell enthaltene Gebäudeinformationen zu erfassen und in eine FM-Software zu exportieren;
- Verwenden von proprietären Links zwischen BIM-Software und FM-Software, um bidirektionale Verbindungen zwischen ihnen herzustellen;
- Integration von FM-Software und BIM-Software mithilfe einer BIM-API (Application Programming Interface).

Unter Verwendung der offenen Standards ist es möglich, die definierten und auf die Nutzung abgestimmten Daten in das Asset Information Model (AIM) – bzw. auf Deutsch Liegenschaftsinformationsmodell (LIA) – zu übertragen. Dieses enthält idealerweise den vollständigen Satz aller betriebsrelevanten Daten (Patacas et al. 2016), die in den Asset Information Requirements festgelegt wurden.

Das Asset Information Model besteht aus grafischen, semantischen und Dokumentationsdaten und beinhaltet alles, was zum Betrieb des Gebäudes erforderlich ist. Das Modell dient als Datenspeicher, der in Echtzeit bearbeitet, abgerufen und aktualisiert werden kann. Es kann somit als zentraler Bestandteil eines Gebäudemanagementsystems eingesetzt werden. Ein AIM kann nur ein Objekt enthalten oder als modulares Werkzeug für ein Portfolio von Objekten verwendet werden und kann somit Informationen für mehrere Assets einer Organisation bereitstellen (Patacas et al. 2016).

Die Daten des Asset Information Model stammen aus dem Project Information Model (PIM), welches die grundlegenden geometrischen Daten, die semantischen Daten sowie die Dokumentationen enthält. Diese können auch Berichte, Spezifikationen, System- und Komponentendaten, geometrische Daten und Informationen umfassen (EN ISO 19650-1:2017). Im Laufe des Projekts wird dieses Informationsmodell um weitere Daten angereichert und laufend aktualisiert. Entsprechend den Informationsanforderungen aus der Betriebsphase wird das Project Information Model in ein Asset Information Model transformiert und in den Betrieb übergeführt.

3.3.2.1 Information Requirements

Zur Einbeziehung der für den Betrieb relevanten Informationen in den BIM-Prozess werden verschiedene Dokumente zur Kommunikation von Informationsanforderung und -bereitstellung verwendet.

Die Asset Information Requirements (AIR) spezifizieren Datenanforderungen für das Asset Information Model und werden basierend auf den Organisationsinformationsanforderungen (OIA/OIR) generiert (EN ISO 19650-1). Im deutschen Sprachraum werden auch die Begriffe Liegenschafts-informationsanforderungen (LIA für AIR) und Liegenschaftsinformationsmodell (LIM

für AIM) verwendet. Die Definition von AIRs stellt oft eine Herausforderung für den Auftraggeber dar, da es eine beträchtliche Anzahl von Informationen gibt und die AIRs die Informationsanforderungen für alle am Betrieb des Gebäudes bis zum Ende seines Lebenszyklus Beteiligten spezifizieren sollen. Gut beschriebene AIRs sind jedoch essentiell für die Steuerung informationszentrierter Prozesse, die während des Lebenszyklus eines Gebäudes in verschiedenen Formen auftreten. In den AIRs werden ebenso die Anforderungen der Baunormen, Standards und gesetzlichen Regelwerke beschrieben, wie jene der Wartungs- und Instandhaltungsprozesse (Patacas, Dawood und Kassem 2015).
Die Formulierung der Asset Information Requirements sollte in Aufgaben, Aufträge und Anweisungen für das Facility Management eingebunden werden können. Jedem auslösenden Ereignis sollte eine bestimmte Informationsanforderung gegenüberstehen. Die sich aus der Facility-Management-Strategie ergebenden Asset-Informationsanforderungen sollten eine einzige zusammenhängende und koordinierte Menge von Informationsanforderungen bilden, die zur Erfüllung aller organisatorischen Informationsanforderungen genügt.

Die organisatorischen Informationsanforderungen legen die Informationen zum Erreichen hochrangiger strategischer Ziele des Eigentümers/Betreibers fest, wie beispielsweise für das strategische Asset Management, die Portfolio-Planung, Regulierungspflichten oder die Erstellung von Leitlinien.

Auftraggeberinformationsanforderungen (AIA) bestehen aus unterschiedlichen Beauftragungen und Anweisungen, die im Rahmen eines Projekts entstehen und sollten im Zuge von Lieferbeauftragungen von Waren oder Dienstleistungen erstellt werden. Die AIA sollten eine einzige zusammenhängende und koordinierte Menge von Informationsanforderungen bilden und so formuliert werden, dass sie in projektbezogene Beauftragungen oder Anweisungen eingebunden werden können.

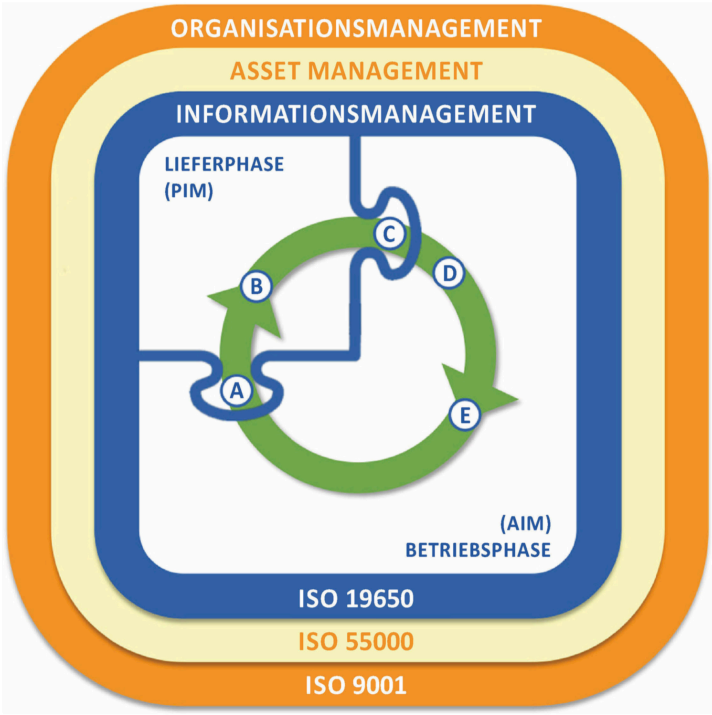

Abb. 15: Der generische Projekt- und Asset-Informationsmanagement-Lebenszyklus (ISO19650:2017)

Legende (aus ISO 19650-1:2017):
AIM Asset-Informationsmodell
PIM Projektinformationsmodell
A Übergabe der relevanten Informationen vom AIM zum PIM
B Übergang von der Konstrukteursabsicht zu einem Informationsmodell zur Beschreibung des physischen Asset
C Rückgabe der relevanten Informationen vom PIM zum AIM
D Verifizierung der Konstrukteursabsicht durch Beurteilung der Asset-Leistung
E Fortlaufende Asset-Management-Tätigkeiten und deren Reflexion im AIM

Die EN ISO 19659 und die britische Richtlinie PAS1192-3 können eine Orientierung geben, wie Angaben von Facility Managern einbezogen werden, die dazu beitragen können, die Information für das Objekt zu definieren und die beabsichtigte Verwendung der Übergabedaten darzustellen. Auf diese Weise können die Übergabedaten vom Auftraggeber für die individuellen Anforderungen des Facility Managements effizienter genutzt werden (DIN EN ISO 19650-1:2017 – Organisation von Daten zu Bauwerken – Informationsmanagement mit BIM – Teil 1: Konzepte und Grundsätze 2017).

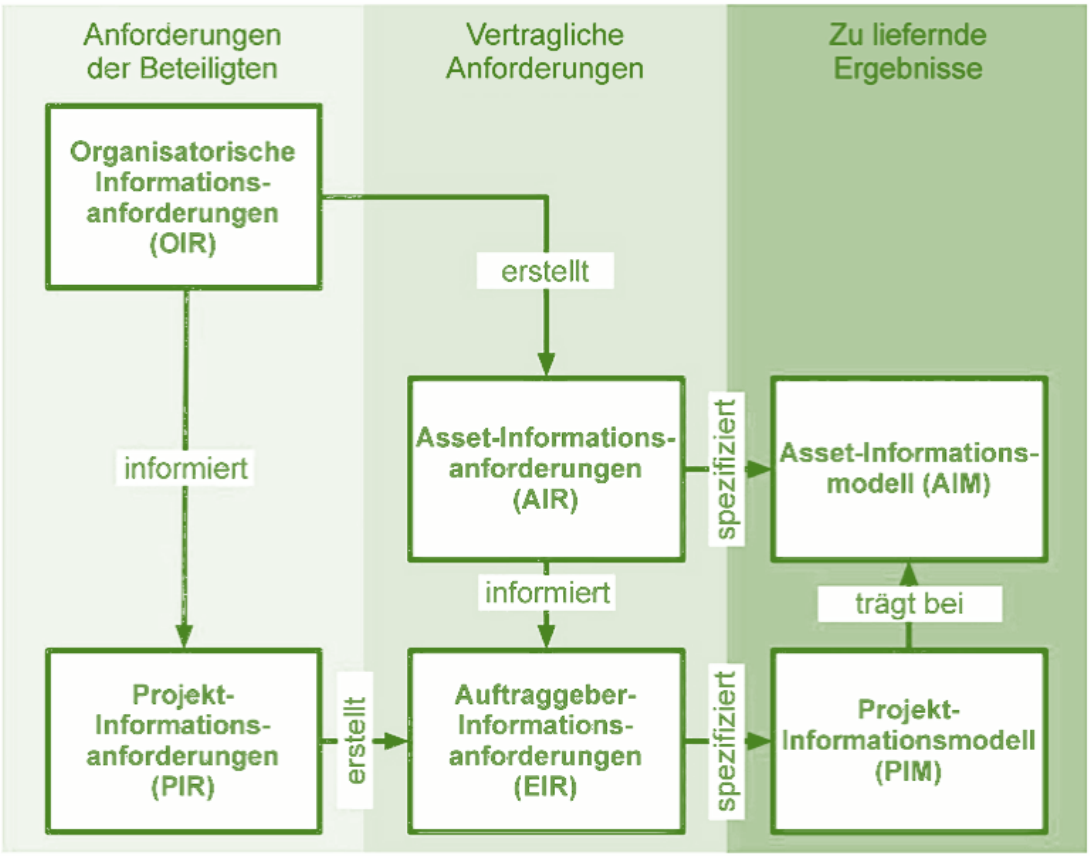

Abb. 16: Hierarchie der Informationsanforderungen (ISO 19650-1:2017)

Zur zweckmäßigen Erstellung der AIR werden sie sinnvollerweise in fünf Schlüsselbereiche unterteilt: rechtlich, kommerziell, finanziell, technisch und das Management betreffend. Diese Bereiche sollen dazu beitragen, die Bedürfnisse des Auftraggebers im Detail widerzuspiegeln, indem eine Orientierung und Kategorisierung angegeben wird, die für das Facility Management relevant sind. Durch das Befüllen der Schlüsselbereiche und ihrer Unterbereiche kann der Auftraggeber Daten angeben, die einen wesentlichen Teil der Erstellung des AIM bilden und sicherstellen, dass die Interessen des Auftraggebers in der Nutzung des Gebäudes abgebildet sind (Patacas, Dawood und Kassem 2016).

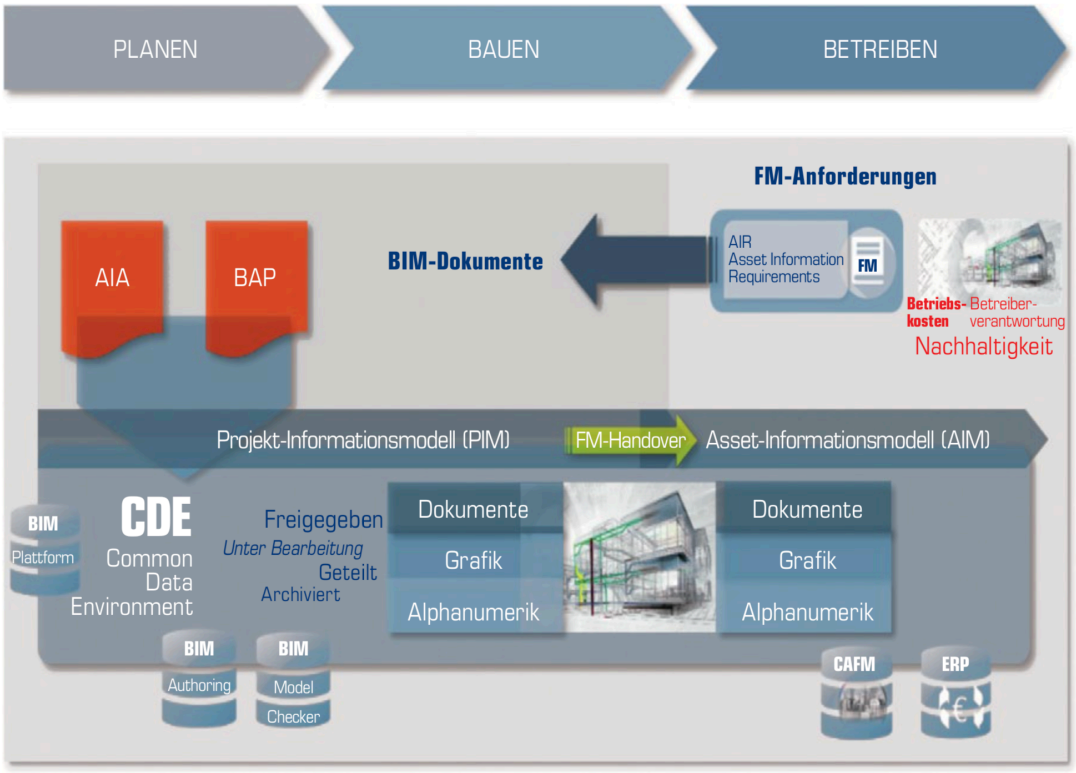

Abb. 17: FM-Anforderungen im BIM-Prozess (GEFMA 2017)

Zur Erstellung der AIRs setzt der Auftraggeber im Idealfall das Facility Management ein, da es die Facility-Management-Strategie kennt und am besten in der Lage ist, die Kultur, die Unternehmensstrategie, die Vision und Ziele der Organisation zu verstehen. In Absprache mit dem Auftraggeber fließt dieser Beitrag des FM in die Erstellung der Auftraggeberinformationsanforderungen (AIA) und der BIM-Strategie ein. Die AIA dienen als Grundlage für das BIM-Team bei der Erstellung des Modells.

Mit der zunehmenden Entwicklung des Modells werden drei Arten von Inhalten aufgebaut: ein geometrisches Modell, semantische Datensätze zu den Elementen und Referenzdokumente. Vor der Übergabe in die Betriebsphase wird ein definierter Filter verwendet, um die Informationen für den Betrieb und das AIM auf die entscheidenden zu beschränken, indem beispielsweise COBie verwendet wird. Die resultierenden Daten können auf verschiedene Arten verwendet werden, wie zum Beispiel in CAFM oder ERP.

Um die kollaborativen Prozesse zur Definition der Asset Information Requirements (AIRs) effizienter durchführen zu können, macht die Anwendung einer service-

orientierten Architektur (SOA) der eingesetzten Software Sinn (Patacas, Dawood und Kassem 2015). Auf diese Weise ist es möglich, dass alle Beteiligten über den Lebenszyklus des Gebäudes die einzelnen Services auf einer gemeinsamen Grundlage nutzen können. Es werden Redundanzen und damit Inkonsistenzen vermieden. Sämtliche Aufgaben, die über den Gebäudelebenszyklus auftreten können mittels generischen Services, die auf die entsprechenden Rollen Rücksicht nehmen, wesentlich durchgeführt werden.

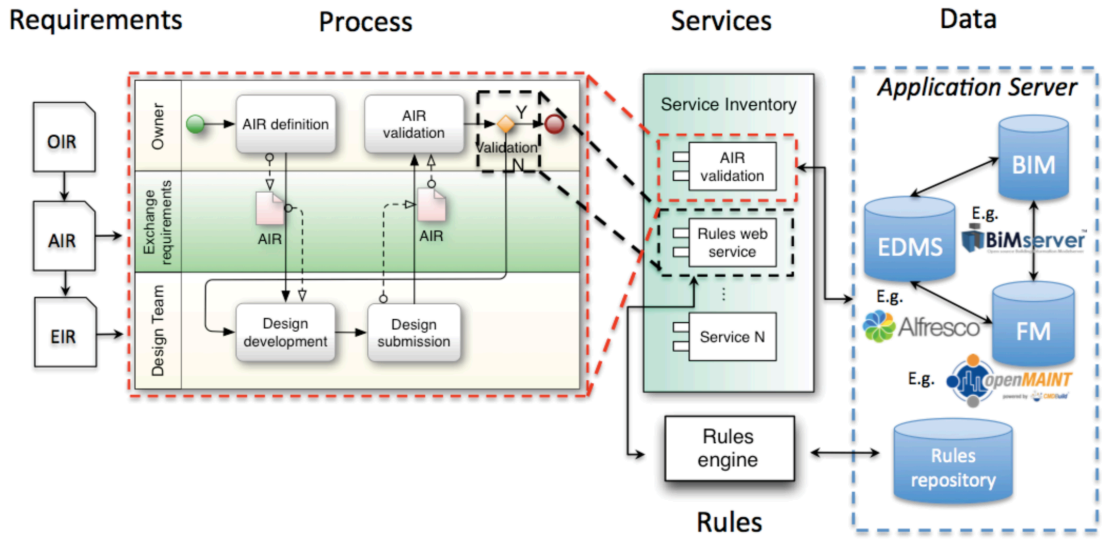

Abb. 18: Beziehungen zwischen Anforderungen der Auftraggeber, Prozessdefinitionen, Services, Regeln und Datenlayer (Patacas et al. 2015)

Die Informationen aus den Asset Information Requirements münden schließlich im Asset Information Model (AIM). Dabei handelt es sich um ein Modell, das die Daten und Informationen zusammenstellt, die zum Betrieb des Gebäudes erforderlich sind. Ein AIM kann grafische und nicht-grafische Daten und Informationen sowie Dokumente und Metadaten bereitstellen. Es kann sich auf ein einzelnes Objekt oder auf ein Asset-Portfolio beziehen. Ein AIM kann aus vorhandenen Gebäude-Informationssystemen, aus neuen Informationen oder aus Informationen aus einem Projektinformationsmodell (PIM) erstellt werden, das für die Errichtung eines neuen Gebäudes erstellt wurde.

Ein Asset-Informationsmodell kann 3D-Modelle, Information über die Eigentümerschaft, Rechte und Einschränkungen oder gegebenenfalls

Verknüpfungen zu solcher Information enthalten. Weiters können durchgeführte Arbeiten, Objekt- und Anlagenzustände, Umfragen und Informationen zur betrieblichen Leistung im AIM abrufbar gemacht werden. Für Bestandsgebäude ist das Erheben dieser Informationen eine herausfordernde Aufgabe und womöglich nicht vollständig möglich.

Das Asset-Informationsmodell wird in einem Common Data Environment (CDE) verwaltet und soll darin als „*single source of information*“, also die einzige notwendige Informationsquelle dienen. Informationen innerhalb des CDE können eine große Vielfalt von Statuslevels aufweisen, im Allgemeinen gibt es jedoch vier Hauptbereiche von Informationen: „In Bearbeitung“, „Geteilt“, „Freigegeben“ und „Archiviert“ (EN ISO 19650-1 2017).

Um die Integrität des AIM zu erhalten, sollte ein Information Management Process IMP) eingerichtet werden. Das AIM wird von einem Facility Information Manager verwaltet, der dafür zuständig ist, Informationen in den gemeinsamen Bereich des CDE zu übernehmen und für den freigegebenen Bereich zu autorisieren. Änderungen am AIM können durch Ereignisse ausgelöst werden wie beispielsweise Reparaturen, Wartungsarbeiten, Sanierungen, Austausch, Leistungsbewertungen, Änderungen von Vorschriften, Verantwortlichen oder Eigentümern, Außerbetriebnahme etc. (PAS 1192-3).

Ebenso wichtig wie die Information selbst ist ein gut strukturierter Steuerungsprozess. Auch hier geben die britischen Richtlinien eine Orientierung, damit das Informationsmodell am Ende wirklich seinen Zweck erfüllen kann. Im sogenannten Common Data Environment (CDE), einer virtuellen gemeinsamen Datenumgebung für das jeweilige Projekt oder Gebäude, werden alle Elemente des Informationsmodells gesammelt, verwaltet und verteilt. Das CDE ist die Plattform für die kollaborative Informationserstellung, deren Inhalte die zentrale und belastbare Informationsquelle („single source of truth“) über den gesamten Lebenszyklus eines Objekts bilden (GEFMA 2017).

Die Spezifikationen für das Informationsmanagement im Gebäudebetrieb bieten einen Rahmen für die Erstellung und Verwaltung eines digitalen Informationsmodells zur Unterstützung des betrieblichen Informationsmanagementprozesses (IMP) einer Organisation. Ein Informationsmanagementprozess ist erforderlich, um die Integrität

der Gebäudeinformationen zu erhalten, sodass der Gebäudelebenszyklus ordnungsgemäß organisiert und verwaltet werden kann. Die britische PAS 1192-3 definiert hierfür den Informationsmanagementprozess als den Prozess zur Verwaltung von Informationen in Bezug auf die Betriebsphase eines Gebäudes unter Einbeziehung der Anforderungen, Prozesse und Steuerungen, die für die Bedürfnisse der Organisation und/oder für die Bedürfnisse ihrer Interessengruppen anwendbar sind, einschließlich Übergabe von Planung und Errichtung, täglicher Betrieb, geplante und reaktive Instandhaltung, kleine und große Arbeiten, Stilllegung sowie Außerbetriebnahme und Abbruch (PAS 1192-3).

Der Asset-Informationsmanagementprozess legt die informationsbezogenenen Steuerungsprozesse fest, definiert die Asset-Informationsanforderungen (AIR), welche die Organisationsinformationsanforderungen (OIR) erfüllen, und gibt das Informationsmanagement für das Asset-Informationsmodell vor. Darüber hinaus definiert er Schnittstellen für den Austausch von Informationen zwischen dem Asset-Informationsmodell und anderen Informationssystemen, die von der Organisation verwendet werden, z. B. Enterprise-Systeme, und legt entsprechende Mechanismen zur Pflege des Asset-Informationsmodells fest. Die PAS 1192-3 betrachten Asset-Informationen erst dann als Teil des Asset-Informationsmodells, wenn sie gemäß dem Informationsmanagementprozess angenommen, genehmigt und in den veröffentlichten Bereich des Common Data Environment (CDE) übertragen wurden.

Ein Informationsmodell ist nur so gut wie die Genauigkeit und Aktualität der darin gespeicherten Informationen. Das Konzept der Common Data Environment (CDE) wurde in BS 1192:2007 eingeführt. Der darin erläuterte Steuerungsprozess ist entscheidend für die Bereitstellung des Werts eines Informationsmodells. Informationen werden als "in Bearbeitung" behandelt, bis sie die Genehmigung erhalten, als "freigegebene" Informationen gekennzeichnet zu werden und für ausgewählte Teammitglieder zugänglich zu sein. Wenn die Informationen verifiziert und validiert wurden, um zu bestätigen, dass sie den Anforderungen der AIA bzw. AIR entsprechen, können sie als "veröffentlichte" Daten innerhalb der Datenumgebung identifiziert und zum Schreiben von Berichten und zum Austausch mit externen Daten verwendet werden. Wenn es als zweckmäßig erachtet wird, kann die Information als "Archiv"-Material gekennzeichnet werden, und die Daten und deren Verlauf werden zur Dokumentation, sowie für regulatorische und rechtliche Anforderungen beibehalten.

3.3.2.2 Information Lifecycle Management

Das Informationsmanagement im FM stößt momentan noch auf einige Herausforderungen. Der Datenfluss aus verschiedenen Quellen in die im Betrieb eingesetzten Systeme ist derzeit nicht synchronisiert. Diese Daten werden während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes verändert und sogar mehrfach erstellt, wodurch das System fehleranfällig wird. Es gibt üblicherweise nur eingeschränkt einheitliche Strukturen, was zu einem Bedarf an standardisierten offenen Systemen und Datenbibliotheken führt. Vor allem für bestehende Gebäude, die vor der BIM-Ära gebaut wurden, braucht es hier eine Lösung. In diesen Fällen wird in absehbarer Zeit auf neue Systeme umgestellt werden müssen (Patacas et al. 2015).

Das Facility Management stützt sich auf viele verschiedene Daten, die mit unzusammenhängenden Informationssystemen wie beispielsweise Computer Aided Facility Managemend (CAFM), Computerized Maintenance Management Systems (CMMS), Electronic Document Management Systems (EDMS), Gebäudeautomatisierungssystemen (BAS) etc. verwaltet werden. Alle diese Systeme arbeiten üblicherweise als Silos getrennt voneinander, obwohl sie teilweise mit gleichen Dokumenten oder Prozessen zu tun haben.

Eine zu diskutierende Frage ist, welche Datensätze für den Gebäudebetrieb relevant sind und sein werden. Daten sind noch keine Information, sondern können je nach Anforderung in einen Kontext gebracht und somit in nützliche Information verwandelt werden. Zu viele Daten können zu Verwirrung, Überfrachtung und falschen Folgerungen führen. So ist beispielsweise ein zweidimensionaler Grundriss in vielen Situationen eine geeignetere und leichter verständliche Datengrundlage als eine dreidimensionale Darstellung. Zu wenige vorhandene Daten wiederum können das Gesamtbild verzerren und eine unvollständige Sicht der Dinge darstellen. Es macht deshalb grundsätzlich Sinn, tendenziell eine größtmögliche Anzahl von Daten anzustreben, allerdings unter der Voraussetzung der entsprechenden Verarbeitung, Einbettung und Kontextualisierung. Daher ist es wichtig, dass so früh wie möglich die relevanten Datenströme berücksichtigt werden, indem der entsprechende Informationsbedarf definiert wird (Cavka et al. 2017).

Die Rolle des Bauherrn ist entscheidend für die Einführung und Verarbeitung von Daten von der Entwurfsphase bis hin zum Management (Cavka et al. 2017). Die

Anforderungen des Auftraggebers sind ein zentraler Aspekt effizienter Prozessgestaltung, eine bedarfsgerechte Einbindung ist jedoch nicht immer gewährleistet, was oft zu unpräzisen Projektbeschreibungen führt (Patacas et al. 2015). Bemühungen, die Anforderungen der Auftraggeber einzubeziehen, wurden beispielsweise von Kamara et al. (2000) und Love et al. (2014) untersucht.

Es ist wichtig, dass der Auftraggeber die Anforderung vor dem Start spezifiziert, da diese als Meilensteine und für die Benchmarks während des gesamten Bauprozesses dienen. Darüber hinaus führt der strukturierte Übergang von der Errichtung zum Betrieb mithilfe der Anforderungen zu einem effizienten Management der Anlage. Die Übertragung von Informationen von der Errichtungsphase zur Betriebsphase wird auch als Handover bezeichnet. Diese Informationen werden an den Auftraggeber übergeben und den Anforderungen entsprechend eingesetzt. Die Datenergebnisse müssen für jeden Prozess klar definiert sein, um diese Anforderungen zu erfüllen. Für solche Anforderungen gibt es jedoch keine Standards, da sie sich von Industrie zu Industrie stark unterscheiden (Cavka et al. 2017).

In Hinblick auf die Unmenge an Daten ist es für Auftraggeber nicht klar ersichtlich, was wichtig ist und wonach gefragt werden soll. Dazu kommt weiters, dass international verschiedene BIM-Standards und -Richtlinien entwickelt wurden. Inkonsistenzen in den Definitionen und in der Terminologie erschweren Auftraggebern die Orientierung (Cavka et al. 2017). Die diffizilsten Elemente der Überführung sind die Relevanz und die Genauigkeit der Information. Das bedeutet, dass der Auftraggeber dafür verantwortlich ist, nur nützliche und exakte Daten in die Betriebsphase zu übertragen, damit ein effizientes Facility Information Management gewährleistet ist (Cavka 2017).

Das FM kann einen wesentlichen Beitrag in der Planungs- und Errichtungsphase liefern, um diese mit der Facility-Management-Strategie des Auftraggebers in Einklang zu bringen. Eine frühe Einbindung kann einen reibungslosen Übergang von der Bau- in die Betriebsphase des Gebäudes im Interesse des Auftraggebers (auch im Sinne des Asset Managements) oder einfach in Bezug auf anfallende Kosten sicherstellen, die in der Planung und Errichtung nicht berücksichtigt wurden. Die Aufgabe des Facility Managements ist, bei diesen Fragen entsprechend zu unterstützen (Ashworth 2016).

Zur Übertragung von bestehenden, möglicherweise veralteten Systemen in zeitgemäße BIM-basierte Lösungen und zur Definition und Validierung der Auftraggeberanforderungen ist der Einsatz von COBie ein geeignetes Mittel. COBie kann für die Datenspezifikation und anschließend zum Austausch strukturierter Daten zwischen Projektpartnern verwendet werden oder in Verbindung mit IFC zum Austausch zwischen dem Asset Information Model und dem eingesetzten Enterprise System (Patacas et al. 2015).

Eine direkte Verknüpfung von BIM- und FM-System bringt neben der Vereinfachung der Datenübergabe und der effektiveren Verwendung der Daten laut Teicholz (2013) eine Reihe weiterer Vorteile: höhere Effizienz der FM-Mitarbeiter, reduzierte Kosten für Betriebsmittel, weniger Ausfälle von Anlagen, verbessertes Bestandsmanagement, bessere Pläne für Gebäudeerweiterungen aufgrund aktualisierter und genauer Gebäudeaufzeichnungen etc.

Es ist die Aufgabe des Auftraggebers, sich die Anforderungen und die beabsichtigte Verwendung der Information bewusst zu machen. Darüber hinaus macht es Sinn, sich mit den zugrundeliegenden Formaten von FM-Datenbanken vertraut zu machen, um Möglichkeiten des Datenaustauschs zu verstehen (Cavka et al. 2017).

Bevor Daten eines BIM-Modells aus einer BIM-Software exportiert werden, ist es wichtig, zuerst die Verfahren der Erstellung des BIM-Modells sowie die resultierende Datenqualität zu überprüfen. Zadehet al. (2015) schlagen eine Reihe von Checklisten zur Überprüfung des erstellten BIM-Modells vor, um die entsprechende Datenqualität sicherzustellen. Der nächste Schritt besteht darin, ein allgemein akzeptiertes standardisiertes Dateiformat zu übernehmen, das sicherstellen kann, dass Daten eines BIM-Modells während des Datenexports und -transfers nicht verloren gehen (Howard und Bjork 2008).

3.3.2.3 Beispiele für Handover-Formate

COBie

Das Construction-Operations Building Information Exchange Format wurde 2006 im Zuge der Notwendigkeit des US-amerikanischen Militärs entwickelt, die Vielzahl anfallender Daten ihrer Liegenschaften zu verwalten. Im Jahr 2012 wurde COBie in

den United States National Building Information Model Standard (NBIMS-US V2) aufgenommen. Im gleichen Jahr wurde COBie von der britischen BIM Taskgroup in die nationale Normierung integriert. Mittlerweile unterstützen die meisten einschlägigen Software-Produkte den COBie-Standard.

Bei COBie handelt es sich um eine Spezifikation, die speziell die Übergabe von Gebäudeinformationen an den Betreiber adressiert. COBie ist ein offener und unabhängiger Standard, der festlegt, wie alle Arten von Gebäude- und Ausrüstungsdaten erfasst werden können und welche Benennungsstandards für jede Art dieser Daten geeignet sind. Es lässt sich als nützliches Medium für den Datenaustausch zwischen BIM-Software und FM-Software einsetzen (Tu und Chang 2017). Geometrische Informationen bleiben weitgehend unberücksichtigt, das Hauptaugenmerk liegt auf der Beschreibung der Räume und der technischen Gebäudeausrüstung. Es geht also vorwiegend um Unterstützung des Betriebs und der Wartung der Geräte.

Der COBie-Standard organisiert Gebäudedaten in einer Reihe zusammenhängender Tabellen-Arbeitsblätter, die somit eine Datenbank für die Beschreibung aller Einrichtungen eines Gebäudes darstellen (East 2013). Enthaltene Informationen sind beispielsweise der Typ eines Geräts, sein Hersteller, die Seriennummer und das Wartungsintervall. COBie-Daten werden in der Regel durch elektronische Dokumente wie Betriebs- und Wartungsanleitungen sowie technische Zeichnungen einzelner Geräte ergänzt.

Der britische Standard BS 1192-4 (*Collaborative production of information Part 4: Fulfilling employer's information exchange requirements using COBie – Code of practice*) spezifiziert die Verwendung von COBie und definiert 18 COBie-Standardarbeitsblätter, um ein Gebäude in 18 Kategorien zu beschreiben. Dieser Standard legt einen Rahmen für den Austausch von Informationen während des gesamten Lebenszyklus einer Einrichtung fest. COBie bietet eine gemeinsame Struktur für den Austausch von Informationen über neue und bestehende Einrichtungen, sowohl für Gebäude als auch für Infrastrukturbauwerke. Die Verwendung von COBie stellt sicher, dass Informationen vorbereitet und verwendet werden können, ohne dass Kenntnisse über Anwendungen oder Datenbanken erforderlich sind. Es stellt sicher, dass der Informationsaustausch auf Konformität, Kontinuität und Vollständigkeit überprüft und validiert werden kann.

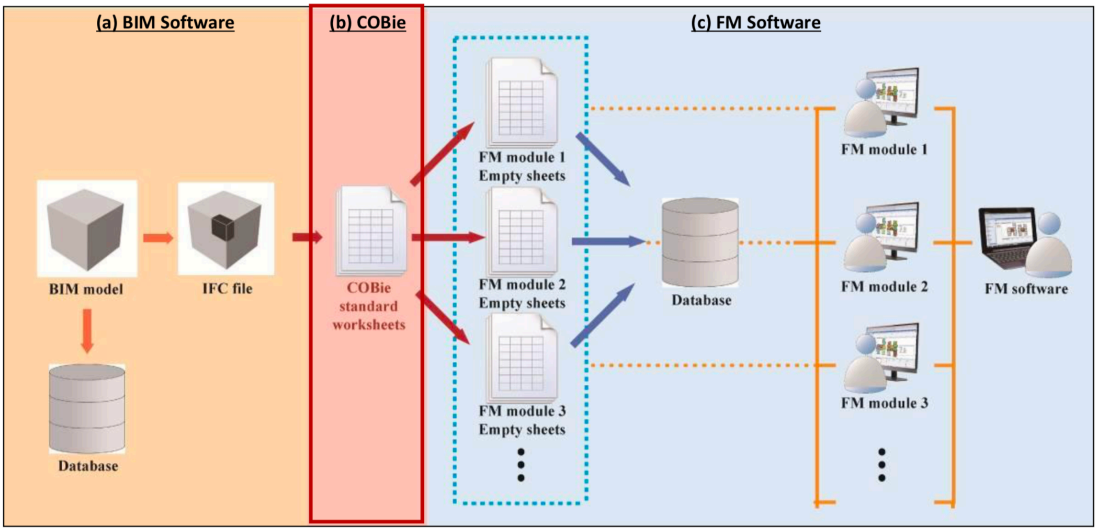

Abb. 19: Die Übertragung von Gebäudedaten zwischen BIM- und FM-Software mittels COBie-Standard als Medium (Tu und Chang 2017)

Die technische Umsetzung kann auf verschiedene Arten erfolgen. Es besteht beispielsweise die Möglichkeit, das IFC-Datenformat zu nutzen und damit zu einer COBie Model View Definition zu gelangen (buildingSMART 2013). Optional können die vordefinierten Vorlagen für Tabellenkalkulationsprogrammen verwendet werden, um die Nutzbarkeit der übertragenen Informationen auch für Nicht-IFC-Experten zu gewährleisten. Konverter helfen dabei, die notwendigen Daten aus dem IFC-Modell zu extrahieren und die Tabellenblätter damit zu befüllen. Alternativ dazu kann COBieLite verwendet werden, bei dem es sich um ein eigens definiertes XML-Format handelt.

Im Zuge der Planung und Errichtung eines Gebäudes sind von den entsprechenden britischen BIM-Richtlinien mehrere sogenannte COBie Data Drops mit jeweils unterschiedlicher Informationstiefe vorgesehen (Borrmann et al. 2015).

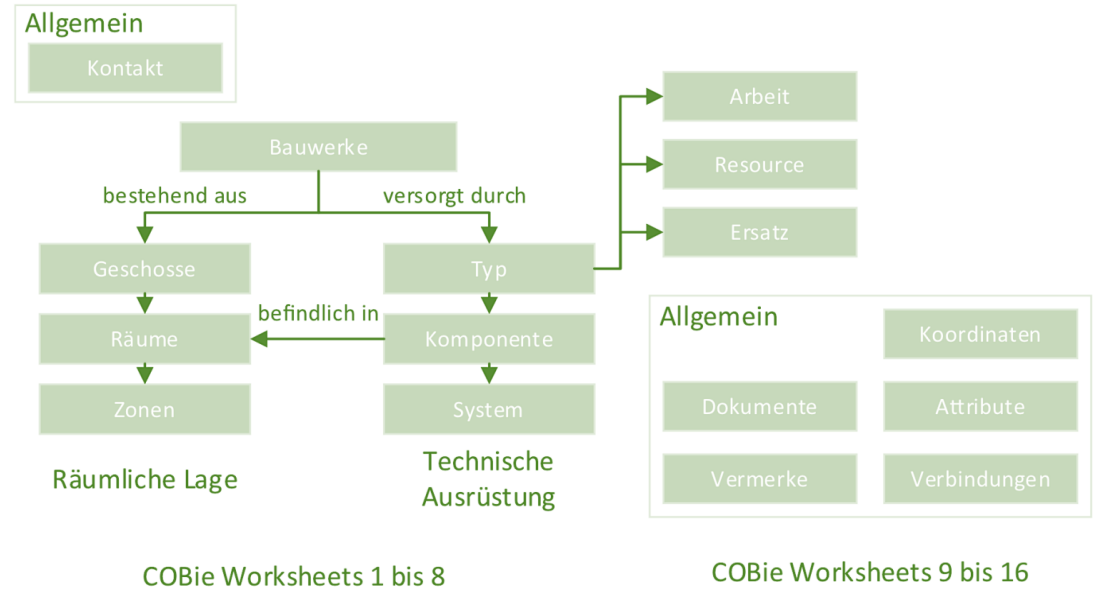

Abb. 20: Struktur und Inhalt von COBie-Daten (Borrmann et al. 2015)

gbXML

Ursprünglich wurde das Datenaustauschformat gbXML zum Austausch zwischen CAD- und Energiesimulationsprogrammen entwickelt. Mittlerweile wird es eingesetzt, um Daten zwischen verschiedenen Energie-Analyse-Anwendungen auszutauschen. Das XML-basierte Format beinhaltet geometrische Daten, Nutzungsprofile, Wetterdaten, thermische Raumdaten wie beispielsweise interne Lasten und weitere energierelevante Daten, sowie Ergebnisdaten. In gbXML können zwar grundlegende Details zu Komponenten und Systemen gespeichert werden, allerdings werden einzelne Parameter, die für die Gebäudetechnik relevant sind, vernachlässigt (Borrmann et al. 2015).

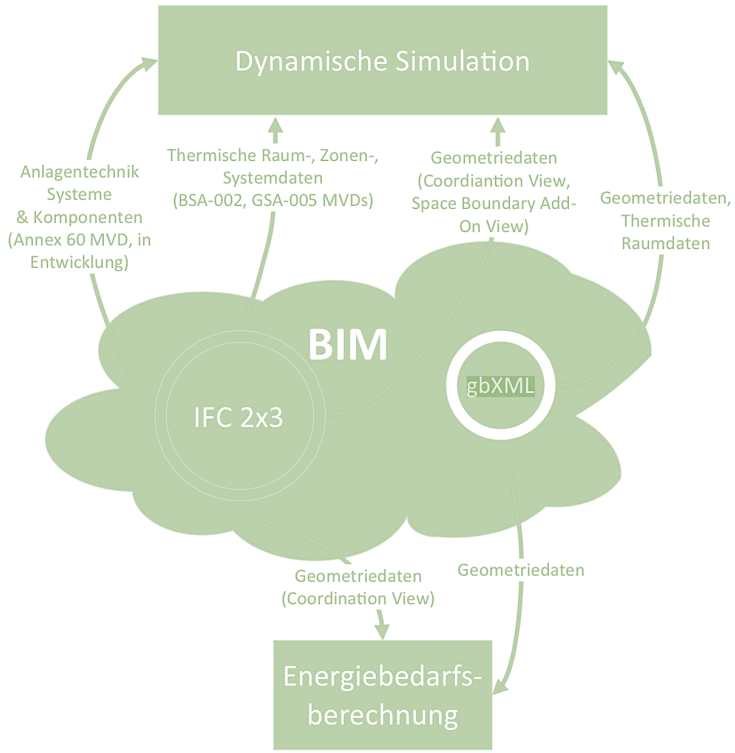

Abb. 21: Datenaustausch von gbXML nach Energiebedarfsberechnung und Gebäudesimulation (Borrmann et al. 2015)

3.3.2.4 Standards und Richtlinien für BIM im FM

Um eine BIM-Strategie erarbeiten zu können, die mit dem Auftraggeber akkordiert werden und in der Betriebsphase Anwendung finden kann, ist die Kenntnis verschiedener Normen notwendig.

Die nun als Entwurf veröffentlichte Norm ist die zweiteilige ISO 19650: „*Organisation von Daten zu Bauwerken – Informationsmanagement mit BIM*“, die vom Technischen Komitee ISO/TC 59 „*Buildings and civil engineering works*“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 442 „*Building Information Modelling (BIM)*“ erarbeitet wurde. Die Norm legt die Konzepte und Grundsätze für ein erfolgreiches Informationsmanagement bei einem Reifegrad fest, der als „BIM nach ISO 19650“ bezeichnet wird. Sie gilt für den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks, einschließlich strategischer Planung, Entwurf und Errichtung, täglichem Betrieb, Instandhaltung, Modernisierung, Reparaturen und Ende der Gebrauchsdauer.

Die ÖNORM A 6241 besteht aus zwei Teilen und regelt „*die technische Umsetzung des Datenaustausches und der Datenhaltung von Gebäudeinformationen des Hochbaues und verwandter, raumbildender Konstruktionen des Tiefbaues, die während der Planung und im Zuge des lebenszyklischen Managements von Immobilien erforderlich sind, einschließlich der in diesen Gebäudemodellen enthaltenen alphanumerischen Daten.*“ Die Norm legt Strukturen und Darstellungsgrundlagen des Datentransfers mit BIM fest.

In der dreiteiligen ISO 29481 „*Bauwerksinformationsmodelle – Handbuch der Informationslieferungen*“ geht es um die Bereitstellung eines integrierten Referenzdokuments, das die für das Management eines Gebäudes oder einer Anlage erforderlichen Prozesse und Daten beschreibt, und legt die Identifizierung und Beschreibung der Prozesse und der erforderlichen Information fest. Darüber hinaus wird die Aufschlüsselung der Information beschrieben, was vor allem für Softwareentwickler relevant ist.

Die britische Norm (British Standard) BS8536 “*Briefing for design and construction. Code of practice for facilities management (Buildings infrastructure)*“ enthält wesentliche Teile der britischen Leitlinien und Standards. Sie gibt eine frühzeitige Einbeziehung von FM in den Entwurfsprozess vor, da dieses spezifische Fachwissen benötigt wird, um angemessene und sinnvolle Entscheidungsprozesse durchzuführen, und konzentriert sich im Allgemeinen darauf, wie Anweisungen für die Planer vorbereitet werden, die nach den Anforderungen der Auftraggeber ausgerichtet sind.

Die BS8572 ist wichtig für den Abgleich des Facility Managements mit der Asset Management Strategie. In diesem Zusammenhang gibt BS8536 weitere hilfreiche Informationen über die Gestaltung von Dokumenten, die diese Informationen enthalten.

Das Spezifikationsdokument (Publicly Available Specification) PAS 1192-3 „*Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling*“ behandelt den Übergabeprozess zur Betriebsphase. Es erläutert die Bedeutung spezifischer Informationen, die das Facility Management zur Erfüllung der Anforderungen des Auftraggebers oder seines Gebäudemanagementsystems (im AIM) übermittelt werden.

Die PAS 1192-4 beschreibt den Export von nicht-grafischen BIM-Informationen in das CAFM-Tool des Auftraggebers mithilfe von COBie.

Die PAS 1192-5 „*Specification for security-minded building information modelling, digital built environments and smart asset management*“ betrifft Informationen zu Sicherheitsfragen, die für einen BIM-Prozess erforderlich sind.

Interessant in dem Kontext sind auch das NBS BIM Toolkit, die Digital Plan of Work Tools, die NBS BIM Library und das Uniclass 2015 System. Diese Werkzeuge helfen beim Konzipieren von Daten für das CAFM-System.

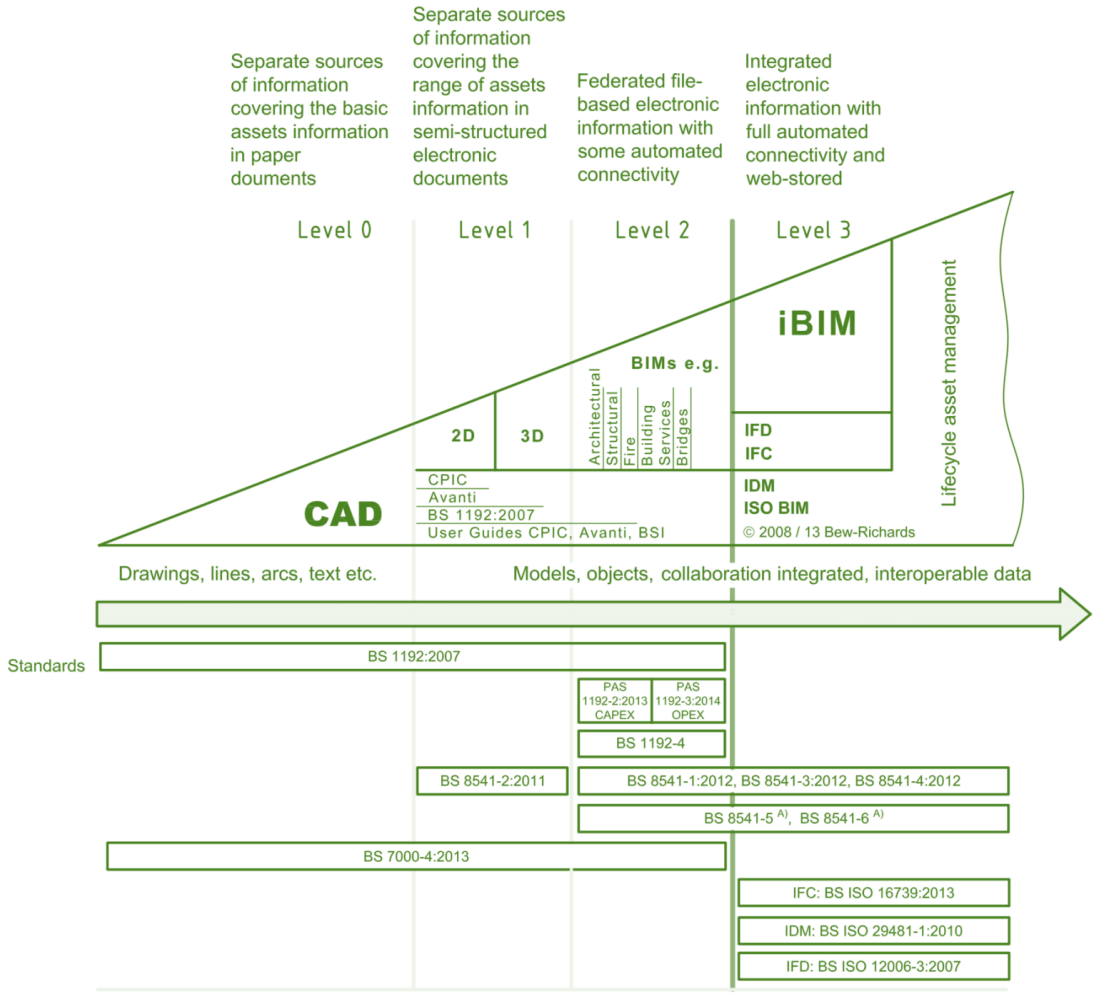

Abb. 22: BIM-relevante Normen im Reifegradmodell (British Standards Institution)

3.3.3 BIM 7D

BIM bietet ein Bezugssystem zum Management umfangreicher Datensätze von der frühen Entwurfs- und Errichtungsphase von Gebäuden über den gesamten Lebenszyklus bis hin zu Renovierung oder Abbruch. Daher beinhaltet ein BIM-Modell viele verschiedene Daten, erhält Input von verschiedenen Beteiligten und muss für verschiedene Parteien wie Eigentümer oder Facility Manager nutzbar und zugänglich sein. BIM kann als ein 7D-Prozess konzipiert werden, der 3D-Strukturen über einen bestimmten Zeitraum mit bestimmten Kosten und bestimmten nachhaltigkeits- und betriebsrelevanten Daten enthält. Mehrere offene Standards werden verwendet, um den Datenaustausch in standardisierter Form zu ermöglichen. Der bekannteste BIM-Standard sind die Industry Foundation Classes (IFC), registriert unter ISO 16739.

BIM wird als Konzept ständig durch neue Funktionen weiterentwickelt und verbessert, um den potenziellen Nutzen eines intelligenten BIM-Modells zu erhöhen. Das Konzept von BIM wurde erstmals 1962 in einer Studie von Douglas C. Engelbart (Engelbart 1962) illustriert. In den 1960er- und 1970er-Jahren gab es viele Arbeiten zum BIM-Konzept, die zu dieser Zeit jedoch sehr schwierig zu implementieren waren, da das Konzept mehr Rechenleistung erforderte als verfügbar war (Eastman et al. 2008). Die erste auf diesem Konzept basierende Software wurde 1980 unter dem Namen ArchiCAD (Walliss und Rahmann 2016) veröffentlicht, noch bevor der Begriff BIM verwendet wurde. Verbesserungen bei der Rechenleistung und nachweisliche Vorteile für Ingenieure, Auftragnehmer und Auftraggeber haben den Einsatz von BIM in der Bauindustrie verstärkt (Eynon 2013). Man spricht derzeit von drei BIM-Stufen: BIM bis Level 2 ist sehr gut definiert, BIM Level 3 befindet sich jedoch noch in Entwicklung. Die Stufe 2 beschreibt die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Teams unter Verwendung gängiger Datei-Formate (Mordue et al. 2015) und stellt momentan bis zu 5D-Informationen bereit, die Projektplanung und Projektkosten umfassen (Morledge und Smith 2013). Die Informationserfordernisse auf jeder BIM-Ebene sind in Abb. 13 zu sehen. Die Hauptanforderung von BIM Level 3 ist integriertes BIM (iBIM) und Lifecycle Management (Goodhew 2016). Daher würde die Integration von Echtzeit-Daten in BIM dazu beitragen, diese nächste BIM-Ebene zu erreichen (Khalid, Bashir und Newport 2017).

BIM basiert auf Entwicklungen wie etwa CAD (Computer Aided Design) und der Repräsentation von Produktinformationen. Grundsätzlich war es das Ziel,

Interoperabilität und Kollaboration zwischen den Beteiligten zu ermöglichen. Die CAD-Nutzung begann in den 70er Jahren des 19. Jahrhunderts und konzentrierte sich auf das Entwerfen von Elementen mit dem Computer für die Bau- und Maschinenbau-Industrie (Isikdag 2015). Die Ausgabe aus CAD besteht hauptsächlich aus Polylinien und Polygonen und enthält keine Produktinformationen zum bearbeiteten Objekt. Parallel dazu wurden Gebäudeproduktmodelle mit dem Ziel entwickelt, Produktinformationen in Bezug auf das Gebäude verfügbar zu machen. Im Wesentlichen enthielten sie geometrische und semantische Informationen in einem verknüpften Format und wurden größtenteils durch ISO 10303 definiert. An diesen Produktmodellen wurde mit dem Bewusstsein einer schlechten Interoperabilität gearbeitet.

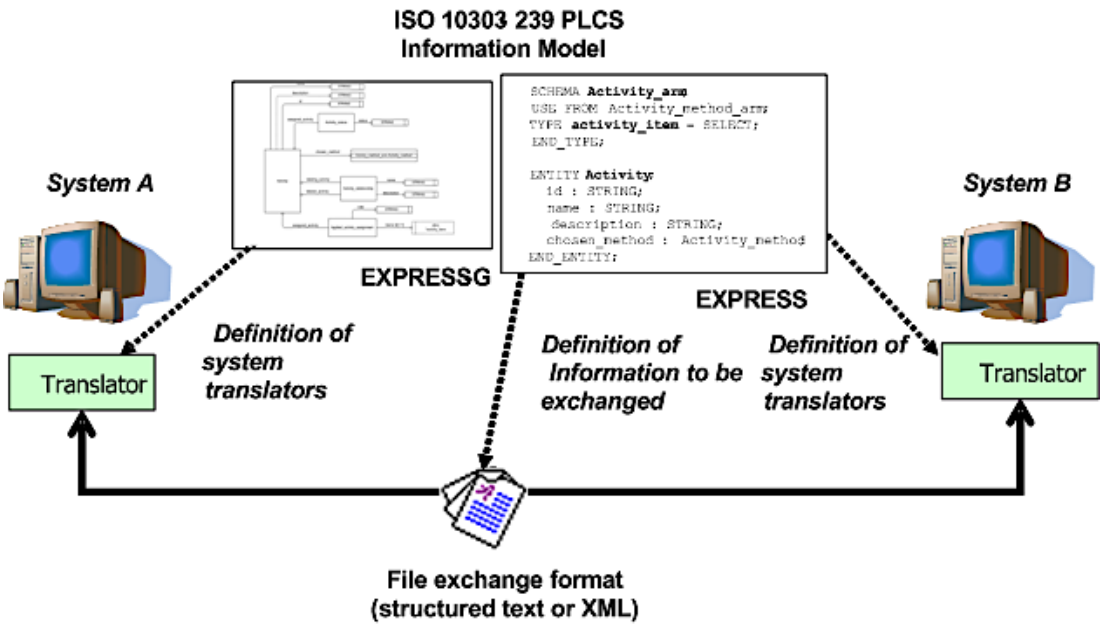

Abb. 23: Anwendung von ISO 10303-239 (OASIS 2010)

Im Laufe der Zeit wurden diese anfänglichen Bemühungen in mehreren Studien und Projekten weiterentwickelt. Arbeiten zu STEP (STandard for the Exchange of Product model data) und CIS/2 (Eastman 1999; Eastman et al. 2005; Lipman 2009) führten zu der Gebäudeinformationsmodellierung, wie sie heute verwendet wird. Wichtige Säulen des heutigen BIM sind die CIS/2 Produktmodelle, die beispielsweise für den Stahlbau noch im Einsatz sind.

Ein Argument für den Einsatz von BIM ist die vorherrschende geringe Effizienz des Daten- und Informationsaustausches zwischen den Beteiligten. Der gesamte Bereich von Planung, Errichtung und Betrieb basiert hauptsächlich auf der Arbeit mit Dokumenten. Da die damit verbundenen Prozesse eine hohe Komplexität aufweisen, bestehen Dokumente für ein Projekt aus vielen verschiedenen Formaten und Inhalten, einschließlich Zeichnungen und Plänen, Spezifikationen und mehrdimensionalen Datensätze. Unzureichender Umgang mit dieser Komplexität und das oftmalige Fehlen von Interoperabilität zwischen den beteiligten Systemen reduziert die Effizienz des Datenaustauschs unter ein notwendiges Minimum und führt schließlich allein in den USA zu jährlichen Verlusten von mehreren Milliarden Dollar (Gallaher et al. 2004).

Die BIM-Gebäudeinformationsmodellierung wurde entwickelt, um das Informationsmanagement einer Vielzahl unterschiedlicher Datenquellen während des gesamten Gebäudezyklus zu erleichtern, wofür das entsprechende Gebäudeinformationsmodell digitale 3D-Geometrien umfasst, die mit den relevanten semantischen Daten befüllt sind. Da BIM flexibel und vielseitig ist, kann es in verschiedenen Bereichen eingesetzt werden. Es wird zum Beispiel im Entwurfsprozess von energieeffizienten Gebäuden, für die n-dimensionale Simulation (Rebolj, Babic und Podbreznik 2010; Spearpoint 2010) oder zur Überprüfung der Einhaltung von Vorschriften und Normen genutzt. Darüber hinaus erleichtert es den Informationsaustausch, die Interoperabilität oder auch die Beschaffung und kann als Prozesssimulator und Systemintegrator Verwendung finden.

IFC ist ein offener Standard, der für das Funktionieren von BIM und für eine gute Kommunikation und Interoperabilität entscheidend ist. Zur Strukturierung katalysiert IFC die Daten in Spezifikationen oder Klassen. Seine Struktur macht einen Einsatz im FM und damit einen reibungslosen Übergang möglich. Zahlreiche der im Facility Management verwendeten Softwareprogramme sind bereits in der Lage, mittels IFC Daten auszutauschen (Isikdag 2015).

Die IFC-Architektur hat vier Ebenen als Grundgerüst. Von der untersten zur obersten Ebene sind das die Ressourcen-, die Kern-, die Interoperabilitäts- und die Domänen-Ebene. Der Ressourcenlayer stellt Klassen für die höhere Ebenen bereit, die unabhängig von der Industriedomäne sind. Die Kernebene beinhaltet das Kernprojektmodell und dessen Erweiterungen und definiert das Objektmodell. Die

Interoperabilitätsebene befasst sich mit Gemeinsamkeiten im Bereich der Bauindustrie, und die Domänenebene ist spezifischer auf die zugrundeliegende Domäne des Gebäudes ausgerichtet (Isikdag 2015).

Gerade in einer stark fragmentierten Branche wie der Bauindustrie ist die wesentliche Funktion von BIM – die Vereinfachung des Datenaustauschs – von umso größerer Bedeutung. Allgemeine Kategorien von Datenaustauscharten können entweder in homogene Anwendungen gruppiert werden, wobei der Datenaustausch innerhalb von Systemen einer Softwarefamilie stattfindet, oder in heterogene Anwendungen, die den Datenaustausch zwischen verschiedenen Softwarefamilien ermöglichen (Isikdag 2015). Aus den Expertenbefragungen geht hervor, dass der heterogene, offene Austausch derzeit noch technische Limitationen aufweist, aber langfristig eine generelle Integration unterschiedlichster Systeme ermöglichen wird (Appendix A).

Es wird zwischen den Begriffen Datenfreigabe und Datenaustausch unterschieden. Mit Austausch ist ein dezentraler Prozess gemeint, bei dem eine Partei die Master-Kopie behält und die Daten für andere verfügbar macht, wobei die Eigentumsrechte auf die Empfänger aufgeteilt werden. Mit Teilen hingegen wird eine zentral kontrollierte Eigentümerschaft bezeichnet, von der aus die Daten zur Verfügung gestellt werden (Kemmerer 1999; Schenk und Wilson 1994).

Da BIM durch sein Objektmodell definiert wird, sind diese Datenmodelle die Grundlage für den BIM-Austausch. Meistens sind diese Objektmodelle in EXPRESS- oder XSD-Schemas definiert. In diesem Fall kann BIM durch STEP (ISO 10303), das vier verschiedene Implementierungsebenen hat (Loffredo 1998), ausgetauscht oder geteilt werden. Ansonsten werden auch andere Schemas verwendet, die auf dem XML-Format basieren. Diese Modelle werden als XML-Dateien ausgetauscht oder über Datenbankschnittstellen gemeinsam genutzt.

Da viele verschiedene Beteiligte Daten im BIM erfassen müssen, ist eine entsprechende Darstellung wichtig. Dies muss für alle Arten von Daten zu jedem beliebigen Zeitpunkt möglich sein und kann vorübergehend oder dauerhaft sein. Eine solche Darstellung wird als Ansicht oder View bezeichnet. Die Ansicht hängt wiederum von einem Basisinformationsmodell ab, aus dem die Ansicht abgeleitet wird. Die Ansicht ist also immer eine Teilmenge und eine Momentaufnahme des Basisinformationsmodells. Eine Modellansicht kann unterschiedlicher Art sein. Als

dauerhafte Modellansicht wird sie an einem physischen Speicherort gespeichert. Wenn sie transient ist, ist keine Speicherung erforderlich. Ein anderer Typ ist die anwendungsspezifische Ansicht (Isikdag 2015). Dies ist insofern besonders, als es sich um ein eigenständiges Informationsmodell handelt, das im Zusammenhang mit spezifischen Anforderungen der zugrunde liegenden Anwendung definiert wird. Eine anwendungsspezifische Sicht interagiert mit dem Basisinformationsmodell, adressiert eine ähnliche Informationsdomäne wie das Basisinformationsmodell und die gleiche Informationsdomäne wie die Anwendung, für die sie bereitgestellt wird. Am wichtigsten ist, dass auf diese Weise spezifische Datenanforderungen der bereitgestellten Anwendung adressiert werden. Alle drei Arten von Modellansichten, die transienten, persistenten und anwendungsspezifischen, werden in STEP EXPRESS- oder XSL-Sprachen definiert und verwaltet (Isikdag 2015).

BIM-Daten werden in Organisationen vermehrt mittels Schnittstellen in interne Anwendungen integriert, um verschiedene Nutzungen und Darstellungen der BIM-Daten zu ermöglichen. Wird die Gebäudeinformation um Zeitplanungs-Werkzeuge erweitert, spricht man von 4D BIM. Werden Kostenschätzungen und Budgetdaten verknüpft, handelt es sich um 5D BIM. Bei Berücksichtigung von nachhaltigkeitsrelevanten Daten, wie beispielsweise den Umwelteinfluss von Errichtung und Betrieb, so ist 6D BIM gemeint. Werden darüber hinaus lebenszyklusbetreffende Daten integriert, beispielsweise Wartungsplanungen, so wird der Begriff 7D BIM verwendet (Guillen et al. 2016).

7D BIM beinhaltet die Informationen zur Unterstützung von Facility Management und Betriebsabläufen. Diese Daten können Informationen über den Hersteller einer Komponente, das Installationsdatum, die erforderliche Wartung und Details darüber enthalten, wie die Komponente konfiguriert und betrieben werden soll, um optimale Leistung, Energieeffizienz und Lebensdauer zu gewährleisten. Durch Hinzufügen dieser Art von Eigenschaften zum Informationsmodell können betriebsrelevante Entscheidungen schon während des Entwurfsprozesses getroffen werden. Planer können eine ganze Reihe von Umsetzungen über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes untersuchen und somit ein Verständnis für die Auswirkungen einschließlich der Kosten erlangen. Richtig wertvoll werden diese Informationen mit der Übergabe, da sie nun vom Betreiber für ein effizientes Gebäudemanagement eingesetzt werden können.

Ein Modell bietet eine leicht verständliche Weise der Extrapolation von Informationen. So können Informationen, die üblicherweise in Papierakten und -ordnern abgelegt werden, nun einfach graphisch abgefragt werden. Darüber hinaus können Instandhaltungsaktivitäten potenziell Jahre im Voraus geplant werden und dementsprechend die Aufwendungen über die Lebensdauer einer Anlage ausgearbeitet und in einem Kostenprofil dargestellt werden. So lässt sich beispielsweise feststellen, wann Reparaturen unwirtschaftlich oder eingesetzte Systeme ineffizient werden. Dieser vorausschauende und proaktive Ansatz bietet erhebliche Vorteile gegenüber einem reaktiven, nicht zuletzt im Hinblick auf die Kosten. Um diese Wirkung zu erzielen, muss das Informationsmodell während der Betriebsphase bei jeder Änderung aktualisiert und mit Updates zu Reparaturen und Ersatzteilen fortgeschrieben werden. Mit BIM 7D werden durch vollständiges Einspeisen und Verknüpfen dieser Informationen umfassende Diagnosen und Analysen zur automatischen oder manuellen Entscheidungsfindung möglich.

Die Rolle von BIM kann in drei Dimensionen dargestellt werden: Terminologie, Prozess und Daten (Hannus et al. 2003). Damit BIM einen positiven Einfluss auf den Gebäudebereich hat, müssen diese Dimensionen auf die richtige Weise definiert werden und einen Austausch bzw. Kommunikation ermöglichen. Um dies umzusetzen, wurden die Standards „buildingSMART Data Dictionary“ (bSDD), „Information Delivery Manual“ (IDM) sowie der Datenmodellierungsstandard IFC definiert (buildingSMART International).

Vereinfacht gesagt stellt IFC das Format dar, IDM den Prozess und bSDD die Bedeutung. Ohne bSDD haben Informationen, die zwischen BIM-Tools ausgetauscht werden, nicht unbedingt eine einheitliche Begrifflichkeit. Das bSDD-Framework stellt ein sprachenunabhängiges Informationsmodell bereit, das für die Entwicklung von Wörterbüchern zum Speichern von Gebäudeinformationen oder anderen objektorientierten Informationen verwendet werden kann. Die bSDD könnte auch von Uniclass organisierte Inhalte in eine andere Klassifikation umwandeln. Anders als ein herkömmliches Wörterbuch, das eine Definition für ein Wort liefert, verbindet das bSDD Wörter basierend auf ihrer gebäudebezogenen Bedeutung. Diese Verbindungen geben der bSDD ihre Fähigkeit zum internationalen Austausch von Gebäudeinformation. Die Methode besteht darin, die Wörter in jeder Sprache von ihrer Bedeutung zu trennen, indem die gebäuderelevanten Konzepte identifiziert werden, die diese Wörter darstellen. Nachdem die kontextuelle Bedeutung identifiziert

wurde, verbindet das Datenwörterbuch die Wörter mit dieser kontextuellen Bedeutung und ermöglicht so, dass gebäudebezogene Informationen von einer Sprache in eine andere übersetzt werden.

BIM hat sich von der Datenakkumulation zur Informationsmanagement-Strategie entwickelt und steht nun kurz davor, zur grundlegenden Bau- und Gebäudemanagementmethode zu werden. Die wichtigsten Eigenschaften, die BIM in dieser Entwicklung benötigt, um die nächste Stufe zu erreichen, sind eine integrierte Umgebung und verteilte Informationen, die jederzeit aktualisiert und abgerufen werden können.
Building Information Modeling hat sich als „Heilmittel gegen die Krankheit schlechter Interoperabilität“ (Isikdag 2015) erwiesen und befindet sich nun in einer schneller werdenden Entwicklung (France et al. 2010). Immer häufiger ist BIM der geforderte Standard für große Bauprojekte, wie beispielsweise in Singapur, Dubai oder Großbritannien. Zu diesem Zweck entstand sogar ein neuer Beruf, der BIM-Manager (Isikdag 2015).

Es gibt mehrere Forschungsrichtungen, in denen BIM derzeit weiterentwickelt wird. Die Untersuchungen befassen sich mit informationsmodellbezogenen Aspekten, organisatorischen Aspekten, domänenspezifischen Aspekten, Projektmanagementaspekten sowie Aspekten der Integration und Interoperabilität (Isikdag und Underwood 2009).

Die Forschung der informationsmodellbezogenen Aspekte versucht, die konzeptionellen Grenzen des Informationsmodells durch die Erweiterung der für die Modellierung verwendeten Methoden und Sprachen zu verschieben. Dies beinhaltete auch die Notwendigkeit von mehr Standardisierung, die in Form von internationalen BIM-Normen zur Unterstützung des zugrunde liegenden Informationsaustauschs und der darin enthaltenen Arbeitsabläufe dient.
Organisatorische Aspekte befassen sich mit der Anwendung von BIM, was eine fundamentale Änderung bestehender Managementkonzepte darstellt (Bew und Underwood 2009). Der Übergang zu BIM ist schwierig und oft verwirrend, weshalb eine phasenweise Einführung angestrebt werden könnte (Isikdag 2015). Organisationen müssen bereit sein im Sinne der Reife für die Implementierung, aber auch im Sinne des Willens zur BIM-Nutzung. Ein Teil der Forschung beschäftigt sich mit der Entwicklung von Werkzeugen zur Messung der BIM-Reife (Succar 2014).

Domänenspezifische Aspekte konzentrieren sich auf die Erarbeitung von Lean-Designs sowie Green Designs. Der Lean-Ansatz ermöglicht die kontinuierliche Verbesserung von Prozessen im Lebenszyklus von Gebäuden (Fernandez-Solis und Mutis 2010). Mit BIM wird es immer einfacher, umweltfreundliche und nachhaltige Gebäude mit wenig oder gar keinem CO2-Fußabdruck zu bauen. Weitere Untersuchungen werden in Richtung gut integrierter geometrischer Modelle durchgeführt (Van Oosterom et al. 2006; Peters 2010), die zum Beispiel die Reaktion in Krisen- oder Notfällen in Innenräumen verbessern sollen.

Projektmanagementaspekte konzentrieren sich auf den Einsatz von BIM zur Simulation und Überwachung von Prozessen. Ein Augenmerk der Forschung liegt hier beispielsweise auf der Nutzung von Web-Services, um mehr Interoperabilität in heterogenen Umgebungen zu ermöglichen.

BIM-M steht für Building Information Modeling und Management und ist ein Management- und Strategiekonzept für den gesamten Lebenszyklus einer Liegenschaft oder Anlage (Isikdag und Underwood 2009). Es ist modellorientiert umfasst vier Hauptthemen: erstens die strukturierte Repräsentation von Modellelementen innerhalb räumlicher Hierarchiesätze und definierter Semantiken, zweitens das Teilen statt des Austauschs, um die Versionen aktuell zu halten, drittens die Verwendung vereinbarter Taxonomien und schließlich die Darstellung der Datenmodelle in Form eines international definierten Standards, mit dem viele Arten von Software interagieren können (Isikdag und Underwood 2009).

Eine Reihe verschiedener Technologien ermöglicht es BIM, zu den Merkmalen einer integrierten Umgebung und verteilten Information zu gelangen, die jederzeit aktualisiert und abgerufen werden kann (Underwood und Isikdag 2011). Diese Informationstechnologien sind Cloud Computing, Sensornetzwerke, zustandslose (*stateless*) Web-Services (d.h. jede Operation steht für sich) und Semantic Web.

Im Cloud Computing gibt es fünf Säulen: Business Process as a Service, Software as a Service, Platform as a Service, Infrastructure as a Service und die Virtualisierung der Speicher-Umgebung. Den größten Mehrwert für BIM und den Gebäudebereich werden die Themen Software und Virtualisierung bringen, da die verwendeten Anwendungen während des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden mit Software als Dienstleistung betrieben werden können, während die Informationsdatenbasis in

einem Cloud-Datenspeicher liegt. Sehr vielversprechend sieht auch der Bereich Business Process as a Service aus, da potentiell etliche datenbasierte Prozesse als Dienstleistung angeboten werden können.

Sensornetzwerke haben die Besonderheit, Informationen über den tatsächlichen Zustand einer Komponente innerhalb des Building Information Models und daher auch des Gebäudes zu liefern. Diese Informationen gehen über die bloße Beschreibung von Komponenten und Teilen mit Art und Datum der Installation hinaus. Sensornetzwerke können eine Echtzeit-Aktualisierung des Zustands einer beliebigen Komponente ermöglichen. Solche Daten könnten Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Vibration einer Anlage, die Abnutzung von Türen, Geräuschentwicklungen oder Raumbelegungen sein.

Web-Services wie RESTful und Service-orientierte Architekturen (SOA) bilden die Grundlage für skalierbare Anwendungen. Um eine komplexe Interaktion mit diesen riesigen Datenmengen zu ermöglichen, die von Sensoren kommen und über Web-Services abgerufen werden, müssen die Daten nach Semantic-Web-Standards und geeigneten Ontologien umstrukturiert werden (Grigoris und Harmelen 2008). Das wird es in absehbarer Zeit ermöglichen, Antworten auf komplexe Abfragen zu erhalten.

3.4 Internet of Things im Facility Management

Ein nächster Schritt in der Entwicklung gebauter Umwelt und deren Management sind intelligente Gebäude und Städte. Um solche komplexen Entitäten verwalten und steuern zu können, ist es erforderlich, verschiedene Quellen von vermischten Daten mithilfe eines aussagekräftigen Informationsmanagements zu orchestrieren. Isikdag (2015) plädiert für die Konsolidierung solcher Datenströme.
Es gibt unterschiedliche Konzepte, mit den damit auftretenden Herausforderungen umzugehen. Als Hauptwerkzeuge in diesen Konzepten kommen IoT, Webservices und BIM vor. Die Hauptziele solcher Ansätze bestehen in der Vereinfachung der Kommunikation und des Austauschs von Gebäudeinformation mithilfe von Webdiensten und das Ermöglichen der Konsolidierung und Verwaltung dieser Information. Die Entwicklungen in dieser Richtung sind mit weitreichenden positiven Auswirkungen auf urbane Systeme verbunden (Isikdag 2015).

Mobile Geräte und ubiquitäre Dienste – also die Allgegenwärtigkeit der rechnergestützten Informationsverarbeitung – haben sich in den letzten Jahren rasant verbreitet, was unter anderem auf beachtliche Fortschritte auf dem Gebiet der Elektronik zurückzuführen ist, die Konnektivität in einem größeren Maßstab bei gleichzeitig höherer Granularität erlauben. Mittlerweile sind aber nicht nur mehr Menschen über das Internet in ständiger Verbindung, sondern Geräte untereinander. Die physische Welt und die Cyber-Welt haben sich immer weiter angenähert und verschmelzen zunehmend, es kommt zur sogenannten *cyber-physical world convergence* (Conti et al. 2012). Cyber-physische Systeme bilden die nächste Generation von eingebetteten IKT-Systemen, bei denen die Berechnung und die Vernetzung in physische Prozesse integriert sind. Von Sensoren gesammelte Informationen über physische Prozesse werden in die digitale Welt übertragen und dort verarbeitet, können aber auch physische Prozesse durch Rückkopplungsschleifen beeinflussen, beispielsweise durch Verwendung von Aktuatoren (Conti et al. 2012). Die Besonderheit von CPS besteht darin, dass das IKT-System zusammen mit den physischen Komponenten entwickelt wird, um die Gesamteffizienz zu maximieren. Dies steht im Gegensatz zu klassischen eingebetteten Systemen, bei denen Elektronik, Kommunikation und Abstraktion in eine bereits funktionierende physische Umgebung integriert werden (Borgia 2014).

Die grundsätzliche Idee hinter IoT ist die allgegenwärtige Präsenz einer Vielzahl von Dingen oder Objekten, wie RFID (Radio Frequency IDentification) Tags, Sensoren, Aktoren, Mobiltelefone usw., die durch einzigartige Adressierungsschemata in der Lage sind, miteinander interagieren und mit ihren Nachbarn zusammenarbeiten, um einen gemeinsame Zweck zu erfüllen (Atzori, Iera, und Morabito 2010).

Sensoren werden zunehmend dazu verwendet, physikalische Eigenschaften und Aufzeichnungen zu erfassen, zu messen oder anderweitig auf Umstände zu reagieren. In der gebauten Umwelt werden Sensoren grundsätzlich in Infrastruktursensoren und nutzerbezogene Sensoren unterschieden. Erstere werden hauptsächlich zur Überwachung von Anlagen verwendet, während zweitere in Gebäuden zur Überwachung von Klima, Beleuchtung, Sicherheit usw. installiert werden. Beide Sensortypen haben einen wesentlichen Einfluss auf die FM-Praxis. Die steigende Akzeptanz drahtloser Lösungen wie Sensoren kann auf die verstärkte Zusammenarbeit und Zusammenführung der traditionellen Silos FM, IT und Gebäudetechnik zurückgeführt werden (Adama und Michell 2017). Daten von Sensoren werden derzeit nur zur Erkennung und Steuerung von Anomalien verwendet. Um Abläufe optimieren zu können, besteht die Notwendigkeit für eine Vorhersage der Ergebnisse basierend auf den Informationen aus den verschiedenen Datenquellen. Die gewonnenen Daten sind dann nützlich, wenn sie in einem umsetzbaren Format verfügbar gemacht werden, das das FM beispielsweise für Wartungspläne verwenden kann (Adama und Michell 2017).

Die „kognitiven Gebäude“ (Pasini et al. 2016), die mit unzähligen verschiedenen Sensoren ausgestattet sind, werden von digital verwalteten Systemen gesteuert. Das Management von Echtzeitdaten von Gebäuden ermöglicht beispielsweise, Bedürfnisse der Nutzer zu erkennen und Defizite in der Gebäudeperformance zu reduzieren. Da sich Gebäudemanagement häufig auf Schätzungen stützt, ermöglichen verfügbare Echtzeitdaten die frühzeitige Prüfung der Validität und Vorhersagen von Ereignissen, wodurch die Kongruenz der unterschiedlichen Informationsgrundlagen verbessert wird. (Pasini et al. 2016).

IoT-Systeme können auch dabei helfen, den Energieverbrauch von Gebäuden zu senken. Guinard, McGibney und Petsch (2009) haben beispielsweise eine Methode entwickelt, BIM in Verbindung mit einem drahtlosen Sensornetzwerk (WSN) einzusetzen. Jeng (2009) hat ein Smart Space Design Konzept mit den drei

Dimensionen Raum, Technologien und Nutzungsfaktoren entwickelt. Irizarry, Karan, und Jalaei (2013) haben untersucht, wie BIM zur Verfolgung des Materialflusses, der Ressourcenverfügbarkeit und zur Visualisierung der entsprechenden Lieferketten verwendet werden kann. Auch der Stromverbrauch kann in BIM integriert werden, um ein elektronisches Echtzeitmodell zu erhalten (Darby 2006).

Um den Energieverbrauch zu überwachen ist BIM als System zur Sammlung, zur Verarbeitung und zum Teilen von multidisziplinärer Information gut geeignet. Es ermöglicht Interoperabilität sowie unabhängige und flexible Eingaben unterschiedlicher Interessengruppen. Wenn also ein mit BIM verbundenes Softwaretool eine bestimmte Dateneinheit erfordert, wird das intern verwendete native Datenmodell in eine andere Untereinheit, die Modellansicht, unterteilt oder übersetzt. Anschließend wird diese Modellansicht in das vom angeschlossenen Softwaretool benötigte Datenformat übersetzt. Im Allgemeinen hat die Verwendung von 3D-Modellen in Verbindung mit BIM den Vorteil einer verständlicheren Visualisierung der zugrunde liegenden Daten. So kann es für Facility Manager, aber auch andere Nutzer intuitiver sein, die gemessenen oder vorhergesagten Daten zu erfassen und zu reflektieren (Chiang et al. 2015; Fassi et al. 2015). Eine graphische Benutzerschnittstelle (GUI) wird verwendet, um die Daten zu visualisieren, oft durch Bearbeiten eines der zugrundeliegenden Modellparameter und Regenerieren des Modells. BIM kann beispielsweise in ein Format umgewandelt werden, das für die Visualisierung im Webbrowser geeignet ist. So kann ein BIM-Modell den Energieverbrauch und die gemessenen Umweltdaten darstellen (Jung et al. 2014).

Die Kombination von BIM und IoT führt zur Transformation eines Gebäudes in ein „kognitives Gebäude“ (Pasini et al. 2016). Das IoT-Framework ermöglicht dabei die Echtzeit-Nutzung von Daten durch den Einsatz von Sensoren und Wearables sowie deren Integration in den BIM-Prozess. BIM ist vom Konzept her für maximale Interoperabilität entwickelt und basiert auf einem offenen Standarddatenformat. Diese offenen Standards, wie die IFC, werden als neutrale Austauschformate verwendet, wenn ein Plattform-zu-Werkzeug-Austausch stattfindet. Ein Beispiel könnte der Abruf einer bestimmten Teilmenge von Daten aus dem Hauptmodell sein, die von einem anderen Software-Tool erstellt wurde. In einem solchen Fall wird eine Modellansicht, die auf dem nativen Modell basiert, so definiert, dass sie die gewünschten Daten enthält, und entweder über direkten Austausch zwischen Anwendungen, falls auf

diese Weise konfiguriert, oder über die erwähnte Übertragung unter Verwendung offener Standards übermittelt.

Gebäudeautomatisierung

Eine grundlegende Funktion eines Digitalen Zwillings muss die Integration der Gebäudeautomatisierungsdaten sein. Die grundsätzliche Aufgabe von verteilten Automatisierungssystemen ist im Wesentlichen der zuverlässige Austausch von Informationen. Die Steuerung von Prozesse unabhängig von ständigen menschlichen Interaktionen erfordert einen Informationsfluss zwischen Sensoren, Controllern und Aktuatoren (Sauter et al. 2011).

Building Automation Systems (BAS) der ersten Generation basierten auf Pneumatik zur Steuerung der Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlagen und liefen auf speziellen Großrechnern. Diese Systeme konnten ein paar grundlegende Funktionen ausführen, wie etwa die Temperaturregelung durch Ein- und Ausschalten der Heizung.

Mittlerweile sind viele Technologien wie Microcontroller, Direct Digital Control (DDC) und Rechner integriert und ermöglichen es Gebäudeautomatisierungssystemen, bessere Umgebungen für Nutzer im Inneren und weniger Umwelteinflüssen nach außen sicherzustellen. Wesentliche Treiber für die Entwicklung von Gebäudeautomatisierung sind unter anderem die Verbreitung des Internet Protokolls und die Anwendung von Integration und Interoperabilität. Die branchenweite Einführung des BACnet-Protokolls (*Building Automation and Control Network*) im Jahr 1995 ermöglichte einen weiteren Verbesserungsschritt von automatisierten Steuerungssystemen. In Verbindung mit werkseitig montierten digitalen Steuerungen ermöglicht BACnet dem BAS die direkte Kommunikation mit verschiedenen Systemen, einschließlich Heizung, Klimaanlage, Lüftung, Beleuchtung, Zutrittskontrolle und Brandmeldeanlage, wodurch das Facility Management die Möglichkeit erhielt, den Betrieb vormals getrennter Systeme zu integrieren.

Building Automation Systems spielen eine wichtige Rolle für einen nachhaltigen Gebäudebetrieb, beispielsweise für das effiziente Energie- und Wassermanagement. Ein optimaler Systembetrieb erfordert adaptive Systeme, die den Systemstatus kennen und den sich ändernden Anforderungen gewachsen sind. Dafür ist ein umfassender Überblick über die eingesetzten Systeme unerlässlich.

Mit BIM ist es prinzipiell möglich, BAS-Systeme abzubilden, allerdings nur in Form der physischen Daten (Karavan et al. 2005). Diese Modelle sind nicht geeignet für die Komplexität von Gebäudeautomatisierungssystemen. Die aktuelle IFC-Spezifikation unterstützt zum Beispiel noch keine Multisensoren, die semantisch unterschiedliche Werte abtasten, geschweige denn die Handhabung variabler Funktionen, die sich mit den verschiedenen Bertriebsmodi des Geräts ändern (Ploennigst et al. 2012). Um mit künftigen Anforderungen an das Gebäudemanagement umgehen zu können, braucht es eine schlüssige Integration des Gebäudeinformationsmodells und den variablen dynamischen Daten, die von der Automatisierungssystemen kommen (Stein et al. 2012).

Automatisierungssysteme können mehrere tausend Geräte enthalten und werden mit speziellen Tools entwickelt, die oft die gleichen Datenbanken verwenden. Es wurden offene Datenbanken entwickelt, die es den verschiedenen an einem Projekt arbeitenden Spezialisten ermöglichen, entsprechende Informationen auszutauschen. Dies kann mit der Entwicklung von BIM im Gebäudebereich vergleichen werden. Diese Datenbanken unterstützen in der Regel auch den Echtzeit-Datenzugriff und die Synchronisation mit dem bestehenden System. Die Datenbanken sind allerdings technologiespezifisch und unterstützen nur ihre Technologie. LNS und Falcon/ETS sind Beispiele, die jeweils LON und KNX unterstützen (Ploennigst et al. 2012). Konzepte zur Integration solcher Datenbanken in BIM wurden diskutiert, aber soweit noch nicht etabliert (Karavan et al. 2005; Malinowsky und Kastner 2010).

Bussysteme

Bussysteme kümmern sich um die Datenübertragung und sind für komplexe automatisierte Abläufe wie beispielsweise autonome Robotik oder Echtzeitsteuerung ein Schlüsselelement. Um die entsprechende Automation zu erzielen, müssen intelligente technische Verfahren angewandt werden, wie Autokommunikation, Selbstkonfigurierung, Selbstdiagnose, Selbstreparatur und Selbstoptimierung. Da sie üblicherweise in industrieller Umgebung eingesetzt werden, müssen sie mechanisch und elektrisch eine entsprechende Robustheit aufweisen, um zuverlässig zu funktionieren.

Aufgrund historischer Entwicklungen sind in den einzelnen Industrien unterschiedliche Bussysteme im Einsatz (Schiessle und Schreier 2018):

CAN in der Fahrzeugtechnik, Antriebstechnik und der Maschinensteuerung;
INTERBUS in der Antriebstechnik, Maschinensteuerung und im Automobilbau;
KNX in der Gebäudeautomatisierung;
LON (Local Operating Network) ebenfalls in der Gebäudeautomatisierung;
PROFIBUS-PA in der chemischen und mechanischen Verfahrenstechnik;
PROFIBUS-DP im Maschinenbau und der Fertigungstechnik.

Für Anwendungen im Gebäudebereich können weiters folgende Bussysteme verwendet werden:
I²C (Inter-Integrated Circuit), SENT (Single Edge Nibble Transmission), LIN-Bus (Local Interconnect Network), Ethernet, USB, FireWire, MOST-Bus (Media Oriented Systems Transport), RFID, Bluetooth, WPAN (Wireless Personal Area Network), GSM und UMTS

Mittlerweile wird Industrial Ethernet schon öfter installiert als die traditionellen Feldbusse. Ethernet/IP ist mit fünfzehn Prozent das weltweit am häufigsten eingesetzte Netzwerk. Profinet, ebenfalls ein Industrial Ethernet, folgt mit zwölf Prozent. Profibus ist mit zwölf Prozent nach wie vor der dominierende Feldbus. Modbus-RTU und CC-Link kommen auf jeweils sechs Prozent. Ebenfalls sechs Prozent kommt auf die drathlosen Technologien, hier ist wiederum WLAN am weitesten verbreitet, gefolgt von Bluetooth (Waschbusch 2018).

Es werden mehrere Ebenen unterschieden, in denen Bussysteme eingesetzt werden, wie in Abb. 24 dargestellt. Intelligente Sensoren und Aktoren werden in der sogenannten Feldebene angeschlossen.

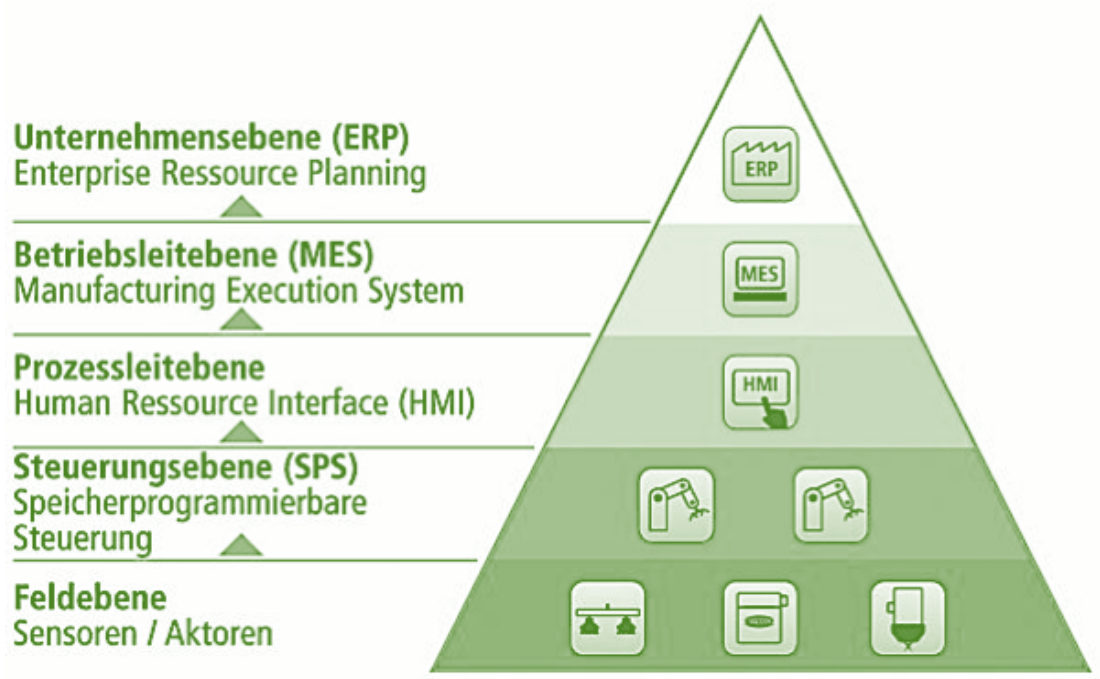

Abb. 24: Bisherige hierarchische Kommunikationsstruktur in der klassischen Automatisierungspyramide (Ludwig 2015)

Die Entwicklungen zu cyber-physikalische Systeme werden auch die klassische Kommunikationsstruktur mit einer zentralen Steuerung grundlegend ändern. CPS bilden ein Netzwerk, das die anfallenden Daten sammelt, prozessiert und auswertet, was eine dezentrale Selbstoptimierung von Arbeitsabläufen durch intelligente Maschinen (etwa autonome Roboter) ermöglicht (Ludwig 2015).

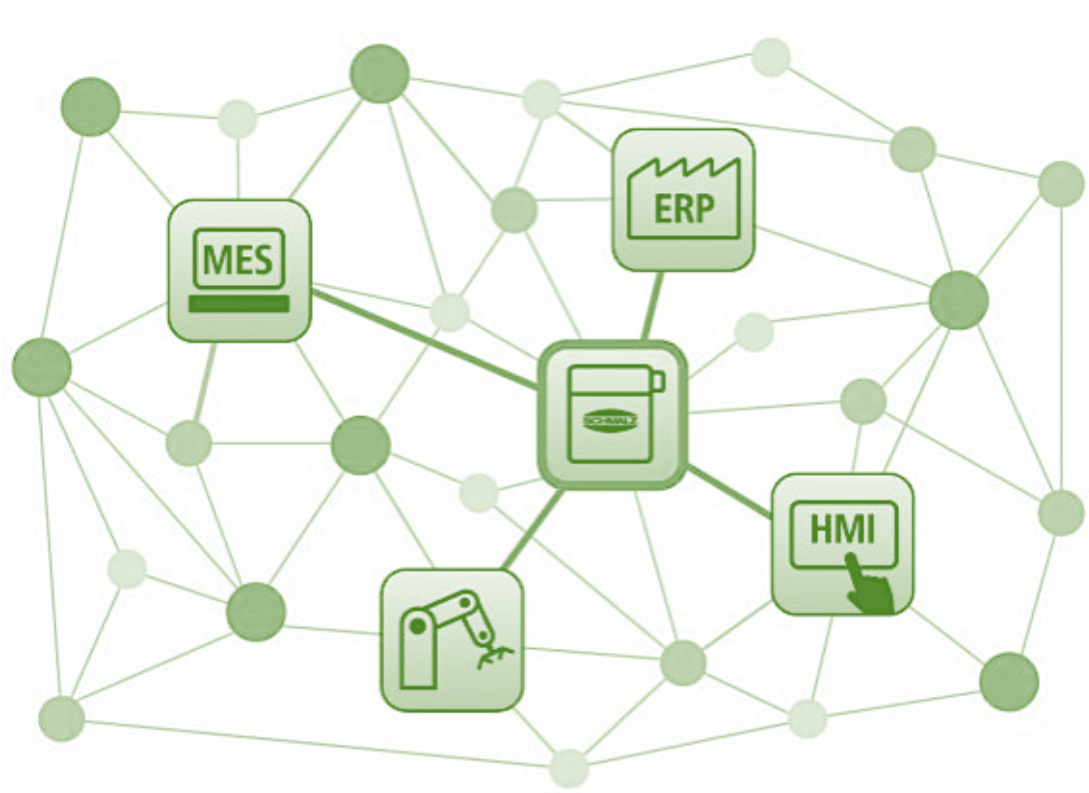

Abb. 25: Künftige Struktur: durchgängige Kommunikation in der Automatisierungscloud (Ludwig 2015)

Um Webservice-Technologie mit Gebäudeautomatisierung zu kombinieren, sind grundlegenden Aspekte der Datendarstellung und -übertragung zu bestimmen und die Anwendungsdomäne zu modellieren. Drei Standards sind hier erwähnenswert: erstens die OPC UA (Unified Architecture), die nun auf Webservices basiert, zweitens BACnet, das ebenfalls in dieser Hinsicht erweitert wurde (BACnet/WS), und drittens oBIX (*Open Building Information Exchange*). Alle drei bieten Zugriff auf historische Daten sowie Ereignis- und Alarmmanagement. Sowohl die Standards BACnet/WS als auch oBIX, die speziell für die Gebäudeautomation entwickelt wurden, stehen offen zur Verfügung. Aufgrund seines erweiterbaren Datenmodells ist oBIX besonders interessant (Neugschwandtner, Neugschwandtner, und Kastner 2007).

KNX

KNX ist ein etabliertes Gebäudeautomationssystem (aufbauend auf seinem Vorgänger EIB) und verwendet wie die meisten verteilten Automatisierungssysteme Funktionsblöcke, um Systemfunktionen zu modellieren. Funktionsblöcke sind

logische Teile eines Geräts, die eine Funktion dieses Geräts darstellen. Zum Beispiel könnte ein Funktionsblock "Knopf drücken" einen Teil eines Schalters beschreiben. Funktionsblöcke umfassen nie mehr als ein Gerät und sind einer Gruppe von Datenpunkten zugeordnet, die als Kommunikationsendpunkte fungieren und Zugriff auf die Funktionen eines Blocks bereitstellen. Ihre Syntax und Semantik sind für einen bestimmten Funktionsblock-Typ definiert (Neugschwandtner, Neugschwandtner, und Kastner 2007).

Integration von KNX und oBIX

Web Services folgen einem modularen Konzept, was die Verwendung von Standards zur Übertragung, Sicherheit etc. ermöglicht. Web Services sind auch die beliebteste Methode zur Implementierung serviceorientierter Architekturen (SOA). Sie sind in einer solchen Architektur so aufgebaut, dass sie in sich geschlossen und lose gekoppelt sind. Dies bedeutet, dass sie flexibel in komplexen Anwendungen angeordnet werden können. oBIX bietet ein flexibles Objektmodell zur Beschreibung der auf dem Server verfügbaren Daten und Operationen. In oBIX werden Objekte verwendet, um Datentypen (Klassen) und Operationen (Methodensignaturen) zu beschreiben. Die Flexibilität von oBIX basiert auf der Möglichkeit, jede Art von Objekt individuell zu definieren (Neugschwandtner, Neugschwandtner und Kastner 2007).

oBIX folgt einem sogenannten RESTful-Ansatz (*Representational State Transfer*), einer ressourcenorientierten Struktur für Web Services. Eine Charakteristik von RESTful ist, dass Ressourcen eine stark eingeschränkte Menge an Operationen und eine einheitliche Schnittstelle nutzen. Dieser Ansatz ist konzeptuell dem World Wide Web ähnlich, bei dem nur die Befehle GET, PUT und POST für den Zugriff auf unzählige Ressourcen verwendet werden. Auch bei oBIX sind auf der Web-Service-Ebene nur drei Netzwerkanforderungsarten definiert. Die ersten beiden sind "read" (für jedes Objekt anwendbar) und "write" (für beschreibbare Objekte). Für Operationen, die über die grundlegenden Funktionen "get" und "set" hinausgehen, können benutzerdefinierte Operationen auf der oBIX-Ebene wie jedes andere benutzerdefinierte Objekt definiert werden. Zum Aufrufen dieser Operationen gibt es einen dritten Anforderungstypen. Zusätzlich zu SOAP ermöglicht der RESTful-Ansatz auch, dass oBIX eine einfache HTTP-Protokollbindung unterstützt, die nur HTTP GET, PUT und POST benötigt (Neugschwandtner et al. 2007).

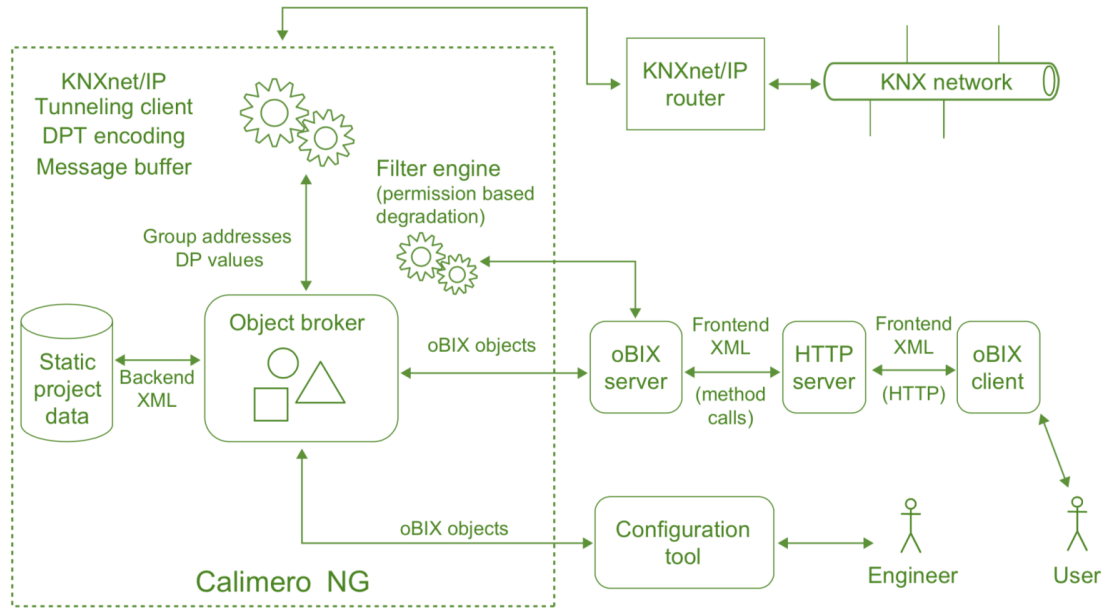

Abb. 26: oBIX-Server-Implementierung (Neugschwandtner et al. 2007)

Die Datenbank enthält statische Informationen über die KNX-Installation und verwendet dasselbe Objektmodell wie für die Kommunikation mit dem oBIX-Client. Sie ist als Textdatei implementiert, die die XML-Darstellung der oBIX-Objekte enthält. Informationen über die Datenpunkte im KNX-System, ihre Kommunikationsmodi und Adressierungsinformationen müssen während der Konfigurationsphase zur Verfügung gestellt werden. Der HTTP-Server implementiert die oBIX-HTTP-Protokollbindung und ist verantwortlich für die Verarbeitung von HTTP-Anfragen (PUT, GET, POST und Daten), die vom oBIX-Client ausgegeben werden. Er führt auch die Benutzerauthentifizierung durch und informiert das oBIX-Servermodul über den Benutzernamen, der jeder Anfrage zugeordnet ist. Das oBIX-Servermodul arbeitet auf der Ebene der oBIX-Netzwerkanforderungen und übersetzt zwischen oBIX XML-Streams und ihren Java-Objektdarstellungen. Der Objektbroker stellt der Datenbank ein Frontend zur Verfügung und ermöglicht das Speichern, Abrufen und Löschen von Objekten. Die Filter-Engine entfernt Informationen von oBIX-Objekten, die der Client nicht benötigt (z. B. KNX-Gruppenadressen) oder bereitstellen muss. Dies geschieht aus Sicherheitsgründen, aber auch um eine saubere Schnittstelle bereitzustellen (Neugschwandtner et al. 2007).

Local Operating Network

LON ist ein Standard für einen Feldbus, der von einer US-amerikanischen Firma entwickelt wurde und weite Verbreitung in der Gebäudeautomatisierung findet. Der Standard ist mittlerweile von der IEC und der ISO als internationale Norm anerkannt. Das dahinterliegende Konzept des LON-Feldbussystems ist die dezentrale Automatisierung in flachen Systemen. Die im LON kommunizierenden Geräte werden in Sensoren, Aktoren und Controller unterteil und in der LON-Terminologie allgemein als Nodes bezeichnet. LonWorks ist eine offene Plattform für Steuerungsanwendungen. Mit LonWorks/IP wurde ein Tunneling-Protokoll für LON-Nachrichten über IP spezifiziert. In der Regel verwenden Installationen einen LNS-Server für den Zugriff auf LON. Eine Treibersoftware oder -bibliothek mit einer Lon Works/IP-Schnittstelle, die Prozessdaten überwacht und sie an einen technischen Prozess, z. B. eine Gebäudemanagementanwendung, liefert, benötigt eine geeignete Datenstruktur für die Zwischenspeicherung und die Bereitstellung der angeforderten Netzwerk-Variablen. Dies kann erreicht werden, indem sie in das BIM-Modell integriert werden (Malinowsky und Kastner 2010).

Integration von LON und IFC

Mit fortschreitender Konvergenz in der Gebäudeautomatisierung wird es weniger notwendig, physikalische Schnittstellen und Interoperabilität auf der Netzwerkebene für den Datenaustausch festzulegen. Stattdessen liegt der Schwerpunkt auf der Bereitstellung semantischer Definitionen, sodass verschiedene Netzwerkprozesse eine nahtlose Interaktion durchführen können (Malinowsky und Kastner 2010). Eine Aufgabe der jüngsten Forschungs- und Standardisierungsbemühungen besteht darin, die Interaktion zu definieren und Regeln für die Steuerung zwischen verschiedenen Domänen in der Gebäudeautomation zuzuordnen. Beleuchtungs-, Beschattungs-, Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlagen oder Überwachungssysteme beispielsweise teilen sich entweder ein gemeinsames Kommunikationssystem oder bestehen aus verschiedenen Systemen. Erstrebenswert sind klar definierte, standardisierte Profile und Beschreibungen für den interoperablen Informationsaustausch. Auf der Managementebene der funktionalen Hierarchie konzentrieren sich Softwareanwendungen auf die Systemintegration. Softwarekomponenten unterstützen die Einbindung verschiedener Gebäudeautomationssysteme, ermöglichen den Zugriff auf verschiedene Steuerungsnetzwerke und kombinieren das extrahierte Wissen dieser Systeme zu einer übergreifenden Informationsbasis.

An der Mensch-Maschine-Schnittstelle ist eine Kombination aus Zugriff auf Steuerung und Visualisierung wichtig. Dies betrifft räumliche Informationen und Gebäudegeometrien einschließlich CAD-Pläne sowie technische Informationen, wie z. B. Gerätenamen und -konfigurationen, Ein- und Ausgabeeinstellungen (I/O) wie Aktualisierungsintervalle, sowie domänenspezifische Informationen wie z. B. Energie- und Performancedaten (Malinowsky und Kastner 2010).

Ein Ansatz besteht darin, auf die vorhandenen Daten eines IFC-Modells zuzugreifen und diese zu integrieren. IFC bietet als offenes Format die Möglichkeit, TGA-Daten einzubeziehen und darzustellen. Malinowsky und Kastner (2010) zeigen, wie LON-Prozesskommunikation mit standardisierten Datentypen IFC-konform modelliert werden kann. In ihrer Arbeit beschreiben sie drei Möglichkeiten für die Integration der Prozesskommunikation. Darüber hinaus konzentrieren sie sich auf die Wichtigkeit einer Gesamtintegration im Rahmen von IFC.

3.5 Digital Twin Platform auf Basis von BIM und IoT

3.5.1 Real-Time Facility Information Management

Die primäre Herausforderung des Datenmanagements in Smart Buildings ist der Umgang mit der Unmenge an Daten, die im Gebäudekontext entsteht. Der zunehmende Einzug pervasiver Sensorplattformen und des Internets der Dinge haben zu einer Fülle von neuartigen Entitäten geführt, die Daten in und über das Gebäude produzieren. Unzählige neue Sensoren und andere technische Einrichtungen in Gebäuden und Infrastrukturen, aber auch von den Gebäudenutzern in Form von sogenannten Smart Devices, ergeben eine Fülle von Daten, aus denen nützliche Informationen erfasst werden können. Neben diesen vielschichtigen und dynamischen Datenquellen gibt es eine Vielzahl von statischen Daten über das Gebäude, die in verschiedenen Formaten und Systemen gespeichert sind. Dies erfordert nicht nur neuartige Systeme zum Speichern und Prozessieren dieser enormen Menge an Daten, sondern auch die Fähigkeit, diese Daten miteinander zu verknüpfen, um die Grundlage für eine ganzheitliche Sichtweise zu schaffen. Von besonderer Bedeutung ist die Fähigkeit, eine effiziente und effektive Management-Middleware zu ermöglichen, die die gewünschten Informationen in einer ansprechbaren Form abrufen kann (Schleicher et al. 2015).

Während in der Planungs- und Errichtungsphase vor allem jene Informationen relevant sind, mit denen ein Objekt gebaut werden kann, sind es für einen effizienten und nachhaltigen Betrieb die Echtzeit-Daten, mit denen unmittelbar interagiert werden soll.

Prinzipiell sind Daten in elektronischer Form von Beleuchtungssystemen, Brandmeldesystemen, Zutrittssystemen, Sicherheitssystemen, Heizungs-, Kühl- und Ventilationssystemen sowie von Aufzügen und weiteren elektronischen und mechanischen Komponenten vorhanden und werden üblicherweise von einem Building Management System zusammengefasst (Capehart 2007), welches das Facility Management bei der Verwaltung unterstützt (Levermore 2013).

Ein BMS ist mit den elektrischen und mechanischen Komponenten üblicherweise über einen Programmable Logic Controller (PLC) verbunden, der diese Komponenten überwacht und ihre Information extrahiert (Levermore 2013). Ein PLC verwendet viele

verschiedene Typen von Übertragungsprotokollen, wie beispielsweise BACnet, LonWorks, Modbus, SOAP, Profibus, XML und JSON (Capehart 2007). Die übertragenen Daten können mittels SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) kontrolliert und überwacht werden. Das SCADA-System verwaltet auf der Hardware-Ebene die Kommunikation zwischen dem PLC und der Rechnereinheit. Es liest etwa die Daten vom PLC und schickt Kontroll-Befehle zurück (Krutz 2015). Dabei werden verschiedene Arten von Übertragungsrechnologien eingesetzt, wie etwa Ethernet, RS485, GSM, 3G, 4G oder demnächst 5G. Das SCADA-System kann auf einem Server in einem LAN oder WAN gehostet werden (Radvanovsky 2016).

Üblicherweise kommen die Daten vom SCADA-System in eine Oberfläche für den Facility Manager, die aus 2D-Vektorgrafiken besteht und die Lage und Position der Daten im Gebäude veranschaulicht (Krutz 2015).

Auf Grundlage der Untersuchungen der Möglichkeiten von Building Information Modeling und Internet of Things im Facility Management sowie von deren integraler Verknüpfung sollen nun die Merkmale und Funktionen der Kernstruktur einer FM-Plattform betrachtet werden, die BIM und IoT zu einem digitalen Zwilling zusammenfügt und damit eine intuitive Oberfläche bereitstellt. Eine solche Plattform ist für das Management sämtlicher Gebäudeinformation und deren Flüsse, Verfügbarkeiten, Auswertung und Darstellung zuständig.

Das Internet der Dinge basiert auf horizontalen Informationssilos, die Informationen zwischen den einzelnen Dateninseln transportieren. Bei BIM handelt es sich um ein vertikales Informationssilo, das sehr spezifische Informationen über die gebaute Umwelt enthalten kann, sowohl was sichtbar als auch unsichtbar ist. Man kann sich alle Teile eines Gebäudes als Knoten innerhalb eines Systems vorstellen, ähnlich wie IoT-Geräte als Knoten des IoT-Ökosystems betrachtet werden können. Beispiele für sichtbare Knoten sind die Struktur einer Wand, der Hersteller eines Bodenbelags oder die Systemkapazität eines Kühlturms. Unsichtbare Knoten sind konzeptuell, wie ein Raum oder eine Fläche, und haben keine physische Präsenz, enthalten aber dennoch eine große Menge an Informationen. Es ist die Verbindung von sichtbaren und unsichtbaren Knoten, die das BIM-Modell zu einem nützlichen Werkzeug und einer Quelle von Informationen macht (Rowland 2016).

Die Verantwortlichkeit für den Einsatz und Betrieb der Plattform kann beim internen Facility Management liegen, bei einem (technischen) Facility-Service-Dienstleister oder bei einem externen, auf Informationsmanagement spezialisierten Anbieter von Facility Information Management.

Es gibt unterschiedlichste Ansätze, wie Information im Gebäudebetrieb verwaltet werden kann. Die Bandbreite reicht von Papier und Bleistift, über Excel, ERP und CAFM bis hin zum Einsatz neuer technologischer Möglichkeiten. Auf BIM basierende Vorschläge sind in vielen Fällen noch nicht sehr weit gedacht und bilden oft eine einfache Erweiterung bestehender Systeme um die Lesbarkeit von BIM-Modellen.

Einen möglichen Zugang wählen Talamo und Bonanomi (2015) für ihr Konzept einer FM-Plattform unter der Bezeichnung „Command Center“. Mit diesem Konzept sollen mindestens zwei grundlegende Ziele der Management-Dienstleistungen gleichzeitig verfolgt werden können: erstens die Überwachung und Kontrolle der Einhaltung der Vertragsanforderungen durch den Kunden; zweitens die effektive Integration der verschiedenen im Vertrag enthaltenen Dienstleistungen. Die Struktur dieser Kommandozentrale baut zwar nicht auf BIM auf, veranschaulicht jedoch einige sehr nützliche Formen des Informationsmanagements, was als Anregung für ein BIM-basiertes Facility Information Management dienen kann. Für die Kategorisierung in Tab. 1 haben Talamo und Bonanomi auf eine Reihe von FM-Vereinbarungen zurückgegriffen.

Areas	Main activities
Information system	Design of the information system for the control of services
	Implementation of the information system for the control of services
	Operation and management of the information system
Registry	Setting up and management of technical registry
	Population and updating of the database
	Information management
Planning and scheduling	Planning and scheduling of the tasks
	Budgeting and management of the work orders
	Coordination and supervision of the operations
Operation centre	Management of the call centre
	Management of the corrective tasks
	Management of the operational unit
Management of third parties	Management of the building files
	Management of the construction documents
	Management of the previous contracts
	Management of the utilities supply
	Insurances
	Administration
Communication	Support to the internal information
	Communication plan
	Training plan
Monitoring and checks	Coordination of the general monitoring activities
	Management of the inspections and technical checks
	Management of the set of indicators

Tab. 1: Framework der möglichen Hauptaufgaben des Command Centers (Talamo & Bonanomi)

In Anlehnung an das Command Center Modell lassen sich drei Hauptaufgabenbereiche einer Facility Information Management Platform (FIMP)

festlegen: Management der Information, Planung und Koordinierung sowie Monitoring und Kontrolle.

Einen Vorschlag für den Aufbau eines Echtzeit-Informationsmanagementsystems liefern Khalid et al. (2017):

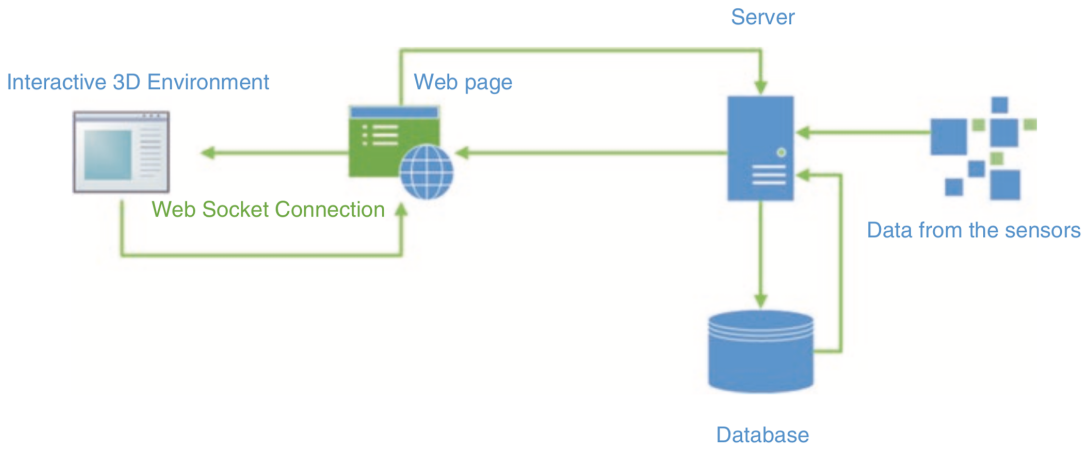

Abb. 27: Datenfluss zwischen Informationsmanagement und BIM-Datenbank (Khalid et al. 2017)

Die von den Sensoren generierten Daten werden dabei an den Server übermittelt, der alle Daten verwaltet und an die Datenbank und die Website übermittelt. Die Website sendet die Daten über eine Web-Socket-Verbindung an eine 3D-Programmierumgebung. Der Server stellt die Echtzeitdaten direkt auf der Website bereit. Wenn historische Daten benötigt werden, wird die Anfrage über die Programmierumgebung via Web-Socket-Verbindung an die Website gesendet. Die Website fordert die Daten wiederum vom Server an und dann fordert der Server die Daten von der Datenbank an, die eine Antwort zurück zum Server und dann zur Website sendet. Diese liefert dann die angeforderten historischen Daten an die Engine. Die 3D-Oberfläche ist so programmiert, dass sie eine Reihe von Triggerpunkten im 3D-Modell hat, um die Extraktion von Daten auszulösen und sie in der Oberfläche anzuzeigen (Khalid, Bashir und Newport 2017). Die Verbindung zwischen der Webseite und der Engine wird mithilfe der Web-Sockets anstelle von Pollings hergestellt, denn Web-Sockets bieten Vollduplex-Kommunikation (Pimentel und Nickerson 2012). Außerdem reduziert der Einsatz von Web-Sockets die Arbeitsbelastung des Servers und ermöglicht somit eine bessere Integration von

Echtzeitdaten (Gutwin, Lippold und Graham 2011), was für ein Facility Information Management von grundlegender Bedeutung ist.

In einem Ansatz von Pasini et al. (2016) wird ein Building Management System (BMS) auf Grundlager von BIM verwendet, um Daten von Sensoren und diversen Geräten zu verarbeiten, zu speichern und eine Basisanalyse durchzuführen. Das BIM-Modell wird zum Speichern von geometrischen und semantischen Daten verwendet. Die BMS-Daten werden in diesem Konzept über eine CAD-Lösung in BIM integriert. Um diese Kommunikation zu ermöglichen, wurde ein individuell angepasster BMS-BIM-Konverter programmiert. Dieser ermöglicht die Konvertierung von BMS-Daten in das offene IFC-Format. Außerdem wurde ein weiterer Konverter, der BIM-IFC, entwickelt, um grundsätzlich die Speicherung sensorbasierter Informationen im BIM-Modell zu ermöglichen, da die ersten Versionen von IFC nicht für die Verarbeitung von Sensordaten ausgelegt waren. Dieser Ansatz ist bereits ein Beispiel für eine vollständige IoT-Anwendung, da er Informationen aus dem BIM-Modell übernehmen und über das BMS in die Anwendung übertragen oder Daten von Sensoren und BMS in das BIM-Modell integrieren kann.

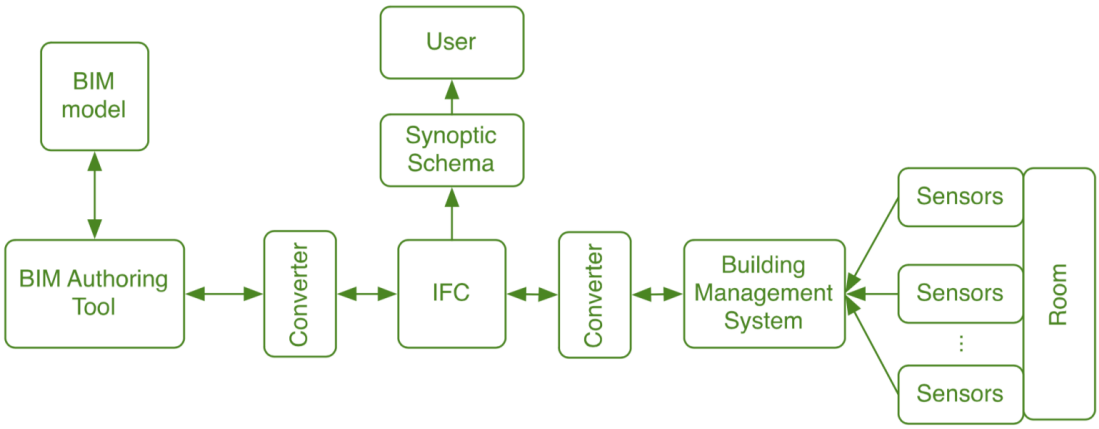

Abb. 28: Architektur des Systems zur bidirektionalen Verbindung eines IFC-Modells mit Sensordaten (Pasini et al. 2016)

RESTful Web Services wurden in weiterer Folge verwendet, um die Sensordaten an das BMS zu übertragen. Eine erprobte Anwendung war beispielsweise ein Dashboard, das den Energieverbrauch aufzeichnet. Die Datenübertragung erfolgt über die Ethernet-Verbindung und das Modbus TCP/IP-Protokoll. Die Integration von

Sensoren in BIM-Modelle ermöglicht dem Nutzer in Echtzeit Gebäudezustände gemeldet zu bekommen, Anlagen zu überwachen oder Störmeldungen an das Facility Management schicken zu können. Die bidirektionale Integration von BIM und BMS ermöglicht sowohl das Anzeigen als auch das Steuern. Ein einfaches Beispiel ist die Kontrolle der Raumtemperatur. Mithilfe von Sensoren und der IoT-Integration können spezifische Informationen zur Temperatur entlang einer Zeitachse, beispielsweise über eine Woche hinweg, sichtbar gemacht werden. Solche Informationen können wiederum dazu verwendet werden, eine fein abgestimmte Steuerung von HKL-Anlagen durchzuführen, um die Energieeffizienz und den Nutzerkomfort zu verbessern.

3.5.1.1 Elemente

Service-orientierte Architektur

In einer serviceorientierten Architektur werden einzelne Services zu einem Workflow zusammengefasst, der den jeweiligen Prozess widerspiegelt. Auch wenn „Services“ sehr allgemein definiert werden kann, sind in der Praxis Webservices die am häufigsten verwendeten Services. Die Zusammenstellung von Web-Services kann durch eine sogenannte Orchestrierung erfolgen. Eine Orchestrierung ist ein Workflow, der Aufrufe einzelner Operationen der beteiligten Web-Services kombiniert. Es handelt sich also um eine Zusammensetzung einzelner Operationen. Ein weiterer Ansatz ist, ganze Services zusammenzufassen (Lau und Tran 2008). Der Hauptunterschied zwischen diesen Ansätzen liegt in der Natur eines zusammengesetzten Webdienstes, welcher über alle Vorgänge für die Komposition oder Orchestrierung verfügt. Im Gegensatz dazu stehen in einer Orchestrierung nur die ausgewählten einzelnen Operationen der Mitgliedsdienste zum Aufruf zur Verfügung. Ein zusammengesetzter Service ist ein Dienst, während eine Orchestrierung ein Workflow ist. Aus demselben Grund unterscheidet sich ein zusammengesetzter Dienst auch von einer Choreographie (die auf einer ausgewählten Menge von einzelnen Operationen definiert ist). Ein weiteres wichtiges Merkmal dieses Ansatzes ist, dass die Zusammensetzung hierarchisch ist. Dies bedeutet, dass ein zusammengesetzter Dienst Schritt für Schritt aus Unterdiensten systematisch aufgebaut werden kann (Lau und Tran 2008).

In Bereichen, in denen detaillierte semantische Informationen in Verbindung mit detaillierten geometrischen Darstellungen von zentraler Bedeutung sind, wie z. B. beim Errichten oder Betreiben von Gebäuden, sind Informationsmodelle in der Regel komplex strukturiert. Bisherige Ansätze zum Teilen und Austauschen von Informationsmodellen von Gebäuden konzentrieren sich meist auf den Austausch einer Datei zwischen Anwendungen und die Verwendung gemeinsamer zentraler Datenbanken zur Ausführung von CRUD-Operationen (Create / Read / Update / Delete) für die BIM-Modelle. Darüber hinaus wird die Verwendung von Modellansichten (Teilmengen eines Modells, die gemäß den Erfordernissen eines spezifischen Informationsaustauschszenarios definiert sind) zur Erleichterung des BIM-basierten Informationsmanagements während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes angewandt. Beispiele wie BIMServer (BIMServer 2015) zeigen, wie Web-Services zum Erfassen von Informationen aus BIM-Modellen eingesetzt werden können. In der Fachliteratur wurden meist Beispiele für die Nutzung von zentralen gemeinsamen Datenbanken und Webdiensten zur Nutzung von Informationen aus BIM-Modellen behandelt, mittlerweile gibt es immer mehr Untersuchungen (wie Isikdag 2012) zur Formalisierung des Teilens eines verteilten BIM-Modells und Informationsbeschaffung von dem geteilten Modell über das Web.

Cloud-Computing

Um mit der mit einem Echtzeit-Informationsmanagement verbundenen großen Anzahl von Daten umgehen und deren sorgfältige Verarbeitung sicherstellen zu können, ist der Einsatz von Cloud-Computing notwendig. Cloud-Lösungen ermöglichen das über das Internet verteilte Speichern und Prozessieren verschiedener Services. Diese Services können in vier Kategorien unterteilt werden: Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS), Software as a Service (SaaS) und Business Process as a Service (BPaaS) (Yang et al. 2014). Ein wesentliches Merkmal der Cloud ist die Skalierbarkeit und das Bereitstellen von Information für eine sehr große Anzahl von Nutzern.

Der SaaS-Dienst bietet Zugriff auf webbasierte Softwareanwendungen wie E-Mail, browserbasierte Anwendungen oder andere Arten von webbasierten Softwarediensten (Sabharwal und Wali 2013). Dieser Cloud-Service wird von einem Anbieter installiert und betrieben (Buyya et al. 2013). Die Daten eines Facility Information Management Systems können in der Cloud bereitgestellt werden,

wodurch die Daten der angebundenen Geräte, beispielsweise die Beleuchtungssteuerung oder die Heizungssteuerung, mit dem Internet verbunden sind. Sofern dadurch eine Fernkontrolle bzw. -steuerung möglich wird, die auch mit anderen Geräten verknüpft werden kann, kann man von einem IoT-System sprechen, das eine M2M-Kommunikation und eine Datenanalyse ermöglicht.

Der PaaS-Dienst bietet eine Rechenplattform, die einen Webserver, eine Datenbank, ein Betriebssystem oder eine Programmierumgebung wie PHP, Python oder eine andere Programmiersprache (Jamsa 2013) enthalten kann. Diese Art von Cloud-Plattform bietet Entwicklern die Möglichkeit zum Testen, Ausführen und Bereitstellen ihrer Anwendungen in der Cloud ohne die Kosten und Komplexität, die zum Einrichten verschiedener Programmierumgebungen und Hardware erforderlich sind (Chandramouli 2011). Dieser Cloud-Service ist ebenso auf die Bedürfnisse der Nutzer skalierbar (Jamsa 2013).

Das IaaS-Modell stellt virtuelle Maschinen mit Hypervisor-Pools bereit, um Cloud-Nutzern physische Rechenleistung zur Verfügung zu stellen (Jamsa 2013). Diese Hypervisor-Pools können je nach Benutzeranforderung hinauf- oder hinunterskaliert werden. Dieser Service bietet Speicher, Virtual Local Area Network (VLAN) mit IP-Adressen, Firewall, Load Balancer und Softwareanwendungen an (Sosinsky 2011).

Bei BPaaS handelt es sich um die Bereitstellung von BPO-Services (Business Process Outsourcing), die auf der Cloud aufbauen und für eine Vielzahl von Kunden ausgelegt sind. Diese Dienste übernehmen häufig auftretende Geschäftsprozesse und sind oft automatisiert. Die Lizenzmodelle sind meist abrufbasiert oder abonnementbasiert.

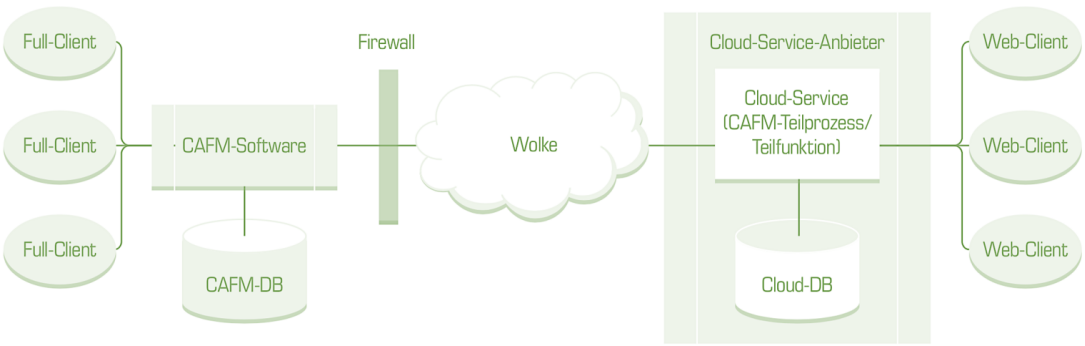

Abb. 29: Exemplarische Darstellung der Nutzung externer CAFM-Teilfunktionen (GEFMA 2016)

4 Schlussfolgerung

Die digitale Transformation ist im Begriff, Betrieb, Bewirtschaftung und Nutzung von Gebäuden völlig neu zu gestalten. Die wesentlichen Treiber dahinter sind zum einen technologische Fortschritte in der Hardware-Entwicklung, die Geräte immer kleiner, langlebiger und vor allem leistungsfähiger machen – Datenanhäufung und -verarbeitung ist nichts Neues, aber heute können Daten in einem weit größeren Ausmaß, in kürzerer Zeit und mit günstigeren Mitteln erfasst, prozessiert und zur sinnvollen Nutzung bereitgestellt werden. Zum anderen spielt der Grad der Vernetzung eine fundamentale Rolle. Die Tendenz zur Integration und zum einfachen Austausch eröffnet die Möglichkeit, dass sich Systeme ohne menschliche Hilfe verständigen und Prozesse automatisiert werden können. Im Bereich des Gebäudebetriebs betrifft das unzählige Abläufe, die nach und nach automatisiert und damit für Gebäudenutzer in den Hintergrund verschwinden werden. Andere datenbasierte Prozesse können wiederum ausgelagert und zentral verwaltet werden.

Gebäude bestehen aus Daten und liefern durch ihre Nutzung kontinuierlich neue. Das führt zwar zu einer enormen Fülle und Komplexität des Datenmaterials, ist jedoch angesichts der maschinellen Datenverarbeitung und -auswertung durchaus zweckmäßig. Um daraus noch nützliche Informationen für Gebäudebetreiber und -nutzer zu gewinnen, werden Services nötig sein, welche jene Daten extrahieren und aufbereiten, die zu verständlicher Information verdichtet werden können. Damit ist es nun der Schritt möglich, vom Sammeln von isolierten Datensätzen zu einem breiten Verständnis zu gelangen, was tatsächlich im Gebäude passiert. Somit werden auch die Interdependenzen von bisher getrennt behandelten Systemen erkennbar.

Aus den Expertenbefragungen und der extensiven Aufarbeitung einschlägiger Literatur kann eine Reihe von Schlüssen gezogen werden.

So lässt sich die begründete Annahme treffen, dass eine technologische Grundlage für die Digitalisierung im Gebäudebetrieb das Building Information Modeling bildet. Konzeptuell ist BIM dafür ausgelegt, eine einheitliche Sprache für den gebäudebezogenen Datenaustausch bereitzustellen. Sollte BIM wider Erwarten als Konzept wieder verschwinden, ist jedenfalls absehbar, dass zumindest eine BIM-ähnliche Idee diese Lücke schließen würde. Prinzipiell ist es eine kohärente

Entwicklung, die Datenkette von Planen, Bauen, Betreiben und Wiederverwertung durchgängig bereitzustellen und unterschiedliche Verarbeitungsmöglichkeiten zu gewährleisten. Die Konzentration der Daten in einem einheitlichen Format stellt ein umfassendes und transparentes Bild zur Verfügung, während intelligente Algorithmen Empfehlungen als eine solide Entscheidungsgrundlage für die Betriebsführung abgeben können.

Das kann auf urbaner Ebene dazu führen, dass Gebäude untereinander Daten austauschen, Energieproduktion und -verbrauch abgleichen und lageabhängige Maßnahmen vorschlagen. Für die Stadtentwicklung können diese Daten strukturiert verfügbar gemacht werden, um langfristige Entscheidungen zu treffen, wie sich die Stadt ökologisch, sozial und energetisch weiterentwickelt.

Vor allem hinsichtlich energetischer Optimierung spielt eine belastbare Datengrundlage eine wichtige Rolle. Wenn die Klimaziele erreicht werden sollen, wird ein intelligentes Energiemanagement nötig sein. Gebäude werden als Bestandteil eines Smart Grid in der Lage sein müssen, eigenständig zu beurteilen, wie Lasten verteilt, umgewandelt, gespeichert oder erzeugt werden müssen, um das intelligente Energienetz möglichst effizient zu betreiben. Im Smart City Kontext werden sich die einzelnen Gebäude als Smart Buildings miteinander vernetzen, was einer einheitlichen Sprache zur Kommunikation bedarf. Aufgrund seiner integrativen Eigenschaft zur Schaffung einer durchgehend verbundenen Datenbasis ist das Konzept einer Digital Twin Platform auf den urbanen Maßstab skalierbar.

Beim Smart City Begriff geht es um ein Verknüpfen und Hochrüsten bestehender Infrastruktur mit den Mitteln neuer Technologien. Die wesentlichen Akteure in einer Smart City sind die Energie- und die Verkehrsanbieter sowie die regionalen und überregionalen Behörden, welche Daten über bestimmte Aspekte einer Stadt und ihrer Bürger bereitstellen. Bisherige Smart-City-Anwendungen werden in der Regel von einzelnen Infrastruktur-Anbietern in Auftrag gegeben und eingesetzt, weshalb der Fokus auf deren Einzelanforderungen liegen. Dies führt ebenso wie im Bereich des Gebäudemanagements zu einer erheblichen Fragmentierung von isolierten Anwendungen.

Smart Cities werden sich nicht auf ihre geografischen Grenzen beschränken. Künftig werden Smart Cities über ihre intelligenten Systeme hinaus mit anderen Städten

Daten austauschen und voneinander lernen. Dies erfordert nicht nur entsprechende Verbindungssysteme, sondern auch zuverlässige Standards für den Datenaustausch. Auch hier könnte IFC eine Grundlage bilden, auf der autonome Systeme kommunizieren und standardisiert statische und dynamische Daten von Objekten auf urbaner Ebene austauschen. Inzinger et al. (2015) sprechen von einem Konzept der dynamischen Vernetzung, das zu einem *internet of capabilities* führt.

Der Digitale Zwilling ist aber ebenso die Grundlage für verschiedene Arten von Simulationen, wie beispielsweise von Raumnutzungen und -eigenschaften, bauphysikalischen Bedingungen oder technischen Vorgängen. Unter Anwendung realitätsnaher Parameter in Verbindung mit den gebäudeeigenen Spezifikationen können verschiedene Verläufe der Gebäudeperformance getestet und situationsspezifische Szenarios erstellt werden. Die Wirkung von Heizung, Raumkonditionierung, Lüftung und weitere technischen Einrichtungen kann virtuell dargestellt und so Ineffizienzen ausgemacht werden. Zur Gewährleistung der Sicherheit im Gebäude können Evakuierungsszenarien simuliert und die Funktionsweise sicherheitstechnischer Einrichtungen überprüft werden.

Sicherheitsbezogenen Aspekten wird im Betrieb natürlich eine besondere Bedeutung beigemessen und deren Dokumente mit gebührender Sorgfalt gepflegt. Diese sowie sämtliche weitere behördlich relevante Dokumente müssen systematisch mit den realen Gegebenheiten abgeglichen werden, wofür beispielsweise Inspektionsprozesse mit entsprechender Protokollierung eingesetzt werden. Wenn dieser Datenabgleich mithilfe des Digitalen Zwillings erfolgt, eröffnet sich die Möglichkeit von automatisierten Compliance Checks. Um zu jedem Zeitpunkt eine Überprüfung der Normen- und Richtlinienkonformität durchführbar zu machen, bedarf es der Nutzung des Digitalen Zwillings als Prozesswerkzeug.

Generell erfordert der Einsatz eines Digitalen Zwillings einen Umdenkprozess. Der Digitale Zwilling hat nicht mehr die bloße Funktion einer gebäudebezogenen Datenbank, die als Datenablagerung und lediglich zum Abrufen von Informationen dient. Er muss als Instrument gesehen werden, das mit dem Gebäude mitlebt und für sämtliche Prozesse die Grundlage bildet. Das bedeutet, dass nicht eine Datenbank gepflegt wird sondern dass sich die Datenbasis von selbst aktuell hält, indem für die einzelnen Tätigkeiten mit ihr gearbeitet wird. Die Erweiterung des akkumulierten Datenmaterials erfolgt auf organische Art und Weise.

Dazu werden gebäudebezogenen Daten nicht für die unterschiedlichen Anwendungen in unterschiedlichen Dateiformaten gespeichert, wie beispielsweise in Tabellen-, CAD- oder Textformaten, auch der Austausch findet nicht mehr in Form von Dateien statt. Sämtliche Information, die mit dem Gebäude zusammenhängt, wird modellbasiert bzw. objektbasiert abgelegt und referenziert. Die jeweiligen Services und Anwendungen, die auf die Information zugreifen müssen, wandeln diese dann entsprechend ihrer Nutzung in ein geeignetes Format um. Elementbasierte Workflows sind wesentlich effizienter, verhindern Inkonsistenzen und erleichtern die Automatisierung.

Im Gebäudebetrieb ist momentan eine Vielzahl von vertikalen Systemen im Einsatz, die gebäudebezogene Aufgaben getrennt voneinander durchführen. Der Digitale Zwilling ist von seinem Wesen her horizontal ausgerichtet und soll in Zukunft durch die Integration unterschiedlichster Datenquellen zu einem Betriebssystem für das Gebäude werden.

Eines der wichtigsten Schlagworte in diesem Zusammenhang ist Dateninteroperabilität. Erst wenn eine breite Basis dafür geschaffen ist, wird eine vollständige Nutzbarkeit des Datenmodells sichergestellt sein. Dadurch wird die Möglichkeit eröffnet, BIM nicht nur technisch zu nutzen, sondern etwa auch für andere fachliche Tätigkeiten (z. B. kaufmännische oder rechtliche Abwicklungen im Gebäudekontext) oder zur Kommunikation mit Gebäudenutzern. Auch hier ist wiederum wichtig, dass die Aufbereitung der Systemlandschaften eine möglichst hohe Durchgängigkeit gewährleistet.

Mit immer neuen Möglichkeiten, Informationen zu erfassen, zu verarbeiten und zu verteilen stellt sich die Frage, wie mit den enormen Datenmengen umzugehen ist, um verwertbare Interpretationen zu erhalten und Datenüberfrachtung zu vermeiden. Big Data erfährt auch im Gebäudekontext zunehmende Aufmerksamkeit. Mit der Verwertung ihrer Daten werden Gebäude nicht mehr nur als einfache materielle Objekte betrachtet, sondern zur gezielten Erfüllung von Nutzeranforderungen mit Unterstützung entsprechend einsetzbarer Technologie.

Mit der umfassenden Datenverarbeitung und Informationsbereitstellung könnte die FM-Disziplin eine erhebliche Aufwertung erfahren. Das Facility Management könnte

mit einer neuen Management-Kategorie verschmelzen, dem Built Environment Information Management. Im Zuge der Anreicherung unserer physischen Umwelt mit digitaler Information mithilfe cyber-physischer Systeme bzw. dem Abrufen von digitaler Information aus der physischen Umwelt mithilfe von Augmented Reality wird Informationsmanagement eine neue Bedeutung bekommen. Facility Manager als Spezialisten für die Nutzung der gebauten Umwelt könnten in diesem Bereich die notwendigen Kompetenzen aufbauen.

Dies ist auch vor dem Hintergrund zu sehen, dass der Beruf des Facility Managers möglicherweise einen weitreichenden Wandel erfahren wird, wenn intelligente Algorithmen in Form von künstlicher Intelligenz in der Lage sein werden, aus dem unendlichen Datenstrom selbstständig Schlüsse zu ziehen, Maßnahmen zu treffen und aus deren Auswirkungen zu lernen – bei zunehmend schneller werdenden Iterationsschleifen.

Aus den Antworten der Expertenbefragung zu urteilen, dürfte der technologische Wandel jedenfalls in einem weit höheren Tempo vonstatten gehen als die Bereitschaft und die Kenntnisse zur Implementierung neuer Prozesse und Instrumente. Es kann angenommen werden, dass neue Geschäftsmodelle zu einer aktivierenden Dynamik führen werden.

Von der Ausgangsebene der Befragungsergebnisse macht die Betrachtung der technologischen Voraussetzungen für dargestellte Entwicklung deutlich, dass sowohl kulturell als auch technologisch noch einige Limitationen vorherrschen. Es sind zwar Systeme im Einsatz, die Gebäudeinformation über Schnittstellen verfügbar machen und auch bidirektional austauschen können, das ist jedoch von dem hochintegrativen Ansatz des Digitalen Zwillings weit entfernt. Die Grundlagen dafür sind prinzipiell geschaffen, die Dichte der Forschungstätigkeiten und der zukunftsweisenden Konzepte hat eine förderliche Dichte erreicht und die Mehrwerte werden immer deutlicher wahrnehmbar. Von diesem Referenzpunkt aus gesehen zeichnet sich eine Trajektorie ab, die den Einsatz eines integralen Gebäudeinformations-managementsystems absehbar macht, und der Digitale Zwilling „*in wenigen Jahren durchgängige Wirklichkeit sein wird*“.

5 Literaturverzeichnis

Abramovici M. und Sieg O.C. (2002): Status and Development Trends of Product Lifecycle Management System. Proceedings of IPPD 2002, Wroclaw, Poland.

Adama, U.J. und Michell K.A. (2017): Potential Effects of Technological Innovations on Facilities Management Practice. S. 211–19.

Amann K. (2002): Product lifecycle management: empowering the future of business. CIM Data, Inc.

Ameri Farhad und Dutta Deba (2005): Product Lifecycle Management : Closing the Knowledge Loops. S. 577–90.

Ashworth Simon, Tucker Matthew und Kassem Mohamad (2016): Integration of FM Expertise and End User Needs in the BIM Process Using the Employer's Information Requirements (EIR)

Atkin Brian und Bildsten Louise (2017): A Future for Facility Management. Construction Innovation 17(2). S. 116–24.

Atzori Luigi, Iera Antonio und Morabito Giacomo (2010): The Internet of Things: A Survey. Information Systems Frontiers. S. 2787–2805.

Azhar Salman (2011): Building Information Modeling (BIM): Trends, Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. Leadership and Management in Engineering, No. 11, S. 241–52.

Becerik-Gerber Burcin, Jazizadeh Farrokh, Li Nan und Calis Gulben (2012): Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management Burcin. Journal of Construction Engineering and Management.

Borgia Eleonora (2014): The Internet of Things Vision: Key Features, Applications and Open Issues. Computer Communications, No. 54, S. 1–31.

Borrmann André, König Markus, Koch Christian und Beetz Jakob (2015): Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Springer.

Boussabaine A. und Kirkham R. (2008): Whole Life-Cycle Costing: Risk and Risk Responses. John Wiley & Sons, London.

British Standards Institute (2015): BS8536 - Briefing for design and construction. Code of practice for facilities management (Buildings infrastructure). BSI Standards Publications.

Brown Neil, Bull Richard, Faruk Farhan und Ekwevugbe Tobore (2012): Novel Instrumentation for Monitoring after-Hours Electricity Consumption of Electrical Equipment, and Some Potential Savings from a Switch-off Campaign. Energy and Buildings, No. 47, S. 74–83.

Brynjolfsson Erik und Hitt Lorin M. (1998): Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance. Beyond computation: information technology, organizational transformation and business performance, J. Econ. Perspect. 14 (2000) (No. 4) 14(4), S. 23–48.

Brynjolfsson Erik und McAfee A. (2014): The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. WW Norton & Company.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017): Industrie 4.0 - Innovation für die Produktion von morgen. No. 170.

Busch Jörg, Soukup Alexander, Dutzler Harald, Loinig Markus und Gorholt Andreas (2015): Industrie 4.0 – Österreichs Industrie im Wandel, PriceWaterhouseCoopers.

Buyya R., Vecchiola C. und Selvi S.T. (2013): Mastering cloud computing. McGraw Hill, New Delhi.

Cavka, Hasan Burak, Staub-French Sheryl und Poirier Erik A. (2017): Developing Owner Information Requirements for BIM-Enabled Project Delivery and Asset

Management. Automation in Construction, No. 83, S. 169–83.
Chandramouli Ramaswamy (2011): Cloud Service Feature Driven Security Policies for Virtualized Infrastructures. WMSCI 2011 The 15th World MultiConference on Systemics Cybernetics and Informatics Proceedings, No. 1, S. 166–71.
Chang W.C. (2016): Utilizing BIM and COBie in the facility management of building-The case of Da Long Dong Public Housing. National Taiwan University of Science and Technology, Taipei.
Chiang, Cheng Ting, Chu Chun Ping und Chou Chien Cheng (2015): BIM-Enabled Power Consumption Data Management Platform for Rendering and Analysis of Energy Usage Patterns. Procedia Engineering, No. 118, S. 554–562.
Conti Marco et al (2012): Looking Ahead in Pervasive Computing: Challenges and Opportunities in the Era of Cyberphysical Convergence. Pervasive and Mobile Computing Vol. 8, No. 1, S. 2–21.
Curry Edward et al (2012): Linking Building Data in the Cloud: Integrating Cross-Domain Building Data Using Linked Data. Advanced Engineering Informatics Vol. 27, No. 27, S. 206–219.
Darby Sarah (2006): The Effectiveness of Feedback on Energy Consumption a Review for Defra of the Literature on Metering , Billing and. Environmental Change Institute University of Oxford Vol. 22, S. 1–21.
Dearborn J. (2015): Data Driven: How Performance Analytics Delivers Extraordinary Sales Results. John Wiley & Sons, London.
Eastman Charles M. (1999): Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction. Automation in Construction, No. 4, S. 129–205.
Eastman Chuck, Liston Kathleen und Sacks Rafael (2008): BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors.
Engelbart D.C. (1962): Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework. Air Force Office of Scientific Research, AFOSR-3233.
Eynon John (2013): The design manager's handbook. John Wiley & Sons.
Fassi F. et al. (2015): A New Idea of Bim System for Visualization, Web Sharing and Using Huge Complex 3d Models for Facility Management. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives 40(5W4), S. 359–366.
Fathi Madjid, Holland Alexander, Abramovici Michael und Neubach Manuel (2007): Advanced Condition Monitoring Services in Product Lifecycle Management. IEEE International Conference on Information Reuse and Integration, IEEE IRI-2007: S. 245–50.
Fernandez-Solis Jose L. und Mutis Ivan (2010): The Idealization of an Integrated BIM, Lean, and Green Model (BLG). In: Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies, eds. Jason Underwood and Umit Isikdag.
Finlay D. (1998): A commercial approach. Premises & Facilities Management.
France K. et al. (2010): Building on IT Survey: Cost Reduction and Cost Effectiveness. Construct IT For Business Report, Salford.
Gallaher Michael P., O'Conor Alan C., Dettbarn John L. und Gilday Linda T. (2004): Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry. Nist, S. 1–210.
Garetti M. und Terzi S. (2004): Product Lifecycle Management: definition, trends and open issues. International Conference on Advances in Production Engineering, Warsaw, Poland.
GEFMA (2016): Cloud Computing im Facility Management. White Paper GEFMA 942.
GEFMA (2017): Building Information Management Im Facility Management. White

Paper GEFMA 926.
Goodhew Steve (2016): Sustainable construction processes: A resource text. John Wiley & Sons.
Grieves Michael (2005): Product Lifecycle Management: the new paradigm for enterprises. Int. J. Product Development 2 (Nos. 1/2). S. 71–84.
Grieves Michael (2006): Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking. McGraw-Hill, New York.
Grieves Michael und Vickers John (2016): In: Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches. S. 85–113.
Grieves Michael (2012): Virtually Indistinguishable. Product Lifecycle Management. Towards Knowledge-Rich Enterprises (2011), S. 226–42.
Griessbauer Reinhard, Vedso Jesper, Schrauf Stefan (2016): Industry 4.0: Building the Digital Enterprise. PwC 2016 Global Industry 4.0 Survey.
Guillen A.J. et al. (2016): Building Information Modeling as Assest Management Tool. IFAC-PapersOnLine Vol. 49, No. 28, S. 191–196.
Gutwin Carl A., Lippold Michael und Nicholas Graham T. C. (2011): Real-Time Groupware in the Browser. Proceedings of the ACM 2011 conference on Computer supported cooperative work - CSCW '11: S. 167.
Hannus Matti et al. (2003): Construction ICT Roadmap.
HM Government (2015): UK Government Digital Built Britain: Level 3 Building Information Modelling - Strategic Plan. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/410096/bis-15-155-digital-built-britain-level-3-strategy.pdf - abgerufen am 22. Februar 2018
HM Treasury (2016): Budget 2016. https://www.gov.uk/government/publications/budget-2016-documents/budget-2016 - abgerufen am 22. Februar 2018
International Organization for Standardization (ISO) (2004): ISO 16484-2:2004, Building automation and control systems (BACS) - Part 2: Hardware.
International Organization for Standardization (ISO) (2012): ISO 29481-2:2012 Building information models - Information delivery manual - Part 2: Interaction framework.
International Organization for Standardization (ISO) (2016): ISO 29481-1:2016, Building information models - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format.
International Organization for Standardization (ISO) (2017): EN ISO 41001 - Facility Management.
International Organization for Standardization (ISO) (2017): EN ISO 19650-1:2017 – Organisation von Daten Zu Bauwerken – Informationsmanagement mit BIM – Teil 1: Konzepte Und Grundsätze.
Irizarry Javier, Karan Ebrahim P. und Jalaei Farzad (2013): Integrating BIM and GIS to Improve the Visual Monitoring of Construction Supply Chain Management. Automation in Construction, Vol. 31, S. 241–54.
Isikdag Umit und Underwood Jason (2009): A Synopsis of the Handbook of Research on Building Information Modelling. Building, S. 84–96.
Isikdag Umit (2015): Enhanced Building Information Models Using IoT Services and Integration Patterns. Springer.
Jamsa K. (2013): Cloud computing SaaS, PaaS, IaaS, virtualization, business models, mobile, security and more. 1st Ed., Burlington, MA: Jones & Bartlett Learning.
Jazdi N. (2014): Cyber Physical Systems in the Context of Industry 4.0. 2014 IEEE Automation, Quality and Testing, Robotics, S. 2–4.
Jeng,Taysheng (2009): Toward a Ubiquitous Smart Space Design Framework. Journal of Information Science and Engineering, Vol. 25, No. 3, S. 675–86.

Jung Dae-kyo, Lee Donghwan und Park Seunghee (2014): Energy Operation Management for Smart City Using 3D Building Energy Information Modeling. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol.* 15, No. 8, S. 1717–1724

Kagermann Henning et al. (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Forschungsunion, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.

Karavan A., Neugebauer M. und Kabitzsch K. (2005): Merging Building Automation Network Design and IFC 2x Construction Projects.

Kemmerer Sharon J. (National Institute of Standards and Technology) (1999): STEP - The Grand Experience.

Khalid Muhammad Umar, Bashir Muhammad Khalid und Newport Darryl (2017): Development of a Building Information Modelling (BIM)-Based Real-Time Data Integration System Using a Building Management System (BMS). In Building Information Modelling, Building Performance, Design and Smart Construction,.

Kiritsis D. (2004). Ubiquitous product lifecycle management using product embedded information devices. In Proceedings of International Conference in Intelligent Maintenance Systems.

Kreider Ralph G. und Messner John I. (2013): The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses. The Pennsylvania State University, S. 0–22.

Lau K.K. und Tran Cuong (2008): Composite Web Services. Emerging Web Services Technology, Vol. 2, S. 77–95.

Lavy Sarel und Jawadekar Salil (2014): A Case Study of Using BIM and COBie for Facility Management. *International Journal of Facility Management, Vol.* 5, No. 2, S. 13–27.

Lee Donghwan, Cha Gichun und Park Seunghee (2016): A Study on Data Visualization of Embedded Sensors for Building Energy Monitoring Using BIM. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing.

Lee Edward und Seshia Sanjit A. (2015): Introduction to Embedded Systems A Cyber-Physical Systems Approach.

Lee Jay, Bagheri Behrad und Kao Hung An (2015): A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. Manufacturing Letters Vol. 3, S. 18–23.

Lee Jay, Lapira Edzel, Yang Shanhu und Kao Ann (2013): Predictive Manufacturing System - Trends of next-Generation Production Systems. IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline), S. 150–56.

Li Fei et al. (2013): Web-Scale Service Delivery for Smart Cities. IEEE Internet Computing Vol. 17, No. 4, S. 78–83.

Liu Wei, Zeng Yong, Maletz Michael und Brisson Dan (2009): Product lifecycle management: a survey. ASME 2009 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers.

Loffredo D. (1998): “Efficient Database Implementation of EXPRESS Information Models.” PhD Thesis, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York, U.S.A (May), Vol. 132.

Luitgard Ludwig (2015): Mit intelligenter Automatisierungstechnik zu Industrie 4.0. https://www.fluid.de/unbekannte-kategorien/mit-intelligenter-automatisierungstechnik-zu-industrie-4-0-296.html - abgerufen am 17. Januar 2018

MacDougall William (German Trade and Invest Gesellschaft für Außenwirtschaft und Standortmarketing mbH) (2014): Industrie 4.0 - Smart Manufacturing for the Future. GTIA - Germany Trade and Invest: 40.

Madritsch Thomas und May Michael (2009): Successful IT Implementation in Facility Management. Facilities Vol. 27, No. 11/12, S.429–44.

Malinowsky Boris und Kastner Wolfgang (2010): Integrating Process Communication in Building Information Models with IFC and LON. IEEE International Workshop on Factory Communication Systems - Proceedings, WFCS, S. 221–30.
Manzione Leonardo et al. (2011): Key Performance Indicators To Analyze and Improve Management of Information Flow in the BIM Design Process. Proceedings of the CIB W78-W102 2011: International Conference –Sophia Antipolis, France.
May Michael (Hrsg.) (2013): CAFM-Handbuch. IT Im Facility Management Erfolgreich Einsetzen. 3. Auflage., Berlin Heidelberg, Springer.
Mendes de Farias Tarcisio, Roxin Ana-Maria und Nicolle Christophe (2015a): IfcWoD, Semantically Adapting IFC Model Relations into OWL Properties. Proc. of the 32nd CIB W78 Conference 2015, 27th-29th October 2015, Eindhoven, The Netherlands, S. 175–85.
Mendes de Farias Tarcisio, Roxin Ana-Maria und Nicolle Christophe (2015b): Semantic Web Technologies for Implementing Cost-Effective and Interoperable Building Information Modeling. Proceedings of the 14Th International Conference on Informatics in Economy (Ie 2015): Education, Research & Business Technologies (January 2018), S. 322–328.
Mikusz M. (2014): Towards an Understanding of Cyber-Physical Systems as Industrial Software-Product-Service Systems. Procedia CIRP Vol 16, S. 385–89.
Monostori L. et al. (2016): Cyber-Physical Systems in Manufacturing. CIRP Annals - Manufacturing Technology Vol. 65, No. 2, S. 621–641.
Moore, G.E. (1965): Cramming more components onto integrated circuits. Electronics, 38(8), 114–117.
Morledge Roy und Smith Adrian (2013): Building procurement. John Wiley & Sons.
Mussomeli Adam, Gish Doug und Laaper Stephen (2016): The Rise of the Digital Supply Network - Industry 4.0 Enables the Digital Transformation of Supply Chains. Deloitte University Press.
Neugschwandtner Matthias, Neugschwandtner Georg und Kastner Wolfgang (2007): Web Services in Building Automation: Mapping KNX to oBIX. IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN), Vol. 1, S. 87–92.
OASIS (2010): Introduction to DEXlib. (Organization for the Advancement of Structured Information Standards). https://docs.oasis-open.org/plcs/dexlib/cs01/help/dex/dexlib_overview.htm - abgerufen am 26. März 2018
O'Marah K. und Myer B. (2002): The product lifecycle management applications report. AMR Research.
Park K.J., Zheng R. und Liu X. (2012): Cyber-physical Systems - Milestones and Research Challenges. Editorial Computer Communications 2012, No. 1, 1–7.
Pärn E.A., Edwards D. J. und Sing M.C.P. (2017): The Building Information Modelling Trajectory in Facilities Management: A Review. Automation in Construction, Vol. 75, S. 45–55.
Parrott Aaron und Warshaw Lane (2017): Industry 4.0 and the Digital Twin. Deloitte University Press, S. 1–17.
Pasini Daniela et al. (2016): Exploiting Internet of Things and Building Information Modeling Framework for Management of Cognitive Buildings. In 2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2).
Patacas João, Dawood Nashwan und Kassem Mohamad (2015): A Framework for the Development of Asset Information Models to Support Asset Information Requirements throughout the Lifecycle of Buildings. In 32nd CIB W78 Conference 2015, 27th-29th 2015, Eindhoven, The Netherlands.
Patacas João, Dawood Nashwan und Kassem Mohamad (2016): Supporting

Building Owners and Facility Managers in the Visualisation of an Integrated Asset Information Model (AIM) Based on Open Standards. In 16th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, S. 434–455.
Pauwels Pieter und Roxin Anna (2016): SimpleBIM : From Full ifcOWL Graphs to Simplified Building Graphs. 11th European Conference on Product and Process Modelling (October), S. 11–18.
Pauwels Pieter und Terkaj Walter (2016): EXPRESS to OWL for Construction Industry: Towards a Recommendable and Usable ifcOWL Ontology. Automation in Construction 63 (January), S. 100–133.
Peters E. (2010): BIM and Geospatial Information Systems. In: Handbook of Research on Building Information Modelling and Construction Informatics: Concepts and Technologies.
Pimentel Victoria und Nickerson Bradford G. (2012): Communicating and Displaying Real-Time Data with WebSocket. IEEE Internet Computing, Vol. 16, No. 4, S. 45–53.
Ploennigst Joern, Hensel Burkhard, Dibowski Henrik und Kabitzsch Klaus (2012): 2012 - BASont - A Modular, Adaptive Building Automation System Ontology.pdf. S. 4827–33.
Pourzolfaghar Zohreh, Mcdonnell Peter und Helfert Markus (2017): Barriers to Benefit from Integration of Building Information with Live Data from IOT Devices during the Facility Management Phase.
Rajkumar R., Lee Insup, Sha Lui und Stankovic J. (2010): Cyber-Physical Systems: The next Computing Revolution. 47th ACM/IEEE Design Automation Conf., S. 731–36.
Reichl Verena (2015): Roland Berger Trend Compendium 2030. Trend 5: Dynamic Technology & Innovation.
Rodrigues de Almeida Pedro et al. (WEF) (2016): Shaping the Future of Construction - A Breakthrough in Mindset and Technology. World Economic Forum.
Rowland Steven (2015): BIM to IoT: The Persistence Problem. In: International Conference on Serious Games, Interaction, and Simulation. S. 127-137. Springer, Cham.
Sääksvuori Antti, und Immonen Anselmi (2008) Product Lifecycle Management. 3. Auflage, Springer.
Sabharwal N. und Wali P. (2013): Cloud capacity management. The expert's voice in information technology. Apress, New York.
Sauter Thilo, Soucek Stefan, Kastner Wolfgang und Dietrich Dietmar (2011): The Evolution of Factory and Building Automation. IEEE Industrial Electronics Magazine Vol. 5, No. 3, S. 35–48.
Schiessle Edmund und Schreier Jürgen (2018): IoT-Basics: Bussysteme, Schnittstellen und Sensornetze. https://www.industry-of-things.de/iot-basics-bussysteme-schnittstellen-und-sensornetze-a-683219/ - abgerufen am 23. März 2018
Schleicher Johannes M., Vögler Michael, Inzinger Christian und Dustdar Schahram (2015): Towards the Internet of Cities: A Research Roadmap for Next-Generation Smart Cities. Understanding the City with Urban Informatics Workshop in conjunction with CIKM 2015, S. 3–6.
Sosinsky B.A. (2011): Cloud computing bible. Wiley, Indianapolis.
Spearpoint Michael (2010): Extracting Fire Engineering Simulation Data from the IFC Building Information Model. S. 212–38.
Stark John (2005): Product lifecycle management. In: 21st Century Paradigm for Product Realisation. Decision Engineering Series, Springer-Verlag 441, London.
Stark John (2016): Product Lifecycle Management. Vol. 2.

Stein Denis, Lehmann Matthias, Ploennigs Joern und Kabitzsch Klaus (2012): Sensors, Models and Platform for Ambient Control. IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference), S. 4853–4859.
Stengel Oliver, van Looy Alexander und Wallaschkowski Stephan (2017): Digitalzeitalter - Digitalgesellschaft. Das Ende Des Industriezeitalters Und Der Beginn Einer Neuen Epoche. Springer.
Succar Bilal (2014): Building Information Modelling Maturity Matrix.
Sudarsan Rachuri, Fenves Steven J., Sriram R.D. und Wang F. (2005): A Product Information Modeling Framework for Product Lifecycle Management. CAD Computer Aided Design 37(13): 1399–1411.
Talamo Cinzia und Bonanomi Marcella (2015): Knowledge Management and Information Tools for Building Maintenance and Facility Management. S. 149–77.
Teicholz P. (2013): Introduction. In. P. Teicholz (Hrsg.), BIM for Facility Managers. 1. Auflage, John Wiley & Sons, New Jersey.
Teizer Jochen et al. (2017): Internet of Things (IoT) for Integrating Environmental and Localization Data in Building Information Modeling (BIM).
Tu K.J. und Chang W.C. (2017): An Implementation Study of Transferring Project Data From a BIM Software To a FM Software via the COBie Standard. S. 382–394.
UN Environment and International Energy Agency (2017): Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector. Global Status Report.
Van Oosterom Peter, Stoter Jantien und Jansen Erik (2006): Bridging the Worlds of CAD and GIS.
Walliss Jillian und Rahmann Heike (2016). Landscape architecture and digital technologies: Re-conceptualising design and making. Routledge.
Waschbusch Lisa Marie (2018): Industrial Ethernet überholt Feldbusse. https://www.industry-of-things.de/industrial-ethernet-ueberholt-feldbusse-a-695927/ – abgerufen am 26. März 2018
Whyte Jennifer K. und Hartmann Timo (2017): How Digitizing Building Information Transforms the Built Environment. Building Research and Information Vol. 45, No. 6, S. 591–95.
Windhagen, Eckart et al. (McKinsey Global Institute) (2017): Das Digitale Wirtschaftswunder - Wunsch Oder Wirklichkeit? McKinsey&Company
Yang W.J., Luo Y.J., Zhao, H.Y. und Li, X.T. (2014): Research on information resources sharing patterns based on cloud computing. Applied Mechanics and Materials, 644–650, 3012–3015.

6 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1: Verlauf der Kosten für Bandbreite, Speicher und Prozessoren (Mussomeli et al. 2016) 7
Abb. 2: Digitalisierungsgrade im Branchenvergleich (nach McKinsey Global Institute 2017) 8
Abb. 3: Share of global energy-related CO2 emissions by sector (UN Environment and International Energy Agency 2017) 21
Abb. 4: Conceptual Ideal for PLM (Grieves 2002) 30
Abb. 5: Industrie 4.0 Ökosystem (Roland Berger 2015) 33
Abb. 6: Die industriellen Revolutionen (DFKI 2011) 34
Abb. 7:Transformation zur Digital Supply Chain (Mussomeli et al. 2016) 35
Abb. 8: Definition der unternehmensinternen und -übergreifenden Wertschöpfungsketten (Busch et al. 2015) 35
Abb. 9: Das Framework der Industrie 4.0 und die beteiligten Technologien (Griessbauer et al. 2016) 36
Abb. 10: Intelligente Produkte und Services machen aus dem Internet der Dinge ein Internet der Dienste (nach Kagermann et al. 2013) 37
Abb. 11: Vergleich des kulturellen Aspekts von PLM und Lean Manufacturing (Ameri und Dutta 2005) 41
Abb. 12: Konzeptuelle PLM Systemarchitektur (Sudarsan et al. 2005) 43
Abb. 13: Reifestufen beim analogen und digitalen Informationsmanagement (EN ISO 19650-1) 44
Abb. 14: Digital Built Britain Operational Model (UK HM Government 2015) 46
Abb. 15: Der generische Projekt- und Asset-Informationsmanagement-Lebenszyklus (ISO19650:2017) 57
Abb. 16: Hierarchie der Informationsanforderungen (ISO 19650-1:2017) 58
Abb. 17: FM-Anforderungen im BIM-Prozess (GEFMA 2017) 59
Abb. 18: Beziehungen zwischen Anforderungen der Auftraggeber, Prozessdefinitionen, Services, Regeln und Datenlayer (Patacas et al. 2015) 60
Abb. 19: Die Übertragung von Gebäudedaten zwischen BIM- und FM-Software mittels COBie-Standard als Medium (Tu und Chang 2017) 67
Abb. 20: Struktur und Inhalt von COBie-Daten (Borrmann et al. 2015) 68
Abb. 21: Datenaustausch von gbXML nach Energiebedarfsberechnung und Gebäudesimulation (Borrmann et al. 2015) 69

Abb. 22: BIM-relevante Normen im Reifegradmodell (British Standards Institution) 71
Abb. 23: Anwendung von ISO 10303-239 (OASIS 2010) 73
Abb. 24: Bisherige hierarchische Kommunikationsstruktur in der klassischen Automatisierungspyramide (Ludwig 2015) 87
Abb. 25: Künftige Struktur: durchgängige Kommunikation in der Automatisierungscloud (Ludwig 2015) 88
Abb. 26: oBIX-Server-Implementierung (Neugschwandtner et al. 2007) 90
Abb. 27: Datenfluss zwischen Informationsmanagement und BIM-Datenbank (Khalid et al. 2017) 97
Abb. 28: Architektur des Systems zur bidirektionalen Verbindung eines IFC-Modells mit Sensordaten (Pasini et al. 2016) 98
Abb. 29: Exemplarische Darstellung der Nutzung externer CAFM-Teilfunktionen (GEFMA 2016) 101

Tab. 1: Framework der möglichen Hauptaufgaben des Command Centers (Talamo und Bonanomi) 96

7 Appendix

A Experteninterviews

A.1 Univ.Prof. Arch. DI Christoph Achammer

Patrick Jaritz: Was glauben Sie, wie wird sich BIM auf den Gebäudebetrieb auswirken?

Christoph Achammer: Ich verwende gerne den Begriff des digitalen Zwillings. Wir streben danach, und ich bin überzeugt, dass das in wenigen Jahren durchgängige Wirklichkeit sein wird, dass wir parallel zum physischen Objekt in allen Phasen – von der Planungsphase, über die Procurement-Phase, über die Errichtungsphase bis zur Betriebsphase – einen identen digitalen Zwilling haben werden. Und dieser digitale Zwilling muss jene Informationen beinhalten, die in der jeweiligen Phase notwendig sind. Ganz am Anfang hat der digitale Zwilling so gut wie gar keine Inhalte, maximal liegen hinter dem digitalen Zwilling strategische Entscheidungen, warum er überhaupt beginnt zu existieren – und reichert sich um Informationen an, die dann zum Teil wieder aufgegeben werden können, weil wann welche Betonwand betoniert wird, ist eine Information, die dem digitalen Zwilling solange innewohnt, bis sie betoniert ist, danach ist die Information in der Regel nutzlos. Und dieses zwillingshafte Abbild von sinnvollen Daten geht über in die Betriebsphase. Dort wird das endlich zu ganz anderen Optionen führen, wie ich ein Gebäude betreibe. Zum Beispiel bei einer Liftwartung: bei einem Wartungsplan eines Lifts sieht man, es gibt eine Vollwartung alle drei Monate und eine Teilwartung jedes Jahr. Und wenn man weiß, wie so ein Lift altert, weiß man, dass die Wartung in den ersten fünf Jahren möglichweise zu oft passiert und ab dem sechsten Jahr möglicherweise zu wenig. Und wenn man jetzt diese Daten im Zwillingsmodell noch durch Sensoren aktualisieren lässt, dann kommt ein Techniker zwei Wochen, bevor der Motor kaputt wird, und wechselt ihn aus ohne einen Stillstandstag. Ein weiteres plakatives Beispiel ist die Reinigung: man macht mit der Reinigungsfirma aus, dass alle drei Tage gesaugt wird. Dann gibt es aber Räume, in denen vier Tage niemand anwesend war, und es wird trotzdem gesaugt. Wenn nun der Raum weiß, dass niemand anwesend war, dann geht diese Information

an die Reinigungskraft weiter. Ebenso, wenn der Raum öfter genutzt wurde als normal und deshalb zusätzliche Reinigung benötigt. Das sind zwei Beispiele, die ausnahmsweise nicht aus dem Bereich Energie kommen, auf den sich sonst alles konzentriert.

PJ: Braucht es dafür ein digitales Modell? Das größte Thema sind ja haustechnische Anlagen, und wenn zunehmend alles mit Sensoren ausgestattet wird, die miteinander kommunizieren, dann bekommt man ohnehin digitales Abbild von dem, was im Gebäude passiert. Was meinen Sie?

CA: Aber Sie müssen es natürlich irgendwo verorten. Und diese Verortung und Vernetzung der Haustechnik – wo sich die Anlage befindet und mit wem sie in Beziehung steht – glaube ich, ist der ursächliche Nutzen. BIM ist nichts anderes als die Verknüpfung eines virtuellen Gebäudemodells mit einer umfassenden Datenbank. Das heißt, dass ich Daten verorte und in Beziehung bringe, es ist nichts anderes. Dass ich dann diese Daten aus einer Auswertung erster Ordnung in eine Auswertung zweiter, dritter, vierter, fünfter Ordnung bringen kann, wenn ich die Daten einmal habe, ist zweifellos richtig. Im Gegenteil zu Ihrem Argument – ich glaube, gerade weil Internet of Things passiert – um Daten nutzbar zu machen, muss man sie verorten und in Beziehung gesetzt haben, sonst hat man einen riesigen Datensalat und weiß nicht, was man damit anfangen soll.

PJ: Glauben Sie, dass etwas passieren könnte – beispielsweise aufgrund einer trägen Reaktion der Bauwirtschaft – dass sich BIM gar nicht durchsetzt?

CA: Die Frage BIM or not BIM ist so wie, ob morgen die Sonne aufgeht oder nicht. Ich habe gestern und letzte Woche einen Vortrag gehalten, und zeige immer wieder die Statistik der Produktivitätssteigerung der Bauindustrie im Vergleich zu den restlichen Industrien – irgendwann können wir uns das nicht mehr leisten. Noch dazu bin ich ganz optimistisch, wenn auch im Immobilienbereich die sharing economy ihren Einzug findet – und am Rande tut sie das ja bereits – Airbnb ist nichts anderes als ein Eindringen der Sharing-Philosophie in die Immobilienindustrie. Flexible Workspaces ist nichts anderes. Sobald das Einzug findet, geht es nicht mehr um den Quadratmeter, sondern um den Nutzen und dessen Wert. Es ist ja interessant, dass immer noch Büros nach Quadratmeter vermieten zuzüglich Betriebskosten. In Wirklichkeit ist der Kernprozess des Büros ein nutzbarer Arbeitsplatz, der warm ist

oder kalt und der Anschlüsse hat. Wir prophezeien zwar seit 30 Jahren, dass diese andere Behandlung von Immobilien auf uns zukommen wird, noch mit ganz geringem Erfolg. Aber wir sind jetzt an einer Schwelle – und das hängt mit dieser sharing economy zusammen – wo das Realität werden kann. Wo ich sage, ich brauch kein Büro mehr, ich brauche sinnvolle Arbeitsplätze, die ich pro Stunde abrechne. Und zu meinen, die Digitalisierung macht vor der Bauindustrie halt, das ist so wie darüber zu diskutieren, ob morgen die Sonne aufgeht. Wobei, momentan hat es schon noch den Anschein. Es gibt eine Statistik des Digitalisierungsgrades im Branchenvergleich von Roland Berger.

PJ: Was glauben Sie sind momentan noch die Hürden? Warum bewegt sich das so schleppend?

CA: Weil die Bauindustrie noch keine Industrie ist. Eine der Hürden ist die Kultur. Und Kultur zu verändern braucht am längsten. Die Bauindustrie hat immer gesagt, wir sind keine Industrie, weil wir machen Prototypen. Was legitim ist – solang man nur einen Prototypen macht, ist man maximal Werkstatt und nicht Industrie. Wenn wir aber sagen, die Definition von Industrie 4.0 ist die der industriellen Fertigung mit Losgröße 1, dann fällt das letzte Argument, warum Bauen nicht industriell sein kann. Und bei den Diskussionen kommen dann die Fragen: „Ja wollen Sie wieder den Plattenbau einführen, wenn Sie den Wohnbau industriell machen?“ Nein eben nicht. Und wenn wir über Montagestelle statt Baustelle sprechen, kommt: „Dann brauchen Sie ja von jedem Element tausend gleiche!“ Nein, überhaupt kein gleiches brauche ich, wenn ich diese Definition zugrunde lege. Ich glaube, dass es schneller gehen wird als wir erwarten.

PJ: Welche Implikationen wird das für die Architekten haben?

CA: Die Architekten sind immer jene Leute, die sich aus dem Industriebau kommend mit neuen Technologien und neuen Prozessen auseinandersetzen müssen. Das haben sie Ende des 19. Jahrhunderts gemacht, als der Industriebau uns die Materialien Glas und Stahl geschenkt hat. Und dann haben wir begonnen, uns mit Glas und Stahl und Stahlbeton auseinanderzusetzen, das war davor nicht der Fall. Das haben wir gemacht, indem wir mit neuen Prozessen umgegangen sind, und jetzt sind wir wieder vor so einer Schwelle. Wenn uns neue Technologien und neue Prozesse bevorstehen, dann reagieren wir Architekten darauf. Was dazu natürlich

notwendig ist, ist zu anderen Haltungen zu kommen müssen. Die Architekten haben sich, wenn ich das ein bisschen chargiert formuliere, in den letzten 30 Jahren mehr und mehr zu Fachingenieuren für Gestaltung zurückentwickelt und die berühmte Prozessführung der Planung anderen überlassen. Wahrscheinlich werden wir Architekten wieder ins Zentrum rücken und den gesamten Planungsprozess führen. Also was sicher nicht der Fall sein wird und eine Sackgasse ist, zu sagen, wir arbeiten wie bisher und lassen einen BIM-Manager das Ganze in ein Modell umsetzen.

PJ: Wer wird das dann sein, der sich um die Aktualisierung des Modells kümmert?

CA: Der Architekt. Der Prozessführer Planung, ich nenne es mal so, der kümmert sich darum.

PJ: Und wer kümmert sich um die Aktualisierung im Gebäudebetrieb?

CA: Den gibt es noch nicht. Wir im Unternehmen machen das so, dass wir in jedem Projekt einen Modellverantwortlichen haben, der Teil des Projektteams ist, ob das ein Haustechniker oder ein Tragwerksplaner oder Architekt ist egal, und der berichtet direkt an den Prozessführer Planung. Und ich kann mir vorstellen, dass das ein zukünftiges Aufgabengebiet der Planer bleibt. Dass der sagt, ich stell dir meinen Modellverantwortlichen für die Weiterführung des digitalen Zwillings zur Verfügung. Und der liefert dem Facility Manager diese Unterlagen, das kann ich mir vorstellen. Oder die Facility Manager entwickeln solche Leute selber. Auf jeden Fall ist es eine neue Kategorie von Leuten. Es muss auch in den Prozess des Betriebs zukünftig einen Modellverantwortlichen geben und es kann durchaus sein, dass diese bei den FM integriert werden, da wird’s die verschiedensten Businessmodelle geben. Ich kann mir aber auch vorstellen, dass das bei einer Spezialdisziplin der Planer verortet ist.

PJ: Bei der Erstellung des Modells tauchen gewisse Haftungsfragen auf, weil man ja am gleichen Modell gleichzeitig arbeitet – ist das ein Problem, das man jetzt noch lösen muss?

CA: Ja, glaub ich schon. Wir lösen es natürlich so, dass wir alle im Haus haben.
Im neuen Leistungsbild der IG Lebenszyklus Bau ist es so abgebildet, dass in keiner Planungsphase mehr relevant ist, wer es gemacht hat, sondern eine

Gesamtverantwortung in der Prozessführung und eine durchgängige Liste von Ergebnissen, in der Entwurfsplanung, in der Genehmigungsplanung. Und wer diese Ergebnisse produziert, der Architekt, der Tragwerksplaner, der Haustechniker oder der Brandschützer, ist nicht relevant, es geht nur um die Ergebnisse, die diesen Zwilling beschreiben. Und wenn das in einer Verantwortung ist, ist es mit der Haftung einfacher.

PJ: Das ist möglicherweise der Grund, warum ich kleine Planungsbüros noch dagegen sträuben.

CA: Warum sie sich schwertun. 41% der deutschen Architekturbüros sind Einmannbüros, weitere 44% haben bis zu 3 Mitarbeiter und weitere 11% bis zu 9 Mitarbeiter.

PJ: Das wird bei uns ähnlich sein.

CA: Das ist bei uns ähnlich, und da bleiben 5% übrig, die über 9 Mitarbeiter haben, und da tun sich die, die in größeren Verbünden arbeiten, scheinbar leichter, weil sie die Schnittstellenprobleme nicht haben. Allerdings baue ich drauf, wenn wir kulturell beginnen, in Netzwerken zu denken, dann ist das ja egal.
Wenn wir mit Externen zusammenarbeiten, dann legen wir keine Honorarschnittstelle fest von da bis da, sondern wir sagen, du bist Haustechniker, die Haustechnik hat 30% des Honorarvolumens, du kommst bei uns herein, wir arbeiten alle mit minimalem Aufwand und maximalem Output und wir teilen uns am Schluss 30% des Ergebnisses, ob's positiv oder negativ ist. Da fragen dann manche: „Aber was passiert, wenn der Architekt Mist baut?" Ja, dann ist man auch mit dabei, so ist das Netzwerk. Aber das konventionelle Modell ist, „das ist mein Gärtchen, das ist dein Gärtchen", und mit der Lücke dazwischen machen die Vertragsjuristen ihr Geschäft.

PJ: Wie sieht es mit den Schnittstellenproblemen aus?

CA: In Closed BIM geht's einigermaßen, in Open BIM geht noch gar nichts, der Austausch über IFC ist nur Chimäre.

PJ: Ist das eine technische Frage?

CA: Das ist eine technische Frage auf der einen Seite, auf der anderen Seite eine Frage der Standardisierung von Datenorganisation. Da bin ich allerdings relativ zuversichtlich, ausnahmsweise aus Österreich heraus, dass wir da weiterkommen, dass wir wirklich zu systemischen Gliederungen kommen, wo man sich vereinbart, wie heißt ein Fenster in Österreich, Deutschland und Italien. Was ist eine Fensterbreite, wie heißt das im jeweiligen Land und was bedeutet das – Rohbauliche, Ausbaulichte, et cetera. Und dann gibt's zehn oder zwanzig Attribute und die heißen überall anders und die braucht's überall in einer anderen Phase, aber sie sind an derselben Stelle. Da bin ich optimistisch, dass das in den nächsten Jahren passieren wird.

PJ: Die österreichische BIM-Norm wird ja als Vorlage für die CEN-Norm gehandelt und der ASI-Merkmalserver international als Beispiel gesehen.

CA: Korrekt, beim Merkmalserver arbeiten wir an der nächsten Stufe, dass wir das auf die Haustechnik ausdehnen und programmatisch auf eine neue Ebene heben. Zumindest als systemischer Ansatz könnte sich das europaweit etablieren.

PJ: Was glauben Sie, wo sind wir weltweit in dieser Entwicklung?

CA: Das ist schwer zu sagen. Dass wir in Österreich weiter sind als in Deutschland ist sicher, aufgrund dieser eben genannten Maßnahmen. Wie das im Vergleich mit anderen Ländern ist, Skandinavien, Großbritannien, USA – das ist ganz schwer zu vergleichen, weil da ganz andere Baukulturen vorherrschen. In den USA haben wir einen Bruchteil von Materialen, einen Bruchteil von Qualitäten, einen Bruchteil von baulichen Systeme wie in Österreich oder wie in Europa, und deshalb sind die Dinge nicht unbedingt vergleichbar. Sequencing im Planen – dass ein Gewerk seine Sache vollkommen fertig macht und dann kommt das nächste – das ist bei uns weitgehend unbekannt, die arbeiten übereinander her. Das führt natürlich auch zu anderen, wie ich meine hochwertigeren, Ergebnissen. Ein einfaches Beispiel: ein Attikadetail wird so gemacht, dass der Isolierer kommt, alles fix fertig macht, wieder geht und nie wiederkommt.

PJ: Skandinavien und Großbritannien werden immer als die Vorreiter im BIM genannt.

CA: Die Skandinavier und die Briten sind deshalb in einem Punkt weiter, weil es dort eine Bauherrenschicht gibt, den öffentlichen Bauherren, der das verlangt und der treibt das Ding natürlich.

PJ: Wer könnte sich bei uns verantwortlich fühlen?

CA: Auch der öffentliche Bauherr, der macht immerhin 50% des Hochbauvolumens. Bund, Land, Gemeinde, BIG, es gibt schon große Spieler, die da antreten könnten und sagen, wir verlangen das. Wir sehen es ja in der Industrie: Siemens, Volkswagen, Daimler etc. wollen das. Die sagen, wir haben unser BIM-System und das macht ihr so. Das ist in meinen Augen eher kontraproduktiv, weil wir Planer dann sagen, es kann nicht sein, dass wir für jeden ein extra System erfinden müssen. Und da die Dinge um eine Zehnerpotenz komplexer sind als in einem CAD-System, wo ich meine eigenen Layer habe, die ich dann an den Bauherren anpassen kann, das geht in deinem BIM-System nicht mehr.

PJ: Wie kann diese Überführung zum Gebäudebetrieb am besten funktionieren? Es muss ja auch irgendwie standardisiert sein.

CA: Da sehe ich ein Licht am Ende des Tunnels, dass die Immobilieneigentümer für ihr individuelles Anforderungsprofil definieren können müssen, was sie für Daten haben wollen, das ist ja ganz unterschiedlich. Dieses Anforderungsprofil, welche Daten sie haben wollen, muss dann im individuellen BIM-Konzept des jeweiligen Hauses Eingang finden. Diese Daten, die er sich wünscht, muss ich Elementen oder Elementgruppen als Attribute zuordnen und denen, sobald sie entstehen, auslesbar dazugeben auf einer bidirektionalen Datenbank. Es wird so sein, dass wir mit bidirektionalen Datenbanken mit dem jeweiligen BIM-System kommunizieren. Ich glaube nicht, dass es im Modell drin ist, sondern dass es in der jeweiligen zugeordneten Datenbank ist, die über weite Strecken bidirektional ist, mit Ausnahme der geometrischen Daten, die sind nur monodirektional. Dort muss das dann angehängt werden und kann von beiden Seiten gefüttert werden. Eventuell mit einem Tag, dass das für den Facility Manager auslesbar und bewirtschaftbar ist. Und dann kann man Filter drüberlaufen lassen, um nur noch die Daten inklusive dazugehörigem Modell anzuzeigen, die der Facility Manager braucht.

PJ: Wenn das Gebäude 50 Jahre steht und über die Dauer verantwortliche Personen wechseln – das digitale Modell muss mit dem physischen ja so verknüpft sein, dass es über diesen Zeitraum von unterschiedlichen Personen bearbeitbar ist.

CA: Dazu wird es das neue Leistungsbild geben des Modellverantwortlichen zur Wartung des As-it-is-Modells des digitalen Zwillings, wer auch immer das macht. Bis jetzt war es so, der Modellverantwortliche war der Hausmeister, der gewusst hat, in welchem Schrank die momentan verfügbaren Pläne liegend. Der wird ersetzt durch einen Objektverantwortlichen, der das Modell mit der physischen Realität abgleicht. Dafür müssen Workflows entwickelt werden, damit der Modellverantwortliche Änderungen am physischen Objekt mitbekommt.

PJ: Denken Sie, dass der digitale Zwilling zu einer Wertsteigerung der Immobilie führt?

CA: Absolut. Weil da enorme Potenziale drin sind. Sie kennen meine Aussagen, 30 bis 50% Verschwendungspotenzial liegt in allen einzelnen Prozessen, auch im Bewirtschaftungsprozess, da brauchen wir gar nicht drüber reden.

A.2 Ing. Mag. Alfred Waschl

Patrick Jaritz: Was werden die Auswirkungen von BIM in der Betriebsphase sein?

Alfred Waschl: Vielleicht führt das zu einer Neudefinition von FM. Die Frage ist ja ganz interessant: Warum gibt es heute im Planungs-, Errichtungs- und Betreiberprozess in verschiedenen Phasen verschiedene Berufsprofessionen, die immer wieder Daten brauchen und sie immer wieder neu herausschreiben. Alle, die jetzt eine Ausschreibung machen, nehmen Daten, die sie von irgendwem bekommen und sagen, das ist der Planstand X. Dass beim Betrieb, nach ein, zwei Jahren Bau, dann die Daten nicht stimmen, ist klar. Der jetzige Facility Manager fängt an mit Daten zu arbeiten, von denen alle wissen, die stimmen nicht. Das Raum- und Funktionsprogramm wird produziert und nie überprüft, ist es im Betrieb wirklich so umgesetzt und so eingetreten. Warum? Weil die Daten zum Teil gar nicht mehr stimmen. Dieser Prozess setzt sich fort. Man ist im Betrieb. Der Facility Manager macht seine Arbeit. Es wird übersiedelt. Es ist der Hausverwalter mal da, mal nicht. Wenn's um ein Shopping Center geht, werden die Shops umgebaut, da ist der Asset Manager da oder auch nicht, es wird eine Klimaanlage eingebaut oder auch nicht. Der Makler nimmt auch irgendeinen Planstand und dann kommt der Bewerter, der nimmt auch Daten auf, holt sich was aus dem Grundbuch raus – aber es gibt keine schlüssige Datenkette. Vom Statiker bis zum Makler ist die Datenkette im BIM-System vorhanden und abrufbar und vor allem in den drei Dimensionen Graphik (Grundriss oder 3D-Ansicht), Alphanumerik (Eigenschaften) und die Dokumente. Wie beim Auto – ich brauche einen Typenschein, ich brauche ein Pickerl und ich brauche eine Vignette. Genau so muss es beim Haus werden.

PJ: Was ist die Vision vom BIM im Facility Management?

AW: Als ersten Schritt – und das wird von den meisten Nutzern schon lange ersehnt – kommt Transparenz. Weil wenn der Facility Manager tatsächlich Daten hat, kann er sagen, ich bin gestern um 09:10 zum Motor der Lüftungsanlage mit einer Störung gegangen und ich habe die Störung beseitigt oder den Motor ausgetauscht, gegen einen neuen mit dieser und jener AKS-Nummer ersetzt etc. Das kann er auf die Rechnung schreiben. Jetzt gibt es nur pauschalierte Verträge. „Ich halte den Betriebszustand aufrecht." „Der Aufzug darf nicht mehr als 4 Stunden im Monat

stehen.“ Beim Facility Management weiß man nicht, was passiert. Sobald es völlig transparent ist, kann er seine Leistung transparent darstellen, damit wird klarer, was wirklich geleistet wird. Die Kommunikation zwischen allen Beteiligten wird sich verbessern.

PJ: Was glauben Sie, was sind die Hürden, warum das noch nicht funktioniert?

AW: Erstens, es gibt keine normierte Daten-Schnittstelle zwischen Bau und Betrieb. Niemand weiß, welche Daten der Facility Manager wirklich braucht. Das zweite ist, dass Digitalisierung in dem Bereich weitgehend noch nicht vorhanden ist. Vor 20 Jahren war der Automechaniker – auch wenn er ordentlich gearbeitet hat – in dreckiger, ölverschmierter Kluft. Die Werkstätten waren verschmutzt – unvermeidlich. Heute: der Mechaniker hat einen hellen Mantel an, schließt den Motortester an und sieht, was los ist, die Werkstätten sind sauber, der klassische Dreck ist weg. Die Mechaniker haben sich zu Technikern entwickelt und jetzt wird sich der Facility Manager tatsächlich zum Manager entwickeln. Das heißt, er muss mit Daten umgehen können, mit Datenbanken, mit Mobilgeräten, mit QR-Codes etc. Das ist ein anderer Level. Es ist verwunderlich, dass das in der Ausbildung nicht schon längst ein Kernthema ist. In Kürze wird mich keiner mehr fragen, ob ich mit einem QR-Code, mit einer SQL-Datenbank oder IFC umgehen kann. Das ist Standard. Die IFC-Schnittstelle zu interpretieren wird beispielsweise für den Facility Manager die Herausforderung, weil eigentlich muss von der IFC-Schnittstelle in die GLT das Datenmaterial automatisch übertragen werden. Wenn es einen Fehler gibt, muss er ihn beheben. Es muss in jedes Wartungsprotokoll klarerweise automatisch.

PJ: Aber ist das nicht eine Sache der Software-Hersteller? Wenn die Daten richtig ausgelesen werden, könnten viele Sachen automatisiert werden.

AW: Das ist mein Traum. Die Datenkette. Für mich ist Digitalisierung eigentlich Automatisierung. Das heißt, was Daten betrifft: wenn ich bestimmt habe, dass der Facility-Manager die Daten bekommt, dann darf dieser bei der Übergabe nur noch fragen, warum der oder der Datensatz nicht da ist. Aber wir werden nicht mehr diskutieren, ob da die Klimaanlage 1 oder 2 richtig oder falsch ist. Das ist alles Quatsch. Das heißt, die da vorne müssen an dem Ergebnis arbeiten und das muss automatisch gehen. Und so muss es auch weitergehen, sodass die Besiedelungspläne oder Umbaupläne des Facility Managers automatisch zum Makler

oder zum Bewerter gehen. Wir machen das im Kleinen mit einem Hausverwalter, der sagt nur noch, „Top 24 wird frei“ – das ist vernetzt mit der Bauabteilung und die Bauabteilung sagt, „Ab 1. Mai kannst vermieten“. Und dann sagt der, „Okay, Fotos beilegen, Richtwertgutachten beilegen, Grundrisse beilegen“ – das geht alles automatisch. Es gibt einen Datenstand, und wenn eine Anzeige in die Presse oder ins Internet kommt, erscheinen dort die Fotos, die er ausgesucht hat. Er hakt nur mehr ab, was zu tun ist, der Rest geht automatisch. Das ist Effizienz. Dann kommen sie auch zu der Arbeit, für die sie bezahlt werden, nämlich ein Haus zu verwalten – und nicht, administrieren, 16 mal Pläne kopieren und umzeichnen und solche Dinge.

PJ: Glauben Sie, dass sich die CAFM-Systeme in diese Richtung entwickeln werden?

AW: Absolut. Die müssen da mithalten, weil sonst haben sie keine Überlebenschance. Da ist die Frage, ob man Open-BIM als Anspruch hernimmt und sagt, „Okay, dann bilde ich alles auch dreidimensional ab.“ Warum nicht – dann ist die Frage, ob man dort und da 3D-Drucker verwendet. Wenn ich einen Rohrbruch hab und die Rohre sehe, könnte ich mir die Geometrie rausziehen, auf den 3D-Drucker holen und mir Manschetten drucken lassen. Die klebe ich rein und fertig. Da muss ich gar nicht großartig das eine oder andere Ersatzteil haben. In Berlin laufen Versuche an einem CAFM-Institut, die machen schon Pumpen und dergleichen aus dem 3D-Drucker. Die holen die Daten vom Produkthersteller. Das ist ein reiner Versuch, aber die sind soweit, dass sie Pumpen aus dem 3D-Drucker machen. Funktionieren natürlich noch nicht, weil das nur der Korpus ist, aber sie könnten die kaputte Pumpe entfernen und die nicht-funktionierende reintun – dann ist es wenigstens dicht. Natürlich, wenn jemand Closed-BIM macht, dann muss dieses Unternehmen alles bieten. Ob sie sich das leisten können oder wollen, die heute sagen, ich bin ein Anhänger von Closed-BIM, sei dahingestellt.

PJ: Das wird wahrscheinlich der Markt irgendwann entscheiden.

AW: So sehe ich das auch.

PJ: Die großen US-Tech-Unternehmen setzen sich ja stark auf das Thema “Smart Home”, und ich glaube, da wird es dann auch eine Verbindung zu BIM geben.

AW: Ja, wobei Apple hat sich von den selbstfahrenden Autos auch zurückgezogen, weil sie sehen, das ist nicht unbedingt die Kernkompetenz. Ich kann mir durchaus vorstellen, dass die Großen dieser Welt sich im Facility Management nicht als Erstes breit machen und dass Smart Home eher bei den Firmen aus der IT-Branche landen wird, die in der Vergangenheit viel verloren haben – wie IBM oder Hewlett Packard – solche Firmen. Die werden das Thema Big Data aufgreifen. Denen sind die Daten an sich egal, die wollen aus diesen Daten Informationen schaffen, darum geht's.

Aktuell sehr stark ist der medizinische Bereich. Die sagen, wir haben 1000 Ärzte, die Blinddarm operieren, die geben jede Diagnose ein und ab dem 1001. ist der Computer mit der Diagnose treffsicherer als der einzelne Arzt, weil er mehr Erfahrung hat, als jeder einzelne Arzt. Und wenn er 100.000 hat, dann sind es 100.000. Das heißt, dort sehe ich diese Firmen. Die Googles dieser Welt sehe ich zwar auch im Big Data Bereich, aber in einem größeren Ertragsfeld – beispielsweise im Fall der Schweingrippe H1N1, die in Asien ausgebrochen ist. Da hat es Tote gegeben und dann in Afrika und alle Gesundheitsämter dieser Welt sind zu spät gewesen, weil in dem Moment, wo einer an dieser Krankheit stirbt, ist er gestorben. Und genau wie er stirbt, kommt das Gesundheitsamt und stellt den Virus fest. Wie ist der Virus gestoppt worden? Den hat Google gestoppt. Warum? Weil Google gesehen hat, dass dort hohe Suchanfragen stattfinden und sich überraschend viele Leute einklinken, weil sie Kopfschmerzen haben. Und die haben gesehen – weit bevor der Nachbar gestorben ist – da konzentrieren sich Nachfragen. Die haben sofort die Gesundheitsämter dorthin geschickt und gesagt, dort müsst ihr arbeiten. Und zwei Monate später war das Thema erledigt. Was ich damit sagen möchte: die Googles dieser Welt werden wahrscheinlich bei Themen aktiv werden, die auf einer globalen Ebene realisiert werden. CO2-Ausstoß, Fischsterben, Plastiksackerl im Meer etc. Da werden die auch eine Menge Geld verdienen. Das klassische Facility Management ist kleinteilig, da sehe ich die nicht. Aber die IBMs oder Microsofts dieser Welt, die sehe ich da schon. Die werden auch im CAFM-Sektor aktiv, IBM hat ja schon ein bisschen zugekauft. Also da bewegt sich was und das muss man sich anschauen, wie das zusammenzuführen sein wird.

PJ: Sie haben über die schlüssige Datenkette gesprochen. Was glauben Sie, sind im Endeffekt die wirklich relevanten Daten für so ein FIM-Modell?

AW: Es gibt nur drei Datenblöcke. Das sind die Daten, die aus rechtlicher Sicht relevant sind – das heißt, was schreibt die Behörde vor – Abwasserprüfung, Aufzug, Sicherheitshaken für die Außenbefahranlage, usw. Der zweite Datenbereich ist, was aus Sicht der Sicherheit relevant ist – ein Geländer, bruchsicheres Glas etc., und drittens, was wartungsrelevant ist.
Die Betonmischung oder wo die Kabel liegen, ist uninteressant, denn das Kabel wird nicht gewartet und ist auch nicht behördlich interessant. Das sind die drei Bereiche und interessant sind klarerweise die Dokumente dazu. Gerade was behördlich relevant ist, muss ja immer einen Stempel tragen oder eine Unterschrift, und eine Unterschrift kann man nicht virtuell machen.

PJ: Also geht es darum, davon die Daten zusammenzusammeln?

AW: Ja, genau so ist es. Da muss man die Detaillierungstiefe bestimmen – das ist immer der Streit, den man mit Facility Managern hat. Wenn sie eine Wartung machen, dann können sie ja nicht sagen, ich warte eine Klimaanlage, sagen wir vom Ares Tower, denn die geht ja über 18 Geschoße, die können sie nicht warten. Deshalb schreibt die VDMA 24186 vor, dass man auf Komponentenebene arbeitet. Also die Anlage ist der virtuelle Begriff der gesamten Klimaanlage über die 18 Stockwerken. Dann kommt die Baugruppe – das sind beispielsweise die Lüftungskanäle und die Motoren. Dann kommt die Komponente – das ist beispielsweise der Einschalter und so weiter. Dann kommen die Einzelteile. Und die Norm schreibt vor, dass sie auf Komponentenebene – das ist die Detaillierungstiefe – Wartungsprotokolle entwickeln. Das heißt, eine Komponente Brandschutzklappe ist ein Einzelteil, die Lüftungsanlage ist die Gesamtanlage, wo der Brandrauch rausgeht. Das heißt, sie haben 500 oder 5000 Brandschutzklappen – die müssen überprüft werden – einzeln, aber nicht die Anlage. Und das ist die Detaillierungstiefe. Das ist auch beim Aufzug so. Einen Aufzug können Sie nicht warten, Sie müssen sagen: den Fahrkorb, den Antrieb, die Seile. Und nur wenn die drei Komponenten gewartet sind, können Sie sagen, die Anlage Aufzug ist gewartet.

PJ: Diese rechtlich relevanten, sicherheitsrelevanten und wartungsrelevanten Daten scheinen hauptsächlich die TGA zu betreffen.

AW: Ja, zu 90 Prozent. Es kommen jetzt zunehmend Fassaden dazu, weil die immer schwieriger werden, aber sonst ist aus der Architektur wenig drinnen. Bei Handläufen

zum Beispiel – laut Bauordnung müssen die 82 cm hoch sein. Wenn sie nicht 82 cm hoch sind, dann gilt es als Sicherheitsrisiko – das heißt, auch da muss man den Beweis führen.

PJ: Wir haben ja in der Arbeitsgruppe BIM to FIM über die AKS-Benennung gesprochen – ist das in Wirklichkeit dann eigentlich relevant? Wenn ich mir denke, ich habe ein 3D-Modell und baue da virtuell eine Anlage ein, dann ist ja für das, was ich brauche, also die Dokumente, die Benennung eigentlich egal.

AW: Sie haben schon recht, aber Sie brauchen irgendeinen Identifizierungscode. Ob der jetzt AKS-Nummer heißt oder Strichcode, ist völlig egal. Denn Sie haben in einem Gebäude 300 Motoren und Sie müssen den, der kaputt ist oder den Sie warten müssen, finden und Sie müssen an das ein Dokument, beispielsweise einen Prüfbescheid hängen und Sie müssen eigentlich auch einen Plan hinhängen. Das heißt, die Verbindung von Alphanumerik, Grafik und Dokument ist eine AKS-Nummer. Ich meine, Sie können auch beim Billa Nudeln kaufen – da gibt es hundert verschiedene Nudeln. Mit welchem Nudelsackerl gehen Sie jetzt zur Kassa – das ist genau dasselbe.

PJ: Wie sieht es mit der Standardisierung dieser Identifizierungen aus?

AW: Es gibt ja jede Menge Normen – auch für AKS – die gibt es bei der DIN, bei der GEFMA, VDMA etc. Wie so oft hat jeder Interessensverband seine eigenen Spielregeln – nichtsdestotrotz gibt es jetzt einen Arbeitskreis, der in Bonn tagt zum VDI, und der will diese AKS-Struktur der TGA für die BIM-Modelle vereinheitlichen. Erstaunlicherweise übernehmen die praktisch zu 95 Prozent die Bezeichnungssystematik meines Unternehmens, wie es seit 10 Jahren technische Bauteile benennt – genau diese AKS-Struktur, wobei es mir am Ende des Tages eigentlich egal ist, in welcher Struktur. Wenn Sie heute mit Ihrem Auto zum Autohändler fahren und sagen, machen Sie mir ein 60.000km-Service, dann macht er Ihnen einen Kostenvoranschlag und sagt, was wieviel kostet.
Es muss auch im Facility Management möglich sein, Kosten hochzurechnen – und damit meine ich, bei Ausschreibungen sauber zu argumentieren. Wenn 26 Aufzüge von Kone verbaut sind und da sind diese und jene Motoren drinnen, muss gesagt werden können, dass die Wartung dieses und jenes kostet. Dazu braucht es ein funktionierendes AKS-System, weil beim AKS-System bzw. bei den einzelnen

Bauteilen, die im Bauteilekatalog abgebildet sind, hat die VDMA vor Jahren schon aufgelistet, welche Wartungsarbeiten an dem technischen Teil zu erfüllen sind. Das heißt bei einem Elektro-Motor sagt die VDMA ganz klar, einmal im Jahr Typenschild reinigen, QR-Code-Überprüfung, Spannungsüberprüfung, Erdkabel überprüfen. Da gibt es mehrere Vorgaben der VDMA, die wären eigentlich auch die Vorgaben für eine Ausschreibung. Natürlich sind viele Arbeiten, die die VDMA darstellt, idealistisch. Zum Beispiel das Typenschild – ich hab noch keinen FMler gesehen, der das Typenschild gereinigt hat und das auf die Preisliste draufgeschrieben hat, aber nichtsdestotrotz, es ist so wie beim Spengler oder wie beim Mechaniker – wenn es einen Motor gibt, ist rein theoretisch diese Arbeit zu machen. Und wenn ein Service zu machen ist, ist Öl zu wechseln, Scheibenwaschanlage usw.
Wenn dann ihr Scheibenwischer noch nicht abgenützt ist – hoffentlich wird ihn der Mechaniker nicht austauschen.
Das heißt, mein Anspruch ist immer gewesen, ich will ein Nummerierungssystem, wo ich gleichzeitig durch die Verknüpfung mit der VDMA im Idealfall sagen kann, hier kommen 600 Mannstunden, Manntage, Mannwochen an Wartung raus. Und das kann ich schon während der Errichtung sagen. Da scheuen zwar alle zurück, aber das wird mit BIM automatisch kommen. Und dann kann natürlich der Eigentümer sagen, Typenschild reinigen oder Schrauben nachprüfen will ich nicht, weil ich will es nicht bezahlen und ich glaube nicht, dass man das braucht. Dann bleibt ein Leistungsverzeichnis übrig.
Wir haben aktuell die Erfahrung bei einem Projekt außerhalb von Österreich, dass der Auftraggeber gesagt hat, die Planer planen wie gehabt und der Waschl ist die Datenpolizei, der gibt den Planern die Strukturen vor und überprüft immer wieder, ob sie das so gemacht haben. Das heißt, wir haben Milestones festgelegt – da schau ich mir an, was ist im BIM-Modell abgebildet und ich mach dann die Verknüpfung mit der VDMA, aber die AKS-Nummern nehmen die schon aus unseren Vorgaben und tun es in ihren Raumstempel oder so dazu. Das heißt, es kommt aus dem BIM-Modell schon die aktuelle AKS-Nummer mitgeliefert. Und die Nummer wächst auch mit der jeweiligen Entwicklung des Modells – das ist ja nichts Neues. Sie machen es ja alle – jeder hat seine AKS-Nummer. Der Klimatechniker, der Heizungstechniker usw. – aber jeder seine eigene. Ich war gestern bei einem Unternehmen in Wels und da wird ein wunderschöner Betrieb gebaut. Das war ein Paradebeispiel. Die GLT wird gemacht von Honeywell und die haben alles, was einen Datenpunkt hat, mit einem Strichcode versehen. Ich habe gefragt, wie der Strichcode funktioniert und wie die Nummerierung aufgebaut ist. Er hat gesagt – der erste Teil ist die Lüftungsanlage selbst, der zweite

Teil ist der Schaltschrank, der dritte Teil ist … dieses und jenes. Ich habe gefragt, ob sie keinen Bezug auf den Raum oder Stockwerk haben. Sagt er – nein, das brauchen wir nicht. Ich meine, wie findet das einer? Sagt er – der muss sich in die GLT einklinken und dann halt am Plan schauen. Sag ich – stehen am Plan eure GLT-Nummern? Nein, sagt er, weil deshalb haben wir ja den Strichcode. Also wenn ich jetzt am Handy einen CAD-Plan hab und sag die Lüftungsklappe oder den Rauchmelder suche ich – wie finde ich den? Sagt er – naja da müssen Sie auf die GLT gehen, schauen, wo der ist und dann nehmen Sie den Strichcode und dann…
Dann hab ich gefragt, wofür sie den Strichcode überhaupt haben – das ist ja ein Onanistensport.
Dann bin ich fünf Meter weitergegangen und da hängen von der 6m hohen Decke in der Lackiererei alle 1,5m Meter 10-15 Kabeln herunter und auf jedem Kabel ist eine AKS-Nummer. Da war der Elektriker in der Nähe und ich hab ihn halt gefragt, ob das die AKS-Nummer ist. Der hat gemeint – ja, unsere. Ich frag ihn, was mir die sagt. Der Elektriker hat erklärt – L, für Lackiererei, also raumbezogen, aber dann geht es Verteilerschrank, Stromkreis und dann kommen die Motoren. Ich hab gefragt, ob das irgendwie zusammenspielt mit der GLT… Nein, der hat seine eigenen. Und dann bin ich ein Stück weitergegangen und hab den Heizungstechniker gefragt nach den Kabeln zum Brenner – ob er weiß, wo die zum Anschließen sind, wie die zusammenspielen. Der hat gemeint, dass der Elektriker das eh weiß und das anschließt und dann abzwickt und dann ist die Nummer weg. Auf die Fragen, ob er gar nicht weiß, auf welchen Schaltschrank die Kabeln gehen, sagt er, dass ihm das wurscht ist. Das ist die Chuzpe. In Wahrheit macht jedes Gewerk seine eigene AKS-Nummer – die Arbeit wäre in Zukunft nur, dass man eine AKS-Nummer macht – und zwar über alle Gewerke. Das mach ich in einem Standard. Wie auch immer die ist – sowie von einem GLTler, der sagt, er braucht die Lüftungsanlage als erstes und ja nichts raumbezogenes – dann der andere braucht das achsenweise, wobei kein Nutzer weiß, wo Achse 1 ist – rechtsläufig/linksläufig – wohingegen Raumnummer ist eigentlich immer angeschrieben.

PJ: Und die VDMA macht das auch nach Raumnummer?

AW: Ja, die schreiben vor, dass das vom Großen ins Kleine geht. Also man sagt, wenn man das Ganze ausbreiten will, in welchem Land sind Sie: Österreich – underline; in welchem Bundesland sind Sie: Steiermark – underline; in welcher Stadt sind Sie: Graz – underline; in welcher Straße: Eberhard Straße – underline; in

welchem Gebäude sind Sie: Tower-soundso oder Palais-soundso; und dann fängt man an – Stockwerk, Raum und dann kommt das Funktionelle. Also die Latte ist standardisiert und ist eigentlich logisch und da halten sich eigentlich eh die Meisten dran.

PJ: Das heißt, man könnte in jeder Ausschreibung eigentlich darauf verweisen und sagen, jeder Beteiligte hält sich an diese Struktur. Oder man holt die Datenpolizei.

AW: Ja, mit einem Entwickler haben wir bei drei großen Projekten, die jetzt laufen, vorher die Standards bestimmt und jedes Errichtergewerk muss nach den Standards bauen. Das sind 150 Seiten und die meisten kennen es eh schon. Da ist ein Architekt dabei, mit dem machen wir schon das zehnte Haus in dem Standard. Das erste Haus war schwierig, da haben sie uns alle beschimpft. Beim zweiten hat er gemeint, jetzt seh ma den Waschl schon wieder, und beim dritten hat er gesagt, jetzt haben wir es eh schon langsam überlebt und beim vierten war es selbstverständlich. Das läuft jetzt.

PJ: Ist das nicht etwas, das dann mit zunehmender Verbreitung von BIM weniger gebraucht wird?

AW: Ja, das muss automatisiert werden und es muss ein Standard werden, aber es wird immer jemanden geben müssen, der die Qualität der Realisierung überprüft – und das ist ja dann auch Management.

PJ: Das heißt, was die Sicherung der Datenqualität, der Übergabequalität etc. betrifft, wird es irgendjemanden brauchen, der das überprüft?

AW: Ich bin überzeugt – so wie es jetzt schon viele moderne Firmen machen, dass es einen CDO, einen Digital Officer oder einen Daten-Officer gibt – wird es auch im Facility Management für das Warten der Daten jemanden geben. Und manche machen das ja heute schon, die haben schon ein beeindruckenden CAFM-Level erreicht und sehr ordentliches Datenmaterial. Die gehen zwar sehr verschwiegen damit um, weil sie über viele Jahre eigentlich belächelt wurden, aber jetzt, wo sie es haben, erkennen sie Stück für Stück die Vorteile und sehen auch, dass die Kunden danach fragen.

PJ: Wie relevant ist hier das Thema Datensicherheit?

AW: Das wird immer stärker. Nicht nur durch die Bedrohungssituation, sondern auch deshalb, weil die Umorganisationen in Firmen immer schneller gehen, weil immer mehr Daten zu Informationen verarbeitet werden. Es werden immer mehr Daten generiert, die durchaus auch nicht ungefährlich sind: Schließsysteme, Personaldaten, etc. Das ist ein Zukunftsmarkt für den Facility Manager. Die sind nicht mehr nur verantwortlich für Lampen, Schrauben, Reinigung oder für die Beaufsichtigung der GLT, sondern der wird noch viele andere Aufgaben bekommen, wo er dann wirklich Manager sein muss. Weil das auch ein Wert ist. Bei einigen Häusern, die in letzter Zeit verkauft wurden, können Sie das sehen. Bei denen war die Datenqualität unterschiedlich, und die Käufer haben ganz klar gesagt, „Bei Ihnen ist die Gewährleistungsverfolgung nicht dokumentiert“ oder „Da haben wir keine Freischaltung der Aufzüge“. Bestimmte Daten haben sie nicht gefunden, weshalb es einen Preisabschlag gegeben hat. Das hat dem Verkäufer weh getan, und da gibt es mittlerweile mehrere Beispiele. Und da kommt ein interessanter Themenbereich für BIM dazu: das Thema Vermessung im Bestand – wie schaut es mit Robo-Scanning aus, was nimmt der auf, kann der auch die TGA aufnehmen, sieht der durch die Decke, wie ein Röntgenstrahl, oder nimmt der nur das auf, was er sieht.

PJ: Glauben Sie, dass künstliche Intelligenz im FM auch eine Rolle spielen wird oder ist das in dem Bereich weniger ein Thema?

AW: Ab dem Zeitpunkt, wo man FM nicht nur mehr auf ein Haus bezogen sieht, sondern auf Quartiere oder Stadtteile, dann kann sich künstliche Intelligenz schon entwickeln, weil dann ist das Thema CO2, das Thema Staubentwicklung etc. interessant. Solange man aber nur ein Haus betrachtet, glaube ich, ist mit künstlicher Intelligenz so schnell nichts umzusetzen.

PJ: Wenn es die Daten von einzelnen Gebäude gibt, sind die Daten von mehreren relativ einfach zu verknüpfen. Dann kann man auch richtig große Sachen herauslesen.

AW: Ich will in Zukunft auch herauslesen können, in welchem Bezirk die meiste Verschmutzung entsteht oder wieviel die Tiefgaragen CO2 verursachen etc. Das will ich nicht immer nur auf ein Haus bezogen sehen, sondern im Größeren, weil das kann

ich dann auch hinsichtlich meiner Investments beurteilen. Es macht keinen Sinn, bei einem See eine CO2-Aufbereitungsanlage hinzustellen, sondern die muss dort stehen, wo der meiste Dreck rauskommt.

PJ: Wie glauben Sie wird die Pflege des BIM-Modells bei Wohngebäuden aussehen, werden das Hausverwaltungen übernehmen?

AW: Wie eingangs besprochen – die Transparenz der Arbeit gilt auch für die Hausverwalter. Wenn man sich einen aktuellen Fall eines großen Hausverwalters ansieht, der von tausenden Mietern geklagt wurde, weil die Betriebskosten zu hoch sind – da kann man wahrscheinlich Tag für Tag zuschauen, nachdem die Leute besonders in den Zinshäusern immer weniger Geld zu Verfügung haben für die Betriebskosten, dass die genauer wissen wollen, wofür das Geld ausgegeben wird. Die wollen auch genau wissen, funktioniert die Heizung überhaupt, wie wird das berichtet – nur damit man es warm hat, das wird den Leuten über kurz oder lang zu wenig sein. Das heißt, Hausverwaltung im klassischen Sinn – sprich, Zinszettel schreiben und warten bis irgendwas kaputt ist – das wird es nicht mehr geben. Es wird so wie beim Auto – für mich ist das Auto ein gutes Beispiel. Vor 20 Jahren hat es rostige Autos gegeben und dann ist das TÜV-Pickerl eingeführt worden. Da haben alle geschrien. Heute ist das Standard – sehen Sie heute noch wo ein rostiges Auto? Vor 20 Jahren sind noch Autos durch die Landschaft gefahren, die haben nichts können und haben 16 Liter gebraucht, und keinen hat gestört, dass die Dinger gestunken haben. Heute gibt es einen Energieausweis bei jedem Haus – über den kann man auch streiten – aber die Bewegungen gehen dorthin, dass auch die Hausverwaltung transparent ihre Leistung erbringt und jederzeit abrufbar ist, und wenn einer sagt, ich will am 14. Dezember wissen, wie viel Öl braucht die Ölheizung pro Stunde oder pro Tag, dann wird er das sehen – und in seiner Abrechnung sowieso.
Sie können es auch im Positiven verkaufen – dafür ist BIM auch gut. Wenn Sie in so Wohnhausanlagen sind, wie sie jetzt gebaut werden – immer höhere Verdichtung – da wird es sich eine Hausverwaltung nicht mehr leisten können, dass einfach ein Aufzugsmechaniker zur Wartung kommt und dann rennt zwei Tage der Aufzug nicht. Die Leute werden erwarten, dass entweder aufs Handy gesendet wird – am 24. steht der Aufzug oder sie haben übers Internet einen Screen beim Eingang, wo draufsteht, dass es am 24. keinen Aufzug gibt, weil die Herstellerfirma das repariert. Und am 25. wird die Klimaanlage gemacht und am 26. müssen Sie die Vorhänge zumachen, weil

da wird die Fassade gemacht. Das wird jeder verlangen. Das heißt der Hausverwalter kann nicht mehr agieren, wie es ihm passt und wenn er einen Handwerker oder das Geld hat, schickt er den – das werden die Mieter anders verlangen. Also auch das Thema Hausverwaltung – und da sitzen ja wirklich noch viele mit Ärmelschonern belegte Zeitgenossen – auch das wird sich in Richtung Management entwickeln.

A.3 Mag. Karl Friedl

Patrick Jaritz: Was glauben Sie, was werden die großen Themen sein, die sich im Gebäudebetrieb durch Digitalisierung ändern werden?

Karl Friedl: Der Treiber wird das Facility Management sein. FM in Verbindung mit Digitalisierung hat ein unglaubliches Chancenpotential. Wenn man sich Planen, Errichten und Betreiben ansieht, wird von Anfang bis zum Ende ein digitaler Zwilling entstehen. Man tut auch gut daran, aufzuhören über BIM und BIM hoch zwei, drei, vier zu reden. Man muss eine Sprache wählen, die auch der Ottonormalverbraucher versteht. Und es versteht heute jeder das Beispiel der Werkstatt, dass dort der Mechaniker den Computer ansteckt und sich anschaut, wie es dem digitalen Zwilling und damit dem realen Fahrzeug geht. Es gibt immer ein digitales Abbild. Wenn man mit der Vision beim Betrieb beginnt, wird es interessant. Im Bereich Maschinenbau herrscht eine enorme Geschwindigkeit in der Entwicklung. Nicht nur im Autobau, auch im Flugzeugbau ist das Thema mit einer Selbstverständlichkeit angekommen. Auch bei Gebäuden gibt's jetzt keine Ausreden mehr – die ständige Behauptung, es gibt bei Gebäuden nur die Stückzahl 1 und es wird immer nur ein Prototyp gebaut, ist kein Grund mehr. Mittlerweile macht ja auch die Industrie Stückzahl 1 – und das ist die große Chance der Digitalisierung, dass wir in der Lage sind, industriell zu individualisieren. Wenn man jetzt plötzlich in diesem Prozess die Möglichkeit hat, dass in den Objekten schon die Produktions- und Betriebsdaten enthalten sind. Es wird nicht nur ein reales Produkt geliefert, sondern auch ein digitales Abbild. Dieses digitale Abbild wird hochaggregiert und in der Errichtung fortgeschrieben. Es korrespondiert mit der realen Welt im Betrieb. Wenn das passiert, sind wir dort angekommen, wo das Auto heute schon ist. Und es gibt überhaupt keinen Grund,

warum das nicht heute schon so sein soll. Dann gibt es Chancenpotentiale im Rückbau, zum Beispiel im Recycling, das wird sich auf die Konstruktion auswirken. Ich habe vor kurzem einen Vortrag von Professor Braungart zum Thema Cradle to Cradle gehört. Er sagt, die Digitalisierung ist eine Riesenchance, weil plötzlich die Produkte ihre Herkunft und ihre Schadstoffaspekte kennen. Das sind ja Dinge, die nicht neu sind, so etwas gibt es in der Lebensmittelindustrie ja schon. Man weiß, wo die Kuh aufgewachsen ist – das Mitgeben von Daten ist ja schon da. Die Herausforderung ist, die Daten in entsprechende einheitliche Standards zu bringen und mit den riesigen Datenwolken – Big Data – umzugehen. Wenn das passiert, ist es nur noch eine Kultur- und Prozessfrage. Dort ist jetzt für mich der Hebel – also vom Lebenszyklus hinten angefangen – der Nutzer und der Bauherr. Es wird die Industrie niemand fragen, ob sie das will, wenn's der Bauherr bestellt. In der Zukunft wird ein Gebäude nicht nur in der realen Produktion bestellt, sondern auch mit einem digitalen Abbild. Das ist die große Chance des Betriebs, da kommt der Zug her. Wir müssen von hinten denken. Wenn man sich vorstellt, was da täglich an Prozesskosten auftreten, einfach weil entsprechende Informationen nicht abrufbar sind. Wenn man bei der Errichtung die Daten einspeist, dann hat man beim Betreiber den größten Nutzen, aus dieser Logik heraus ist das zu denken. Heute wird noch immer durch Versuch und Irrtum gebaut, im Prinzip mittelalterlich. Man tut so, als würde man ein Gebäude jedes Mal neu erfinden, fängt an zu simulieren, baut 1:1-Modelle und so weiter – und in Wirklichkeit kann man alles am Computer machen, man kann sofort reagieren, man kann simultanes Engineering machen. Wir reden seit 15 Jahren über integralen Planung – bei BIM wird in Zukunft integrale Planung eine Selbstverständlichkeit sein, es wird nicht mehr anders gehen. Wenn alle am gleichen Datenmodell arbeiten, gibt's nur noch integrale Planung. Dann macht der Architekt die Hülle und der Haustechniker und der Statiker arbeiten direkt hinein. Es gibt dann keine Kollisionsprobleme mehr. Es gibt da natürlich noch Herausforderungen – wer hat dann die Verantwortung, wem gehören die Daten, wer hat die Haftung, solche Diskussionen gibt es momentan. Bei der IG Lebenszyklus Bau prophezeien wir das schon lange: das wird zu ganzheitlichen Verantwortungsmodellen führen. Meines Erachtens ist der Weg, dass man dort einen gesamtverantwortlichen Planer und einen gesamtverantwortlichen Errichter hat. Es reden zwar viele skeptisch über PPP und lebenszyklusorientierte Modelle, aber es würde niemand auf die Idee kommen, ein Auto in Einzelteilen zu kaufen und es selbst zusammenzubauen. Die meisten Unternehmen leasen ihre Autos und haben eine Kostensicherheit auf Kilometerbasis. Es gibt überhaupt keinen Grund, warum das nicht in allen Industrien so passieren

wird. Wir gehen weg vom Besitzen hin zum Benutzen. Ich will ein Gebäude ja nicht besitzen, ich will, dass es genutzt wird. Dann gibt's plötzlich ein neues Selbstverständnis dieser Branche. Von manchen Entwicklern gibt es neue Modelle mit gebrandeten Büros mit vollem Service, das geht in diese Richtung.
Und dann kann man als Betreiber vorbeugende Instandhaltung und eine Optimierung einer Anlage machen, die aus dem System, aus dem digitalen Zwilling heraus passiert.

PJ: Ein Gebäude hat ja eine höhere Lebensdauer als eine Maschine, ist eine lebendige Sache und muss sich permanent an ihre Nutzung anpassen. Wenn man nun gewisse Teile eines Gebäudes ändert, wie passiert die Synchronisierung mit dem digitalen Zwilling? Wer hat beispielsweise bei einem Umbau die Verantwortung und wie kommt das in die virtuelle Welt?

KF: Der Schlüssel dazu ist, dass das digitale Modell nicht als Dokumentationstool sondern als Prozesstool verwendet wird. Das heißt, wenn der digitale Zwilling erst entsteht, indem irgendjemand das reale Abbild neben den eigentlichen operativen Prozessen dokumentiert, dann wird es immer falsch sein, weil Dokumentation in der Komplexität immer hinten nach ist oder gar nicht gemacht wird. Wir müssen aber dazu kommen, dass das digitale Abbild das Prozesstool ist, mit dem gearbeitet wird, also dass damit Umplanungen und Umbauten durchgeführt werden. Auf der einen Seite gibt‘s ein fertiges Gebäudesystem, mit dem das Facility Management arbeitet, und das System korrespondiert mit der realen Welt, gleicht über Datenpunkte ab, wie der Zustand ist bzw. kennt die Historie von Anlagen. Der Motor in einem Lift ist ausgetauscht worden, der neue Motor hat eine neue ID und hat sich selbst wieder ins System eingeklinkt. Die Datenpunkte werden im Gebäude überwacht, so wie in einem Auto. Ich erzähl‘s von einem Flugzeug, weil ich's da gesehen habe: wenn bei einem Flugzeug im Hangar eine Wartung einer Turbine ansteht, dann wird die Turbine zur Wartung herausgenommen und eine gewartete Turbine hineingesteckt, weil das Flugzeug darf nur drei Stunden stehen, also es gibt keine Zeit, um da lange herumzuarbeiten. Und die Turbine war vorher auf einem anderen Flugzeug, das ist aber völlig egal. Das heißt, die Turbine weiß, wo sie war, wie sie gewartet wurde und wer das gemacht hat. Und wenn die Turbine da hineingesteckt wird, weiß das System des Flugzeuges, dass sie diese Turbine hat, ohne dass irgendjemand etwas tut. Weil sozusagen die digitale Welt der Turbine mit dem digitalen Zwilling des Flugzeugs

korrespondiert. Also man steckt ein System an und nicht nur das technische System ist damit verkoppelt, sondern auch das virtuelle System ist damit verkoppelt.

PJ: Genau, das wird sich mit dem Internet of Things ändern, wenn Bauteile kommunizieren können.

KF: Das wird sich nicht ändern, das hat sich schon geändert. Internet of Things ist da. Ist Realität. Nur in der Bauindustrie noch nicht Realität. In sehr vielen anderen Industrien ist es Realität. Internet of Things erleben Sie jeden Tag, wenn Ihr Computer sich selber updated, ohne dass Sie etwas tun, wenn das Verrechnungssystem in kürzester Zeit völlig vollautomatisch funktioniert. Wenn Dinge korrespondieren, ohne dass ein Mensch etwas tut, und das passiert schon. Und das wird in Zukunft in allen Lebensbereichen passieren.
Wenn man heute ein Taxi bestellt, schaut man auf's Handy und sieht live, wo die Taxis gerade fahren und zwar alle in der Gegend. Und der sagt mir, das ist dieser Fahrer, der hat dieses Auto. Und was ist das? Das ist genauso Internet of Things. Es korrespondieren Systeme miteinander, ohne dass irgendwer was tut. Da sitzt kein Administrator mehr da. Und das wird zunehmend passieren, überall.

PJ: Ich bin überzeugt davon, dass vieles automatisiert wird. Die Frage ist, braucht es dann trotzdem in irgendeiner Art und Weise ein Management von dem.

KF: Klar braucht es das. Wir werden uns nicht mehr um die Daten kümmern müssen. Daten und Informationen werden immer und überall vorhanden sein. Und wir werden uns nicht mehr um die Dokumentation kümmern müssen, sondern wir werden die Dokumentation nützen.

In Zukunft, und da gibt es schon Gebäude, geht der Mechaniker mit der Datenbrille und sieht, was dieses Teil in letzter Zeit gemacht hat, sieht die Historie, sieht was er tun muss, kriegt Handlungsanweisungen, wie er das Teil austauschen muss. Also wie wenn wir bei unserem Drucker den Toner austauschen. Da sind wir auch gewohnt, dass uns das Ding sagt, was wir tun müssen. Die Maschine wird dem Mechaniker sagen, was er tun muss. Und das ist schon da. Das ist nicht irgendwie Zukunftsmusik. Das ist schon da. Wir haben es nur noch nicht angewandt.

PJ: Was glauben Sie, was von der Planung und Errichtung die relevanten Daten in der Nutzung sind? Braucht man das ganze Datenkonvolut, das vorne entsteht? Der Facility Manager vielleicht nicht, aber vielleicht ein Architekt für einen Umbau, ein Bauphysiker für Simulationen? Möglicherweise gibt es Daten, die in einem urbanen Kontext – Stichwort Smart City – relevant sind?

KF: Wir brauchen sie nur differenziert. Also ich kann Sie jetzt zuschütten mit Informationen und Sie können gar nichts mehr damit anfangen. Davor hat der Facility Manager Angst. Ich glaube aber, in Zeiten von Big Data brauchen wir davor keine Angst zu haben, denn wenn wir Daten richtig strukturieren, dann können wir den Ausschnitt der Daten verwenden. Es ist nicht schädlich, mehr zu wissen als man braucht.
Man muss nur in der Lage sein, verschiedene Filter drüberzulegen. Wenn wir einheitliche Datenstrukturen haben, die natürlich die Grundvoraussetzung sind, dann kann man sagen, jetzt schaue ich mit dem Filter Facility Management und dann schaue ich mit dem Filter Haustechnikplaner, Architekt usw. darauf. Meine Vorstellung ist, dass das System so aufgebaut ist, dass es Bearbeitungsrechte gibt, und jeder innerhalb seiner Systemumgebung damit umgehen kann.
Zum Beispiel ein Umbauprojekt. Also es gibt den normalen Betrieb und es gibt ein Projekt. Und in einem Projekt wird das Objekt als auch der digitale Zwilling umgebaut. Ich nehme das Objekt und schiebe es in die Umbauphase. Der Architekt plant zuerst den digitalen Zwilling um. Der digitale Zwilling wird sozusagen schon bevor er realisiert wird geprüft, ob er passt. Und dann entsteht die Realität. Und dann schiebe ich das Ding wieder in den Ruhezustand. Und ich sage, jetzt ist das System wieder stabil. Und so kann ich das immer wieder machen. Der digitale Zwilling wird immer wieder aktualisiert.

PJ: Wo sehen Sie jetzt noch Schnittstellenprobleme oder Portierungsprobleme momentan? Und was müsste man am ehesten angehen, damit das funktioniert?

KF: Die größte Hürde für diese Entwicklung derzeit ist die Kultur. Also diese Brüche in den Branchen, weil die Grundvoraussetzung, dass das funktioniert ist, dass man es will. Und wenn Sie mit Architekten oder Bauunternehmen oder auch mit Facility Managern reden, dann sind die Gräben zwischen diesen Professionen noch ziemlich tief. Das heißt, sie sehen sich gar nicht als eine Branche. Es gibt ja aktuell auch diese Initiative „Planen, Bauen, Betreiben“ und die beschäftigt sich ja intensivst mit den

technischen Voraussetzungen, dass das funktioniert. Das ist auch wichtig. Nur, für mich der wichtigere Aspekt ist, dass die Branchen erkennen, dass das notwendig ist. Dass sich die Branchen weiter entwickeln in ihrem Selbstverständnis, und für mich der große Hebel ist der Bauherr selbst. Wenn der Bauherr versteht, dass er in Zukunft eben auch ein digitales Abbild bestellt und dass das einen Nutzen bringt. Die meisten Bauherren, mit denen ich heute rede, sagen: „Was geht denn mich das an? Die Branchen sollen sich organisieren wie sie glauben. Ich will ein Gebäude."
Dass sie aber dann eben nicht mehr eine Dokumentation mit vielen tausend Ordnern bekommen, sondern eben ein lebendes Abbild, und welchen Nutzen das bringt im Betrieb, das haben sie noch nicht verstanden.
Das ist auch der Grund, warum wir aktuell an einer Startup-Initiative für die Branche arbeiten. Also wir werden heuer so etwas wie ein Pioneers Festival für die Immobilienbranche organisieren, wo Startup-Unternehmen aufgefordert werden, branchenübergreifend zu denken.

PJ: Wo liegt denn dieser digitale Zwilling, also dieses Datenmodell? Auf einem Server im Gebäude?

KF: Wenn man den IT-Spezialisten von Microsoft oder IBM oder Google zuhört, und wenn man sieht, wie schnell sich das entwickelt, dann kann man erahnen, dass die Zukunft nicht mehr in den zentralen Systemen, sondern in Cloud Computing sein wird. Im simulatenen Engineering der Automobilbranche wird schon seit Jahren in Private Clouds gearbeitet.

PJ: Private Clouds heißt, das Unternehmen hat eine eigene Cloud, die auch nach außen hin sicher ist?

KF: Genau, das Thema Datensicherheit ist natürlich auch ein großes Thema in Zukunft. Es gibt prinzipiell zwei Entwicklungen, die ich sehe. Erstens glaube ich, dass wir Cloud Computing sehr, sehr schnell flächendeckend haben werden und zweitens, dass wir unsere Software nicht mehr kaufen werden.
Wir werden noch eine Zeitlang brauchen, bis sich Standards in den Software-Produkten für digitale Gebäudemodelle durchsetzen. Da gibt es momentan ja mehrere Strömungen, und das wird noch 10 Jahre dauern, bis sich ein Standard so durchgesetzt hat, dass unterschiedliche Anbieter nach demselben Standard arbeiten.

Ich glaube, dass wir in Zukunft auch diese ganze Diskussion „Wem gehören die Daten?“ dadurch entschärfen, indem ein großer Bauherr sagt: „Ihr könnt für mich arbeiten, aber mit meiner Software in meiner Cloud“, fertig. So einfach ist das eigentlich aus der Perspektive der Bauherren, der Besteller. Und da können die Architekten diskutieren was sie wollen. Wenn sie dafür arbeiten wollen, werden sie sich entscheiden, ob sie das machen oder nicht. Und wenn die Baufirmen sagen: „Ich will dort liefern“, dann werden sie sich entscheiden müssen und die Betreiber genauso, sie werden sich entscheiden müssen, wie ihre eigenen Systeme dort angedockt werden. Große Bauherren werden das bestimmen, weil die werden sich dieses Thema nicht mehr antun.

PJ: Und nachdem man sich dann keine Software mehr kauft, sondern eigentlich projektweise mietet, werden die Architekten und Fachplaner einmal dieses System und einmal ein anderes mieten?

KF: Nicht die Architekten mieten es, sondern der Bauherr mietet es. Das Projekt stellt das Werkzeug zur Verfügung.

PJ: Da braucht man dann nur noch die Leute, die sich damit auskennen.

KF: Genau. Und man kann sich jetzt vorstellen, dass diese Werkzeuge sich so weiterentwickeln, dass sie Schnittstellen zu allen möglichen anderen Werkzeugen haben. Also das wird in der Übergangsphase schon so sein, dass der Architekt in seinem System irgendetwas entwickelt und es dann in die Cloud hineinschiebt. Das kann ja sein. Er muss ja nicht mit Revit arbeiten, um Revit-kompatible Daten zu liefern. Da wird es schon irgendwelche Übergangssysteme geben, aber ich glaube, es führt kein Weg daran vorbei, dass sozusagen das Modell in einer gemeinsamen Cloud entwickelt wird. Es wird auch immer die Diskussion geführt, was passiert dann mit unserer kleinteiligen Mittelstand- und Architektenstruktur? Ich glaube, dass diese Entwicklung eine Chance für diese Unternehmen ist, denn in Wirklichkeit ist es ganz leicht, sich in schlagkräftigen Arbeitsgemeinschaften für so ein Projekt zusammenzuschließen. Ich brauche kein Werkzeug. Wenn man sich ansieht, was in anderen Branchen passiert: der größte Busunternehmer hat keinen Bus. Der größte Hotelanbieter hat kein Hotel. Der größte Architekt hat in Zukunft kein Werkzeug. Die größte Baufirma hat keinen Kran – weil plötzlich geht es darum, die Dinge zu

konfigurieren, das Knowhow einzubringen. Plötzlich kann ich Knowhow von Struktur und Werkzeug trennen. Das liefert uns die digitale Welt.
Fakt ist, dass man einen einheitlichen Standard braucht. In der Office-Welt war das ja genau das gleiche. Ich versuche immer zu verstehen, was anderswo schon passiert ist, wie die abgeschlossenen Prozesse von anderen Entwicklungen aussehen.
Zum Beispiel bei den Office-Daten hat es auch 15 Jahre gedauert, bis es einen einheitlichen Standard gab. Und mittlerweile gibt es das ganze Office in der Cloud. Das heißt, Unternehmen zahlen jetzt eine Fee von x pro User und haben alles. Man kann die ganze EDV weglassen. Man braucht nur noch Bildschirme. Und man kann sich mit einer völligen Selbstverständlichkeit überall einklinken, hat überall sein System und alles, was man braucht. Das ist eine andere Art zu denken. Man braucht nur irgendein Endgerät und ist in seiner gewohnten Oberfläche. Wenn man das jemandem vor 10 Jahren erzählt hätte, oder noch vor 5 Jahren, dann hätte der gesagt, man spinnt.

PJ: Es wird ja generell alles viel mehr auf die mobilen Geräte abgestimmt. Das wird wahrscheinlich beim Gebäudebetrieb genauso sein.

KF: Genau. Unbedingt, ja. Und zwar mobile Geräte in einer Ausformung, wie wir sie heute uns zum Teil noch nicht vorstellen können. Ich bin kürzlich auf einem Industriekongress gewesen, um mir diese Sachen aus der Industrie anzuschauen – dort ist das alles schon da. Da gibt es Datenbrillen, die voll funktionsfähig das alles machen. Das ist nicht irgendwie Science-Fiction. Das ist alles da.
Zum Teil habe ich schon ziemlichen Respekt vor dem, was man da technologisch schon kann. Irgendwie habe ich das Gefühl, da gibt es wenige Grenzen, zum Beispiel das Verbinden von technischen und biologischen Systemen haben wir mittlerweile im Griff. Wir haben jetzt für eine führende Firma in der modernen Prothesentechnik gearbeitet, und die haben mit der Medizin-Universität Systeme entwickelt, wo zum Beispiel mit dem Gehirn Prothesen gesteuert werden. Also das Gehirn steuert die künstliche Hand, den künstlichen Fuß. Natürlich geht das auch umgekehrt. Also, die Technik steuert das Gehirn. Wir haben eine Verbindung von den biologischen Systemen mit technischen Systemen in Ansätzen zumindest bereits vorhanden.
Ich war jetzt auf dem Kongress der DNA in der Erste Bank, da hat aus dem Silicon Valley ein Professor gesprochen, der hat gesagt, 2040 wird die Entwicklung so weit sein, dass sich die künstliche Intelligenz sozusagen selbst entwickelt. Die Menschheit generiert Wissen und entwickelt Intelligenz und parallel dazu entwickeln die

technischen Systeme Intelligenz. Und 2040 wird die künstliche Intelligenz die menschliche Intelligenz übersteigen. Die technisch generierte Intelligenz wird größer sein, und bis dorthin müssen wir Strategien haben, wie wir das im Griff haben.

PJ: Sehr interessante Entwicklungen, die jedenfalls auf unsere Branche Auswirkungen haben werden. Was denken Sie, was noch auf den Gebäudebereich zukommen wird?

KF: Ich glaube, man muss sich mit anderen Branchen auseinandersetzen, wo die Entwicklung schon passiert ist. Wie schaut das zum Beispiel im Schiffsbau aus. Ich kann mir gut vorstellen, dass das im Schiffsbau schon Realität ist oder sehr weit Realität ist. Auch die daraus abgeleitete automatisierte Fertigung. Ich glaube, dass das im Flugzeugbau so ist, also dass schon mit der Errichtungsphase ein Datenmodell entsteht und nicht erst später.
In Diskussionen mit Architekten höre ich oft eine Standardantwort: „Na wir bauen ja lauter Prototypen und außerdem ist das alles so komplex und so riesig." Dann sage ich: ein Hochseekreuzer mit 15 Stockwerken, davon 6 unter Wasser, da ist kein Unterschied zu einem Gebäude. Und wenn die das zusammenbringen, dann liegt es nur an unseren Prozessen und an den Verantwortungsmodellen. Das ist der Grund, warum mich dieses Thema Verantwortungsmodelle so beschäftigt. Weil ich sage, wenn ich eine Organisation so aufbaue, dass da in einem Gebäude 500 Einzelegoismen aufeinandertreffen, dann wird es nicht funktionieren.

PJ: Es braucht wahrscheinlich einfach ein paar Best-Practice-Beispiele, wo das gut funktioniert hat. Ich glaube, die Architekten brauchen möglicherweise eine Orientierung, dass sie wissen, welche Möglichkeiten sie haben und in welchem Rahmen sie arbeiten können.

KF: Ich glaube, dass Unwissen zu Angst führt, und das ist das Phänomen, das in solchen Übergangsphasen und gerade in der Architektenschaft sehr stark zu merken ist. Dass man einfach Angst hat vor der Entwicklung. Man hat dann natürlich auch Angst vor dem Großen. Ein Generalplaner mit allen Fachbereichen unter einem Dach ist näher dran im Selbstverständnis, als wenn jemand mit fünf Leuten weiß, er muss sich jedes Mal neu zusammenstellen und neu erfinden, und sich nicht spezialisiert, sondern heute eine Halle macht und morgen ein Bürohaus und übermorgen eine

Kirche. Diese Art zu denken und sich hauptsächlich über Kreativität zu definieren funktioniert nicht, dieses Selbstverständnis bricht zusammen.

PJ: Ich glaube, diese Design-Architektur wird eine Nische werden. Was jetzt die Architekten für selbstverständlich sehen, das wird etwas sein, das vielleicht ein paar Wenige weiterhin so machen werden, aber der Großteil wird sich ändern müssen.

KF: Vielleicht wird sich das dann in eine Richtung wie in Amerika entwickeln, wo es eben am Anfang Designer gibt, die die erste Phase machen. Und dann gibt es professionelle Umsetzer. Also ich habe das auch in unseren letzten Projekten umgesetzt, dafür werde ich in der Branche auch relativ schräg angeschaut. Ich beginne ja bei uns dieses Thema ganzheitliche Verantwortung mit neuen Vergabemodellen zu leben. Und das funktioniert extrem gut.
Alle unsere großen Projekte sind in time und in budget, unglaubliche Zufriedenheit der Bauherren. Aber was mache ich? Ich mache vorne Wettbewerbe, dann mache ich sozusagen eine Entwicklung bis zur Genehmigungsplanung und dann eine funktionale Ausschreibung und dann ist schon der Errichter im Boot und plötzlich hat der Architekt und der Errichter gemeinsame Verantwortung übernommen. Und im Idealfall hole ich auch noch den Betreiber mit hinein und sage, die drei stellen eigentlich das dar, was wir von dem Gebäude wollen. Und um dem Bauherren eine Entlastung zu bringen, muss man die drei in einen Vertrag geben. Dann ist man ganz schnell beim lebenszyklusorientierten Vertrag. Wenn man dem dann auch noch die Finanzierung gibt, ist man bei PPP.
Also es ist ja so einfach in der Wirkung. Wenn man es von der Wirkung her diskutiert und die Brancheninteressen weglässt und man sagt, was tut dem Produkt gut, dann ist man sehr schnell bei der Erkenntnis, dass diese vielen Verantwortungsschnittstellen dem Produkt nicht guttun.

PJ: Bei PPP gibt es auch die Kritik von der Architektenseite, dass es da keine durchgängige Qualitätssicherung gibt, also was die architektonische Qualität betrifft.

KF: Wichtig ist: es geht immer darum, ob man es hinbekommt, in einer Organisation die verschiedenen Verantwortungsträger gleichzeitig und gleichwertig zu beteiligen. In einem richtigen PPP-Modell oder eben in einem lebenszyklusorientierten Modell ist die Aufbau-Organisation so, dass es einen Generalplaner gibt, einen Errichter, einen Betreiber und einen Finanzierer. Die stehen gleichwertig nebeneinander.

Entscheidungen in der Planung werden zum Beispiel aus Lebenszyklus-Überlegungen getroffen. Es werden Errichtungsentscheidungen gemeinsam mit dem Planer getroffen und nicht gegeneinander. Die Frage ist nur, wer hat den Lead? Um das geht es eigentlich. Jeder will der Leiter sein. Und ich sage, wir müssen das Thema umdrehen und fragen, was nützt dem Produkt, was nützt dem Gebäude? Eine Gebäudeentwicklung oder ein Gebäude an sich ist ein Unternehmen auf Zeit. Dieses Unternehmen hat vier Abteilungsleiter. E gibt einen Vorstand, der heißt Gebäude XY, denn der benützt dieses Gebäude dann oder steht für die Benutzung. Und darunter gibt es dann den Planer, den Errichter, den Betreiber und den Finanzierer. Das sind die Abteilungsleiter oder Bereichsleiter. Das ist ein Unternehmen, das dafür sorgt, dass das Gebäude entsteht und dann betrieben wird. Und dass das Gebäude Geld verdient, weil ein Unternehmen muss Geld verdienen. Und wenn man das so sieht, dann ist es plötzlich völlig klar.

A.4 Mag. Peter Prischl

Patrick Jaritz: Welche Daten werden für einen erfolgreichen Gebäudebetrieb gebraucht?

Peter Prischl: Das Allerwichtigste ist, wer für die Nutzung eines Gebäudes zahlt. Das ist das Allerwichtigste. Vereinfacht gesagt, natürlich. Das kann sich dann in vielen Subverästelungen und Detaillierungen äußern. Aber letztlich wer zahlt, sei es als externer Mieter mit einem Mietvertrag, sei es als interner Nutzer mit einer kalkulatorischen Miete oder einer Kostenweiterbelastung. Das ist das Allerwichtigste.

Und das Zweitwichtigste ist, wo Geld rausgeht, wofür. Wenn das Gebäude gemietet ist, ist es relativ einfach, dann zahle ich für den Abbau des Nutzungsvorrats, den dieses Gebäude darstellt, eine Miete. Ich zahle Betriebskosten.
Wenn mir das Gebäude selber gehört, sehe ich das nicht sofort, dass ich hier ja auch genauso einen Nutzungsvorrat abbaue und laufend entwerte und verringere. Und dafür sind dann dazu Aufwände zu entrichten in Form einer kalkulatorischen Miete und einer kalkulatorischen Verzinsung.

Nachdem dieses im Eigentum stehende Gebäude ja Kapital bindet, dass das Unternehmen anderswo einsetzen könnte, muss dieses Kapital entsprechend verzinst werden, auch wenn niemand intern Rechnung schreibt. Das heißt, genau diese beiden Faktoren kalkulatorische Miete oder kalkulatorische Abschreibung, um das buchhalterisch auszudrücken, und kalkulatorische Verzinsung sind extrem wichtige Kostenposten. Die werden meistens aus Unverständnis nicht richtig berücksichtigt, ignoriert, übersehen usw. Die beiden sind die wichtigsten Dinge.

Das Drittwichtigste ist, was in Daten schwer fassbar ist: wie kann das Gebäude den Nutzungsbedarfen und Bedürfnissen seiner Nutzer am ehesten entsprechen? Das lässt sich in Daten schwer sagen. Aber das muss möglich sein und es muss gemacht werden.

Und das Vierte, jene Daten, die die Produktivität eines Gebäudes darstellen. Wie produktiv ist also ein Gebäude? Auch das ist keine leicht zu beantwortende Frage. Was ist produktiv? Das ist oft nur über einen Umweg festzustellen – wie produktiv macht ein Gebäude seine Nutzer? Das ist interessant. Alles andere ist eigentlich unter ferner liefen.

Bei Ihrem Auto interessiert Sie auch nicht, wie gut wurde die Zinkschicht auf dem Kotflügel aufgebracht. Sie wollen mit dem Auto fahren. Es soll gut aussehen. Reparaturen sollen gut gemacht sein. Dass sich in irgendeinem Werk ein paar Spezialisten laufend darüber abkriegen, wie man die Verzinkung jetzt einerseits dünner, andererseits gleichmäßiger machen kann, wie man die Haftung an‘s Hohlblech verbessert, das ist alles wunderbar. Und das ist alles extrem wichtig für ein paar Spezialisten. Interessiert aber den Nutzer nicht.

PJ: Das bedeutet, die relevanten Daten sind immer in irgendeiner Art und Weise Daten, die den Nutzer direkt betreffen.

PP: Na klar. Wenn Sie in ein Restaurant gehen, interessiert Sie auch nicht der Aufbau der Fettmoleküle in Ihrem Steak. Sondern Sie interessiert, wie das Steak schmeckt. Und wenn Sie professioneller Restaurantkritiker sind, schreiben Sie vielleicht sogar etwas darüber. Wenn Sie vom Marktamt kommen oder von irgendeiner Hygienebehörde, dann nehmen Sie vielleicht Proben und prüfen auf Bakterien oder wie auch immer. Aber die Einzelheiten der Herstellung interessieren Sie peripher.

PJ: Das ist ein interessanter Punkt, weil es eben auch im Gebäudebereich einige Dinge gibt, die behördlich nachgewiesen werden müssen.

PP: Ja, lästige Pflicht einerseits und andererseits notwendige Vorsichtsmaßnahme, um keine Unbill über die Nutzer kommen zu lassen. Bei einem Denkmal ist auch nur interessant, abgesehen davon wie es aussieht, ob es nicht einem vorbeigehenden Spaziergänger auf den Schädel fallen kann.

PJ: Was glauben Sie, was sind die FM-Prozesse, die in einem Datenmodell abgebildet werden müssen?

PP: Die, die ich eben gesagt habe. In erster Linie: Wer nutzt ein Gebäude? Der nutzt ja nicht nur Raum, der nutzt ja auch Einrichtungen des Gebäudes. Wer nutzt die? Und wird dafür ein entsprechendes Entgelt auch korrekt verrechnet? Wird es bezahlt? Das ist das Allerwichtigste.
Jemand in einem Besprechungsraum, so wie wir hier sitzen, bestellt eine Keksgarnitur. Dann muss das erfasst werden. Hat diesen Keksteller jemand bestellt, der die Budgetautorität hatte? Und bevor ich ihm den Teller liefere, kriege ich mein Geld wieder. Das sind die wichtigsten Sachen.

PJ: Und wenn man jetzt an die Datenstrukturen denkt, auch hinsichtlich CAFM, wie wichtig ist deren Visualisierung?

PP: Visualisierung ist sauteuer und sollte möglichst vermieden werden. Ich kann natürlich von diesem Raum eine 3D-Aufnahme mit Punktwolken und Visual Recognition machen. Ob das jetzt ein Lüftungsgitter ist oder vielleicht doch nur irgendeine moderne Kunst. Oder wie die Türschnalle hier jetzt genau aussieht, ja. Wenn es geht, vermeiden. Ich komme in dem Raum mit vier Smartphone-Fotos in der Regel genauso aus. Es sei denn, ich wollte ihn Rekonstruieren für eine historische Ausstellung oder irgend so etwas. Also grob gesagt, das kann ich Ihnen jetzt nicht beweisen, aber meine Daumenregel aus vielen Jahren Erfahrung ist, in dem Moment, wo ich das, was man allgemein unter CAD kennt, ziemlich egal, ob es Vektorgrafik ist oder den IFCs entsprechende XML-Objekte mit einer grafisch-vektoriellen Ausprägung sind, kostet das ungefähr zehnmal soviel als ohne. Und wird häufig an den falschen Stellen gemacht. Es wird wahnsinnig interessant gefunden, eine

Heizzentrale in einem Haus in 3D zu zeichnen. Das ist völlig uninteressant. Eine Heizzentrale ist selbst dokumentierend. Da kommt aus der Wand ein gelbes Metallrohr heraus – aha gelb, da habe ich mir dazu gemerkt, das ist irgendwas mit Gas – dann steht da vielleicht Zuluft, Abluft – da steht vielleicht Vorlauf, Rücklauf – das ist wahrscheinlich ein Schieberegler – da kann man vielleicht etwas bisschen genauer regeln, mit einem Rad darauf. Also eine Heizzentrale ist ein gutes Beispiel für Selbstdokumentation. Wiederum, da reicht das Handyfoto. Viel wichtiger wäre in einem Brandschott: wo genau liegen zum Beispiel meine Kabel? Das müsste dokumentiert werden. Aber das ist irgendwie nicht so toll, da kann ich im CAD-Labor auf der Uni nicht so punkten. Das bräuchte man eigentlich wirklich. Sind meine zwei Koax-Kabel jetzt links unten oder, wenn das ein bisschen ein größerer Schott ist, sind die rechts oben? Weil bis ich die Kabel alle von der einen Seite, bei typischerweise nicht allzu guter Zugänglichkeit, mühsam weitergehandelt habe, bis zum ersten Mal irgendein Erkennungsmerkmal kommt, was das für ein Kabel ist – da wäre ganz nett, wenn das zum Beispiel ein BIM abbilden könnte. BIM ist ja bekanntlich ein Vokabel, dass die Firma Autodesk erfunden hat, um ihren technologischen Rückschritt, um ihr technologisches Unvermögen mit ungefähr 10-12 Jahre Hintennachhinken, abzudecken. Der Coup ist perfekt gelungen. Man muss global sagen: super Marketing, super Strategie. Und in der Zwischenzeit haben sie auch aufgeholt. Genauso wie der klare Marktführer in der IT bei Groupware, also bei Kollaborationssystemen, irgendwann einmal ein Produkt von Lotus Notes war. Und als Microsoft kapiert hat, dass das im Abheben begriffen ist, haben sie gesagt: Wir haben auch so etwas: „Exchange“. Das erste, was sie dafür hatten, das erste was sie taten, war der Markennamen. Was sie da letztendlich tun, davon hatten die nicht die geringste Ahnung. Aber sie haben dann ihre Power, ihre Marktpower natürlich auch, hier im Entwicklungsvermögen ausgenutzt, um ein gescheites Produkt, das wir alle als „Exchange“ bzw. als „Outlook“ kennen, zu produzieren. Und hat den Technologieführer Lotus Notes vollkommen überrollt. Und im Bereich XML-basierte Datenaustauschsysteme ist es noch nicht so weit. Aber ich höre die Sprüche, wie ich sie schon vor 15 Jahren hörte: „BIM, jaja, wir haben BIM.“ – „Achso, wieso können Sie das behaupten?“ – „Ja, wir haben jetzt alle Lizenzen von AutoCAD auf Revit umgestellt. Ergo haben wir BIM.“ – „Ok.“ sage ich. Ok.

Also visuelle räumliche Dokumentationen mit XML-Protokollen, sprich IFCs, gehören tunlichst vermieden, weil es einfach ein irres Geld kostet. Nur dort, wo ich es wirklich brauche, mache ich es. Manche sagen, man muss alles dokumentieren, damit die

Facility Managerin sofort findet, wo irgendetwas ist und lauter so Blödsinn. Das ist alles Käse.
Ich brauche ein Zehntel der Daten. Das ist nicht von mir, das sagt ein Mannheimer, der hat eine analytische Ableitung versucht, aber das ist schon lange her. Und der ist nicht nach Tools vorgegangen. Wir sind ja absolut Tools-vernarrt in dieser Welt. Also seine Rechnung war, 91% alle Daten, die, abstrakt betrachtet, im Zuge einer Planung und einer Errichtung eines Gebäudes auftreten, werden für den Betrieb nicht mehr benötigt.

Ein simples Beispiel: wenn ich mitten in der Ausschreibung bin und auch in der Ausführung, ist das natürlich wichtig, wer den Bewehrungsstahl, den ich in eine tragende Decke einlege, liefert, mit allem drum und dran. Und in dem Moment, wo das vergossen ist – wo ich bei der Abnahme sehe, das schaut zumindest nirgends heraus – ist das völlig uninteressant. Ja, es hat vereinzelt Fälle gegeben, dass irgendwann einmal nach 23 oder 29 Jahren etwas zusammengefallen ist, weil der Bewehrungsstahl innen wegen schlechter Einlagerung im Beton verrostet ist. Aber das sind hier uninteressante Fälle.

PJ: Was man für den Gebäudebetrieb braucht, muss oft nach der Errichtung erst wieder neu erhoben werden, vor allem Daten, die die Wartung und Instandhaltung betreffen.

PP: Ja, das hängt aber auch damit zusammen, dass die Errichter überhaupt kein Interesse und auch kein ökonomisches Incentive haben, die Daten korrekt zu erheben und in irgendwelche Modelle, Systeme oder Datenbanken einzupflegen. Ich habe nichts davon, wenn ich für die Zukunft festlege, dass irgendein Overhead Crane vielleicht nicht nur einmal im Jahr, sondern zweimal im Jahr von der So-und-so-Behörde abgenommen, also überprüft werden muss. Da habe ich weder als Planer etwas davon, noch als Errichter. Ich weiß als Faktum, also das habe ich nicht erfunden, dass viele Planer von vornherein die Dokumentationsübergabe kalkulierterweise nicht machen und auf die paar Prozente, die ihnen die HOA dafür gibt, einfach verzichten, weil sie so profitabler davonkommen und weil es der Kunde eh nicht verlangt. Der nimmt seine acht CD und legt sie in die Lade. Und wenn irgendeiner fragt: „Und haben wir auch das Datenmodell übergeben?“ – „Jaja, wurde übergeben.“ Gar nichts wurde. Ein Schmäh wurde performiert. Das war es dann.

PJ: Aber würden Sie das prinzipiell sinnvoll finden, dass das vorher schon passiert? Oder dass es Incentives gibt?

PP: Da müssten Sie eine ganze Generation von Planern und Errichtern ausrotten. Würde die Autobranche heute so agieren, wie sie vor vierzig Jahren agiert hat, dann würden unsere Autos dreimal soviel kosten und zehnmal so oft kaputt gehen. Das ist völlig selbstverständlich, dass jeder Teil, völlig egal was, ob das jetzt eine Schiene von einem Sitz ist, ob das jetzt ein Stoßdämpfer ist, ob das irgendein Pleuel auf einer Kurbelwelle oder ein Ventilstößel ist, dass der natürlich perfekt simuliert mit thermischem Verhalten und allem drum und dran vorher schon seine Funktion in seinem Fahrzeug erfüllt. Da brauchen wir nicht darüber diskutieren, sondern das wird so gemacht. Aber nachdem die Baubranche dreißig bis vierzig Jahre hinten ist, wirst du nicht sofort unter lautem Gelächter aus dem Raum gejagt, wenn du das nicht so machst.

PJ: Das ist natürlich jetzt das Versprechen der Digitalisierung im Bauen und des Einsatzes von BIM. Wenn man so einen digitalen Zwilling als As-built-Modell von einem bestehenden Gebäude hat, dann kann man jeden Umbau, jede Gebäudeoptimierung, jede Flächenoptimierung, jede thermische Optimierung direkt an dem virtuellen Modell zuerst einmal durchsimulieren. Und dann kann man sagen, der Umbau macht dort und dort Sinn, dort nicht usw.

PP: Ist technisch seit zwanzig Jahren völlig problemlos möglich.

PJ: Ich denke, dass es bei den Leuten, die Gebäude betreiben oder besitzen, ein gesteigertes Bewusstsein geben wird und die das von einem Planer verlangen werden.

PP: Das Nicht-Einhalten wird nicht sanktioniert. Wenn Sie als Autozulieferer irgendeinen auch eher unbedeutenden Teil, beispielsweise irgendein Rückspiegelgehäuse oder so, wenn Sie das nicht genau in dem Datenstandard, den der Hersteller vorschreibt, liefern, dann ist es genauso gut als hätten Sie den Spiegel nicht geliefert.

PJ: Genau, ja. Aber glauben Sie nicht, dass sich das auch in der Bauwirtschaft in diese Richtung ändern wird?

PP: Sehr langsam. Das hängt von den Leuten ab, die werden nicht sanktioniert. Es wird das Schwindeln, das Betrügen, das auf den Nächsten abwälzen, das Ignorieren wird belohnt und das Gegenteil wird bestraft.

PJ: Sie haben sich ja mit CAFM und mit der IT im Gebäudebetrieb beschäftigt. Wo sehen Sie kritische Schnittstellen? Also wo die Datenweitergabe vielleicht nicht so gut funktioniert oder wo es eine Optimierung geben müsste, um Daten dorthin zu portieren, wo man sie dann de facto auch einsetzen kann?

PP: Das ist technisch alles simpel. Da brauche ich nicht darüber nachzudenken. Das ist so simpel wie nur was. Wenn ich heute diesen Tisch hier in CAD bauen will, dann brauche ich nicht darüber nachzudenken. Dann brauche ich nicht sagen, das ist ein Problem, dafür muss ich mir eine Arbeitsgruppe zusammensuchen, die sagt: „Wir haben jetzt ein CAD-Modell, wie macht man denn daraus jetzt den echten Tisch?“. Da werden mich die Leute anschauen und auslachen.
Also das sind alles Techniken, die längst da sind. Das wird einfach nicht gemacht, weil es nicht sanktioniert wird.
Das ist so, wie wenn man Ihnen ein Auto liefert ohne Räder, und man sagt: „Ja, warum bist du denn so lästig? Warum bist du denn so pingelig? Wegen den paar Rädern regst du dich so auf? Na geh, wir haben doch gesagt, dass es billiger wird ohne die Räder.“ Das ist absurd. Ich sage das, aber weil man nur so die Absurdität, die im Bauwesen die Dinge bestimmt, die Verhältnisse und die Normen aufrütteln und aufzeigen kann.

Die professionellen Immobilienentwickler im gewerblichen Bereich sagen, je technikärmer ein Gebäude, umso besser. Je weniger Regelzeugs und Computer da drinnen, desto besser. Das macht nur Ärger.

PJ: Mittlerweile macht ja die technische Gebäudeausrüstung fast die Hälfte aus.

PP: Umso besser. Da kann ich am meisten sparen, wenn ich es nicht verwende. Ich bin jetzt sarkastisch und zynisch. Natürlich gibt es die paar netten Beispiele, die es anders machen, aber der Stand der Technik ist so. Ich geh wiederum zum Auto. Dort

wird von vornherein gesagt, eine Türschnalle darf, sagen wir, 0,16% der Gesamtherstellungskosten eines Autos ausmachen. Und so wird die Türschnalle konstruiert. Und wenn ich aber sage: Nein, lieber Chefdesigner, wir haben jetzt eine neue Welle und da sollen die Türgriffe stärker hervortretend sein. Dann ist die nächste Frage, wieviel vom Gesamtwert dürfen sie kosten? 0,24% – OK. Wo holen wir die acht Hundertstel Prozent her? Wo sparen wir das anders ein? Oder trauen wir uns, wegen diesen Griffen den Zielpreis zu überschreiten und das Auto um 28 Euro teurer zu verkaufen? Und das wird bei einem Gebäude nicht gemacht. Weil immer nur diese blöden Sagen und Märchen kommen: „Jedes Gebäude ist ein Prototyp". Das ist ein völliger Blödsinn. Jedes Gebäude ist ein Gewirks. Deswegen ist es ein Einzelstück. Aber nicht, weil man das nicht machen würde. Ich schweife jetzt ein bisschen ab, aber nur einen Moment. Das ist jetzt schon etliche Jahre her, da habe ich nur zufällig mitbekommen, dass es in Vorarlberg ein Bauunternehmen gibt, das rein Einfamilienhausbauten gemacht hat, die wahnsinnig profitabel waren und tolle Kundenzufriedenheit hatten. Da habe ich mir gedacht, das muss ich mir anschauen. Wie kann ein Baumeister im Häuslbauerland Vorarlberg überhaupt überleben? Wie macht der das? Der hat viele Dinge gemacht. Aber eines ist, jedes Detail, also nennen Sie es mir und ich werde sagen ja, hat der im Computer in irgendeiner seiner Bibliotheken schon fix und fertig drinnen gehabt. Der hat den Leuten keine Fertighäuser gebaut, aber er hat ihnen – und zwar durchaus im damals dem Standard entsprechenden 3D-Animationen – zeigen können: „Schauen Sie, Ihr Erker – so wie Ihre Gattin das gesagt hat, würde er so aussehen." Da kann er auch dann sofort sagen, wieviel der Erker kostet. „Ja, wenn Sie den Erker nur mit zwei Fenster machen, dann kostet das pro Fenster 180 Euro. Wenn wir es hinten auch machen, dann wird es billiger und kostet so und soviel." Und so hat er das perfekt gemacht. Es gibt auch in Vorarlberg, habe ich festgestellt, Leute, die ein bisschen Geld haben und die zwei linke Hände haben oder einfach andere Hobbys haben als Häuslbauen, und die hat er mit schlafwandlerischer Sicherheit bedient und hat sozusagen das in der Produktion perfektioniert. Genau dieses „Build it twice" – schon mit den damaligen Mitteln, die ja letztlich gleich waren wie die jetzigen, Renderings macht man heute ein bisschen aufwendiger, aber selbst da hat es damals auch schon alles gegeben – hat er einfach konsequent angewandt und ist damit kaufmännisch sehr gut gefahren. Seine Bilanz sagt, alle Achtung.

Also das heißt, ich sage, die technischen Mittel sind alle längst da. Die haben null Neuigkeitswert. Darum war ich ein bisschen skeptisch. BIM ist ein Nichtthema. Ich

will keine BIM-Arbeiten vergeben, denn wo ist bei BIM der wissenschaftliche Wissenszugewinn? Der ist null. Das ist alles mindestens zwanzig Jahre alt. Also ich wüsste jetzt nicht, wo. Raytracing gibt es auch seit zwanzig Jahren. Und das ja eigentlich kein BIM-Thema. Ja, was jetzt vielleicht kommt, das ist ein esoterisches Thema, was den am Bauprozess Beteiligten nicht zu interessieren braucht, dass gegenüber den vorhandenen Datenbanktypen mit einer Datenbank, die erstmals wieder Hardware-abhängig ist, also die ganz bewusst extrem schnell ist, weil sie eine bestimmte Hardware nimmt und die Programmabarbeitung auf eine gewisse Hardware-Architektur ausgerichtet ist, aber im Grund unabhängig davon funktioniert. Jetzt hat SAP eine hochperformante Datenbank eben für Big Data herausgebracht, mit dem Namen „HANA“, die ganz bewusst die Hardware bis ins Letzte ausreizt und auch nur mit einer ganz bestimmten Hardware funktioniert. Aber das ist irrelevant. Ansonsten wüsste ich nicht, was eine wesentliche Entwicklung in den letzten Jahren gewesen wäre, wo ich sagen würde, ja das hat einen wissenschaftlichen Neuigkeitswert. Generell ist das Ganze, die Immobilienwirtschaft, eine angewandte Wissenschaft, daher kann man auch aus ihrer Anwendung Nutzen ziehen und ist sie forschungswürdig. Aber in diesen ganzen Grundlagen hat sich seit IFC 3 nicht viel getan. Und die wirklich zu lösenden Probleme, die sind immer noch nicht gescheit gelöst. BIM wird ja erst wirklich interessant, wenn ich die vierte Dimension, nämlich die Kosten wirklich so einbaue, und eigentlich gehört dazu auch die fünfte Dimension, die Zeit. Nämlich im Sinne von Ablauf: was muss bei dem Bau vorher gemacht werden und was nachher? Was muss vorgängig sein, damit es nachher funktioniert. Wie müssen die Dinge sequenziert werden? Wo habe ich sozusagen einen zwingenden, kritischen Pfad und wo kann ich Dinge randomisiert, also zeitlich unabhängig, parallel tun und verrichten? Da tut sich nichts auf dem Sektor.

Christian Kühn hat den Christopher Alexander ziemlich ausgeforscht. Die „Notes on the Synthesis of Form“ habe vor fünfzehn Jahren oder so durchgelesen. Hochspannend und für mich an der Grenze dessen, was ich gerade noch gut erfassen kann. Das ist ja das Traurige, aber irgendwo auch Typische, dass genau als die eigentlichen CAD-Produkte massentauglich wurden, die Forschungen daran eingestellt wurden, weil einfach kein Interesse mehr bestand. Und der Christopher Alexander hat ja diesen „Flat Writer“ entwickelt. Also man gibt eine Rezeptur an und eine künstliche Intelligenz produziert so etwas Simples wie einen Wohnungsgrundriss. Wurde nicht weiterentwickelt. Wir haben zwar künstliche Intelligenz, die alles Mögliche macht. Aber wenn Sie sagen: „Ich heirate demnächst

und meine Frau bringt ein Kind in unsere Ehe mit. Und ich hätte gerne noch ein oder zwei Kinder, wenn ich mir das leisten kann. Und ich möchte vielleicht, dass ich auch daheim arbeiten kann.“ Bei solchen Anforderungen streckt jede Software sofort die Patschen. Wo jeder durchschnittliche Architekt oder Baumeister sofort anfängt zu zeichnen und sagt: „Aha, das Grundstück hat die Form. Von dort kommt die Sonne. Da werden wir das so machen. Und ein Keller, wissen Sie eh, ist teuer. Machen wir vielleicht nicht, machen wir lieber eine Hütte dran. Und wenn Sie eine Variante wollen und ein bisschen mehr Geld haben, dann machen wir da noch etwas.“ Das macht der in einer halben Stunde. Probieren Sie das einmal von einer Software zu bekommen. Aber warum, nicht weil das so wahnsinnig kompliziert wäre, im Vergleich zu anderen Problemen, sondern weil da nichts investiert wird. Es gibt eine Software, die zumindest Beziehungen zwischen Nutzern herstellt. Hochspannende Geschichte. Das ist ein Software-Zusatz, der Ihnen Vorschläge macht, wie ein Gebäude besiedelt werden soll, abhängig davon, was die Nutzerpersonen tun und wie sie miteinander in Beziehung stehen. Diese Software trifft gewisse Annahmen, die Sie aber ändern können. Simpel, zum Beispiel: Eine Türe hat einen „Hinderungsfaktor“ von so und soviel. Ein Stockwerk hat einen „Beziehungsbehinderungsfaktor“, der ist ein Vielfaches. In der Regel wird der am Höchsten überhaupt gesehen. Einmal um die Ecke gehen müssen erhöht diese Behinderung um so und so viel. Sichtverbindung zu einer Person haben aber senkt diese Behinderung auf einen besseren Wert und so weiter.

Das ist ein Zusatz für vorhandene Software-Produkte. Das arbeitet nicht in 3D, braucht auch kein 3D. Es arbeitet so quasi in 2,2 D. Es erfasst den kompletten Grundriss mit allen wesentlichen Daten: Mauern, Fenster, Türe oder einfach offener Durchgang, und es erfasst das Geschoß an sich. Aber es versucht nicht zu berücksichtigen, ob die Geschoßhöhe hoch ist oder ob die Treppe eine Wendeltreppe ist, oder was auch immer, sondern nur das Geschoß an sich. Was auch für so Aufgaben reicht. Das finde ich intelligent. Das kommt aber nicht so richtig vom Fleck. Das müsste eigentlich für jedes etwas größere Büro sofort interessant sein. Der Macher heißt Marchionini.

Das sind für mich wirklich interessante Geschichten. Und nicht irgendwelche Wartungspläne. Ja, natürlich gehört das gemacht, aber das ist genau wie Zähne putzen. Wir können uns darüber unterhalten, ob es gescheit ist, dass Sie sich die Fingernägel schneiden oder Ihren Bart irgendwann einmal stutzen. Dass man jetzt

sagt, das ist ein spannendes Thema, da muss man jetzt endlich einmal darüber reden, wie Sie Ihren Bart schneiden oder wie ich meine Zähne putzen oder was. Zu was? Darüber brauche ich nicht lange darüber reden.

PJ: Das Profane ist halt auch Teil des Facility Managements.

PP: Das Nicht-Profane ist das Management der Sache. Wie bringt man Menschen dazu, gewisse Dinge zu tun? Wenn beispielsweise bei irgendeiner Maschine ein Hebel zuerst so und dann so zu führen ist – das ist profan. Aber wie bringe ich Menschen dazu, das gut und gerne zu tun – das ist nicht profan. Und muss das wirklich mit zwei Griffen gemacht werden? Entspricht das überhaupt der Physiologie des Bedieners? Kann das nicht automatisiert werden? Kann man da nicht sagen, das macht irgendein Steckengetriebe, das beide Dimensionen wahrnimmt. Das ist nicht trivial.

Jetzt gibt es die IFCs, und wir brauchen jetzt nicht fragen: „Nutzen die? Oder nutzen die nicht? Sind die eigentlich richtig oder sind die falsch?“ Das ist nicht mein Thema. Ihr nehmt die und ihr führt die bei einem Gebäude bis zu einem bestimmten Level ein. Und wo es da schon interessant wäre ist, wie tief gehe ich hier? Wie stark gehe ich in die Tiefe oder besser gesagt ins Detail. Nehmen wir zum Beispiel eine Papiermaschine. Ich sage jetzt Papiermaschine, weil das ist die größte Maschine, die mir einfällt. Eine Papiermaschine kann leicht an die 100 Meter lang sein und in der Regel 10 Meter breit. Und wenn man diese Maschine sinnvoll warten will, muss man jede einzelne Beilagscheibe, die irgendwo in einer Kernmutter drinnen liegt, erfassen. Das ist nichts, wo jemand sagt: „Sei doch nicht so pingelig.“ Das muss man machen, sonst ist man nicht mehr technisch redlich. Ein Gebäude ist etwas Schwierigeres. Wenn man so eine typische Außenwand nimmt, wo es konventionell gesehen zuerst den Ziegel gibt, dann hat diese vielleicht eine aufgeklebte Dämmung. Durch die Dämmung gibt es aber durchgesteckt irgendwelche Nägel oder Dübel. An den Nägeln gibt es irgendein Putznetz befestigt. Und dieses Netz dient jetzt den mittels Schlauch aufgespritzten Putz zu tragen und dann sprüht man vielleicht noch eine Farbe auf. Das ist einfach nicht so sauber, das ist schmieriger. Das schmiert sich mehr zusammen. Das kann ich nicht wie eine Explosionszeichnung darstellen. Ich kann’s vielleicht schematisch darstellen, aber ich kann nicht sagen: „Das zerlegst du jetzt.“ Bei einer Papiermaschine kann ich dich als Monteur schicken und sagen: „Bei irgendeinem kleinen Geber hinten, der Betriebsflüssigkeit gibt, da steckt etwas. Ich

glaube, da ist einfach die Schwenkachse ein bisschen verrostet und verklemmt. Geh hin und tausche das aus.“ Dann schaue ich nach, da muss ich jetzt die Mutter herunternehmen. Falls sie korrodiert ist, muss ich es meinetwegen durchschneiden und dann muss ich auf jeder Seite eine Beilagscheibe dazugeben.
Bei einem Gebäude ist das nicht so. Ich kann jetzt nicht sagen: „Da hat ein Specht etwas hineingepeckt. Da brauchst du dir also nur die Zeichnung hernehmen und das setzt du wieder so zusammen, wie es die Zeichnung darstellt.“ Das geht eben nicht. Der Specht hat vielleicht in die Fassade ein Loch hineingehackt, an irgendeiner blöden Stelle, wo ich genau weiß, wenn dort Schlagreden kommt, dann geht das Wasser hinunter durch und geht was weiß wo ich hin. Vielleicht sitzt das dann irgendwo an einer Fundamentplatte auf und das Wasser findet sich irgendwo den Weg hinein. Das wollen wir nicht haben. Da sind einfach andere Algorithmen, die eines Maurers zum Beispiel, wichtiger.
Und das hat BIM in Wahrheit noch nicht gelöst. BIM behandelt eine Wand eher wie einen Kuchen. Also wenn ich Ihnen die Aufgabe stelle: Messen Sie den PH-Wert eines, wie heißt das, so ein Kärntner Rein..., so ein Reinkuchen. Wie heißt dieser in Kärnten?

PJ: Reindling.

PP: Reindling, genau! Messen Sie den PH-Wert eines Reindlings. Da bräuchte ich den Kuchen gar nicht machen. Ich brauche nur die Rezeptur anschauen und weiß genau, wieviel Säure, wieviel Basen haben die Zutaten. Das ist eine Rechnung, die kann ich machen, und dann habe ich das.
Und so geht zum Beispiel BIM mit dem U-Wert einer Wand um. Man kennt die Bestandteile und weiß eben ein bestimmtes Verhalten, und daraus ermittelt man summiert das Gesamtverhalten. Aber dann schmiert man das aufeinander. Das Optimieren geht nicht so ohne weiteres. Ja, es geht, aber es hat eine Menge Grenzen, dann wird es kompliziert, weil wenn ich zum Beispiel sage, mehr als x Zentimeter Schaumdämmung trägt eine Wand nicht gescheit, dann wird sie irgendwann einmal unvernünftig oder zumindest nicht ästhetisch, weil dann die Fensterlaibungen so komisch werden. Oder ich muss das Fenster so weit hinaus bauen, dass es auch wieder keine ordentliche Auflage in einem Rahmen hat. Also da gibt es dann auch praktische Werte, die alle nicht zusammenpassen. Aber möglich ist das. It's not rocket science. Sie brauchen nur sagen: „So, wir machen jetzt ein neues Haus. Und ich erwarte von euch, dass ihr das alles BIM macht.“

Ich habe das selber live erlebt, bei einem sehr begeisterten Bauherrn, ein großes Unternehmen, das das Gebäude selber nutzen wollte. Und da ging es um die Anwendung eines CAD-Standards. Wir haben einen CAD-Standard gemacht und gesagt, der gilt ab sofort. Die ganzen Planer inklusive Baumanager haben sich alle nicht darum geschert, die haben uns ausgelacht, als wir gekommen sind. Die haben gesagt: „Das schauen wir uns an. Das haben wir immer so gemacht." Es war notwendig, dass der Immobilienchef dieses Unternehmens aufkreuzt und sagt: „Leute, ihr bekommt keinen Euro bezahlt von uns. Das steht im Vertrag drinnen und wir werden euch durch Himmel und Hölle pönalisieren, wenn ihr den Bau verzögert." Und dann haben sie es kapiert. Dann ist halt ein mühsames Ächzen gekommen. Aber es war letztendlich dann doch möglich, in diesem Gebäude mit mehr als zwanzig Geschoßen einen CAD-Standard tatsächlich einheitlich auf einer relativ tiefen Ebene, also mit einer relativ hohen Auflösung, durchzuführen. Das geht. Das ist ja wirklich nichts Besonderes. Man muss es nur machen.
AutoCAD hat damals, wenn ich mich recht erinnere, 256 Ebenen gehabt. Und da haben wir schon ungefähr 200 ausgenützt. Weil zum Beispiel so Dinge wie eine Alarmanlage einen eigenen Layer hatte. Wenn ich sie habe, ist es ja gescheit. Und da wurden dann einfach auch bestimmte Layer herausgezogen und man hatte das Datenmodell für den Betrieb. Und fertig, das war es. Wenn man dann noch eine Software verwendet, die im Stande ist, aus einem DWG zu erraten „Was ist ein Raum?", dann geht das auch bei einem Hochhaus ziemlich schnell. Dass man letztendlich so etwas wie ein Raumbuch, und zwar ein visualisiertes Raumbuch, hat, zwar nicht in 3D in dem Fall, aber in 2D plus, mit gewissen Stockwerksindikatoren, damit man bei jedem Stockwerk weiß, wie hoch das Parapet und wie hoch die Stockwerkshöhe ist.

PJ: Was glauben Sie, wer sich in Zukunft um das Management von Gebäudedaten kümmern wird?

PP: Wenn Sie zu irgendeiner größeren Firma gehen und sagen: „Sie haben ein großes Problem, aber ich kann Ihnen das lösen helfen. Sie verkaufen einerseits Ihre Waren und da schreiben Sie auch Rechnungen. Und da haben Sie andererseits ja Buchhaltung und da müssen ja die Daten von der Bestellung und von der Lieferung in die Buchhaltung hinein. Und das ist ja ein riesiges Problem. Ich kann Ihnen dabei helfen, das zu lösen." Dann werden die Sie, ich bin wieder bei meiner sarkastischen

Weise, werden Sie auslachen und sagen: „Hören Sie, was glauben Sie machen wir hier jeden Tag?“ Das ist völlig klar, dass Daten über den gesamten Lebenszyklus einer Bestellung, eines Auftrags oder der Auslieferung eines Produktes oder auch der Erstellung einer Dienstleistung vorgehalten werden. Wenn Sie in ein Hotel gehen und Sie bestellen einen Tee, dann liefert Ihnen irgendwer den Tee aufs Zimmer. Und das ist völlig selbstverständlich, dass es erfasst wird. Wenn Sie am nächsten Tag sagen: „Ich habe keinen Tee gehabt. Ich habe nichts bestellt“, dann werden die sagen: „Schauen Sie her, hier ist Ihre Bestellung. Hier ist der Arbeitsschein vom Kellner. Hier ist der Bon, dass er den Tee mitgehabt hat. Und hier ist Ihre Unterschrift auf dem Beleg, wie er Ihnen den Tee übergeben und serviert hat.“
Das ist ein Ausführungsproblem, ein Detailproblem, über das man eigentlich nicht allzu viel Zeit verlieren sollte. Das ist auch nichts Wissenschaftliches. So wie bei einem Staffellauf. Da kann man sagen, „Ich bin der schnellste Läufer“ – ob ich jetzt den Stecken dem Läufer vor mir abnehme oder an meinen nächsten Läufer, ist mir eigentlich egal, der Kerl soll das gefälligst abnehmen. Weil ich weiß, ich renne am schnellsten so und kümmere mich nicht darum, ob ich den Stab jetzt richtig halte. Das ist natürlich ein Blödsinn, das würde kein Staffelläufer so machen. Sondern jeder weiß ganz genau, wie man den Stab übernehmen und losrennen muss. Man muss den Stab unten übernehmen, umdrehen und während dem Rennen in der Hand runterrutschen, sodass der Nächste das genauso blind übernehmen kann. Und so ist ein Übergabeverfahren. Das heißt aber, es wird nicht von Bring- und Holschuld gesprochen, sondern es ist völlig klar, in welcher Façon muss der Stab, also die Daten, übergeben werden, damit der Nächste sofort etwas anfangen kann. Und nicht sagen kann: „Was ist denn das? Habt ihr eine Ahnung? Der hat mir jetzt ein paar Daten geschickt, wisst ihr wo die hingehören, was ich mit denen mache?“ Nein, das passiert natürlich nicht so. Die werden so übergeben, dass sie nahtlos sofort weiterverarbeitet werden können. Und das muss hier genauso im Prinzip sein. Die Lösung dafür sind wiederum die IFCs, ganz einfach. In dem Moment, wo alles in Form von IFCs übergeben wird, kann der hinter mir damit machen, was er will. Vereinfacht gesagt.

Ich halte nichts von BIM-Managern oder so Zeugs. Ein BIM-Manager ist so etwas wie in einer Organisation ein „Change Agent“. Der bildet die Krücke, solange es die Leute selber noch nicht verstanden haben, dass er aushilft. Und unwilligen Leuten und Leuten, die einfach entweder zu dumm oder zu faul oder zu störrisch sind, dabei hilft, das zu überwinden und es an ihnen vorbeiträgt. Das ist die einzige Funktion.

PJ: Braucht es jemanden, der eine aktive Datenpflege übernimmt?

PP: Das kann ich Ihnen in einem einfachen Beispiel erklären. Sagen wir, wir sind eine Wirtschaftsprüfungsgesellschaft. Wir haben ein ganz tolles Gebäude und das ist wichtig, weil wir sind ja lauter Wissensarbeiter und wir haben alles perfekt in einem Datenmodell für unser Facility Management. Und wenn irgendwas geändert wird, muss das gemeldet werden, egal wie klein die Änderung ist. Und wenn jemand eine Änderung nicht meldet, dann wird dem die Hand abgehackt. Dann haben Sie nach einem halben Jahr nur mehr lauter Leute mit Armstümpfen, weil es nicht gemacht wird. Wenn Sie aber sagen, damit das Budget dafür genehmigt wird, muss jede Änderung mit allen Vorher- und Nachher-Daten komplett als Vorschlag dokumentiert sein. Wenn das Geld erst danach freigegeben wird, dann hätten Sie Datendisziplin.

Das heißt, zuerst wird virtuell neu gebaut. Das hat den Vorteil hat, dass man experimentieren kann. Man kann mehrere Varianten machen, um sie durchzuspielen. Der Kern jeder Art von Planung ist Probehandeln. Nicht etwas Ideales zu erfinden, sondern zu sagen: “Wie komme ich von A nach B? Welchen Hindernissen begegne ich da? Wenn ich so mache oder wenn ich so mache?“ Dieses Probehandeln kann man da durchführen und dann sagen: „Wir nehmen Variante B. Dann brauchen wir eigentlich nicht mehr überlegen, wie wir das realisieren.“ Dumme Frage. Wir haben das schon realisiert, im Computer. Fix und fertig.

Einen Sessel in ein Zimmer zu vertragen würde ich mit einem Zeitfaktor, so lange es im selben Stock ist, von fünf Minuten ansetzen. Und das heißt genau, wenn ich fünf Leute zur Verfügung habe und 50 Sessel zu tragen habe, na dann brauchen die, sofern sie keine Rauchpause machen, 5 mal 10 Minuten. Und in 50 Minuten sind die Sessel alle am neuen Ort. Und wenn ich weiß, welchen Stundenlohn die haben und für einen Stundensatz an kalkulatorischen Personalkosten, dann weiß ich, 50 Minuten à Minutenfaktor von, sagen wir mal, 0,23 Euro, dann weiß ich auch sofort die Kosten, ohne dass noch überhaupt jemand einen Finger gerührt hat. Dann brauchen die Leute sich nur noch nach dieser Vorgabe richten und dann konstatiere ich eigentlich nur mehr: ist der neue Zustand hergestellt. Wenn nicht, hake ich es nicht ab. Alle anderen Varianten verschwinden oder landen, falls ich es dokumentieren will, in irgendeinem Archiv, und der alte Zustand verschwindet ebenfalls im Archiv. Und so gehört das gemacht. Wenn Sie das so machen, dann wird keine Hand abgehackt. Und dann,

nachdem sich jeder hüten wird, persönlich haftbar gemacht zu werden, werden Dinge erst dann getan, wenn man die Freigabe dafür hat.

Das ist ja in einer Fertigung auch nicht anders. Sie können ja auch nicht sagen: „Ich bin ein genialer Designer und ich habe jetzt eine super Idee, wie ich den Türgriff verändere. Ich bestelle gleich mal ein paar 100.000 und die lässt man einfach in die Fertigung einfließen. Sondern es wird gefragt, wie fließt dieser neue Türgriff in unsere Fertigung ein? Wieviele alte muss man noch verbrauchen? Müssen wir den anders lackieren? Müssen wir den anders putzen? Beim Montieren irgendwas? Müssen die Montagelöcher geändert werden, und so weiter. Das wird alles vorher abgeklärt und dann wird es gemacht. Warum soll das nicht bei einem Gebäude auch möglich sein?

PJ: Wer wäre für das Archivieren des alten Zustandes und das Abhaken des neuen zuständig?

PP: Das System. Das muss das System machen, in der Buchhaltung. Wenn ich zum Beispiel der Buchhalter bin und sage: „Der Herr Jaritz hat für die Fahrt nach Jedlersdorf 5.500 Euro ausgegeben.“ Oje, zu blöd. 5,50 Euro waren es natürlich. Dann mache ich eine Storno-Buchung und die 5.500 Euro durch eine entsprechende Korrekturbuchung zunächst auf null gestellt und dann mache ich die neue Buchung.

Da können Sie auch nicht sagen: „Das war falsch. Ich lösche das.“ Natürlich nicht. Sie löschen es nicht, sondern Sie stornieren es. Und im System ist es jederzeit nachvollziehbar, was Sie da gemacht haben. Vielleicht sogar mit einer Bemerkung: „Irrtümlicher Dezimalfehler.“ Und so hat man einen perfekten Track Record, wie das ist. Und am Jahresende werden automatisch die Daten von vor länger als 10 Jahren weggeschmissen. Und die, die vielleicht länger als 5 Jahre sind, werden verdichtet. Daneben werden nur mehr irgendwelche Endzustände oder signifikante Zwischenzustände gespeichert und nicht alle hunderttausend andere Zwischenzustände auch aufgehoben. Überhaupt kein Problem.

Es muss nur gemacht werden. Wir könnten hier beispielsweise sofort viel Geld sparen, wenn ich sage: „Dieses Kassabuch führen – jedes Monat geben wir das der Buchhaltung und die tragen das alles um, das ist doch irrsinnig aufwendig. Wir machen das einfach so, wir schreiben auf: wieviel war am Jahresende in der Kassa drinnen? Am Jahresende wird Geld herausgenommen und wenn keines drinnen ist,

dann legen wir wieder eines hinein von der Bank. Und am nächsten Jahresende schauen wir wieder nach, wieviel drinnen ist.“ Da wird jeder sagen: „Das ist ein Trottel, der gehört sofort entfernt, der kann nicht mit Geld umgehen.“ Aber im Gebäudewesen ist das Stand der Technik. Da ist das erlaubt. Das ist doch viel zu mühsam, all diese Veränderungen festzuhalten. „Nein, da machen wir zuerst einmal ein bisschen eine Skizze. Und dann geht es eh wieder weiter.“

PJ: Denken Sie, ein Gebäude braucht auch so einen Track Record?

PP: Das muss das System automatisch liefern. Ein intelligentes System, das irgendwann einmal dem Namen „Smart Building“ gerecht wird, muss das für grundsätzliche Fingerübungen können. Das wird sozusagen mitgeliefert, unverlangt mitgeliefert und darf nicht extra kosten.

PJ: Wie sieht es mit Prozessen aus?

PP: Die IFCs sind ja nicht nur für Bauelemente, sondern auch für Serviceprozesse. Also ich kann durchaus das Bestellen einer Kekstasse in den IFCs perfekt abbilden. Man kann eine Störungsmeldung abbilden. Ich kann sagen, wenn wir jetzt Rotwein trinken und ich schütte ein Glas im Überschwang an die Wand – das in BIM, sprich mit IFC-Elementen, darzustellen, ist überhaupt kein Problem.

PJ: Wird das besser in einem ERP- oder einem CAFM-System abgebildet?

PP: Wenn man bei uns von ERP spricht, ist am ehesten SAP gemeint. SAP ist in Österreich mit Abstand das führende ERP, ist das aber nur in Deutschland und in Österreich, sonst nirgends. Also weder in den nordischen Ländern noch in Südeuropa noch in den USA. Global spielen viel eher Produkte wie Oracle oder Infor oder Microsoft Dynamics eine Rolle. Die alle sind mit Ausnahme von SAP, die ihre sensationelle Marktposition in Deutschland und Österreich mit Zähnen und Klauen verteidigen, auf dem Sektor Bauen und Immobilien schwach präsent. Am ehesten noch würde ich sagen, aber auch nur im deutschsprachigen Raum, SAP und dann Microsoft Dynamics. Das ist ein Produkt, das früher als „Navision“ bekannt gewesen ist. Aber generell ist die ERP-Linie, es ist einfach uninteressant für einen ERP-Hersteller, CAFM zu entwickeln. Da ist Best-of-Breed Software einfach besser.

PJ: Was glauben Sie, wie sich generell der CAFM- beziehungsweise FM-IT-Bereich hinsichtlich BIM ändern wird?

PP: Ich bin da nicht so pessimistisch letztlich. An prozessualen Features braucht nicht mehr soviel entwickelt werden. Wichtig ist, weg von der Metapher des Bildschirmes zur Metapher des Smartphones. Wenn ich die Leute, die sich damit beschäftigen, frage: „Was brauchst du? Welches Bild hast du da vor dir?“ Dann werden die sagen: „Ja, der Schirm, am besten ein 21 Zoll oder noch größer, wo irgendein Plan drauf ist.“ Aber das braucht man, wenn es hochkommt, in einem Zehntel der Fälle. Aber am Smartphone, da muss CAFM präsent sein, und muss da natürlich ganz selbstverständlich mit IFCs umgehen können. Das gibt es auch schon.
Also als normaler Kunde, sagen wir beispielsweise, ich bin eine Marketing-Firma und rede hier mit Ihnen, soll ich nicht meiner Sekretärin sagen müssen, sie soll für Sie und mich ein Getränk bringen. Sondern da gehe ich auf mein Handy und frage: „Wollen Sie Orangensaft, Mineralwasser, Kaffee oder Tee?“ Sie sagen vielleicht: „Mineralwasser“. Zack, und ich will einen Orangensaft und das war es. Dazu kommt noch die Information der Location und ob ich die Autorität habe, so etwas zu bestellen oder muss das vielleicht noch zu einem Chef, der das genehmigt. Wird gemacht, und das Ding kommt herein. Aus. Aber weg vom Bildschirm zum Handy mit allem, was dazugehört. Im Grunde bin ich optimistisch und sage, auch wenn es irre lange gedauert hat, so wird CAFM immer selbstverständlicher. Nicht dass es vollkommen da ist und man sagt: Ich kann meine FM-Abteilung nicht ohne Software laufen lassen. Da müssen noch ein paar Dummheiten überwunden werden, wie dass rein aus Unwissenheit und Faulheit oft die Dienstleister punkten, indem sie sagen: „Ich hebe alle Ihre Daten auf und wir schreiben in den Vertrag hinein, wenn Sie sich von uns trennen, dann bekommen Sie alle Daten von uns übergeben.“ Es ist das einzige, wo man nicht sagen kann, das ist eine Lüge, weil der glaubt das vielleicht sogar selber und kapiert nicht, was er da eigentlich auslöst. Sondern dass er dieses Versprechen nie einlösen wird können. Also darum wird es geben müssen, dass sich die Auftraggeber selber solche Systeme anschaffen, weil nach derzeitigem Systemstand nur der Besitz der Software die wirkliche volle Verfügung über die Daten gewährleistet. Ist das verständlich ausgedrückt? Schön wäre es, wenn es anders wäre. Ist es aber nicht. Möglicherweise können da so eine Art Datentreuhänder eine Rolle spielen. Dass ein Datentreuhänder nichts anderes tut, als sozusagen die Daten vorzuhalten, so ein bisschen wie ein Safe. Wer auch immer mit dem Schlüssel und dem Losungswort kommt, kriegt den Inhalt ausgefolgt. Ich habe ein paar Goldbarren

in meinem Safe und die verkaufe ich Ihnen. Dann gebe ich Ihnen am besten gleich meinen Schlüssel und das Losungswort. Sie gehen hin und holen sich die Goldbarren. Das war‘s. Und so ist das auch mit Gebäudedaten und mit Gebäudebewirtschaftungsdaten denkbar. Ob das aber wirklich kommen wird, ich weiß es nicht. Das wäre eine zusätzliche dritte unabhängige Instanz, die nur der Datenbewahrung dient. So wie es den Lordsiegelbewahrer gibt, gibt es dann den Datenbewahrer, der eigentlich nichts anderes macht. Der darf aber wiederum nicht die Daten verarbeiten, weil in dem Moment ist er nicht mehr neutral und hat ein Knowhow, von dem ich abhängig werde. Also muss das so gemacht werden, dass er eine reine Speicherstelle ist, der reine Aufbewahrer, und verarbeiten und bearbeiten tun andere die Daten. Aber das wäre möglich und gehört als Alternative angeschaut.

A.5 DI Christoph Degendorfer und Erich Kotroczo

Patrick Jaritz: Was denken Sie sind die aktuellen Fragen hinsichtlich BIM im Gebäudebetrieb?

Christoph Degendorfer: Die Frage ist, worin liegt der Unterschied hinsichtlich des Mehrwerts zwischen einem normalen datenbankbasierten System – also dass man über Listen oder über mobile Devices auswerten kann – und darin, dem Ganzen ein wirkliches Modell dahinter zu stellen. Das heißt, wo ist der Vorteil, ob man die Flächen einfach nur als Flächenzahl hat, oder ob man die Flächen in einem BIM-Modell verortet hat. Man kann Abstände zum Beispiel simulieren lassen. Man kann bestimmte Reinigungszyklen in diesem Modell optimieren usw. Dort liegt dieser Mehrwert von Modellen.
Ich glaube, dass das teilweise in der Anwendung noch nicht so richtig angekommen ist und deswegen dieses Modell in der Notwendigkeit noch nicht unbedingt so schlagend ist. Und dass deswegen diese Überführungen nur bei ein paar großen oder ganz speziellen Projekten stattfindet.

PJ: Denken Sie, es braucht Best Practices, die die Vorteile zeigen, damit andere nachziehen?

CD: Ja. Also wir haben, was die Planung betrifft, die Erfahrung gemacht, dass diese Best Practices dann entstehen, wenn jemand einen Nutzen sieht. Das heißt, ein BIM-Modell nur zu machen, damit man dann einmal ein BIM-Modell im Betrieb hat, fände ich zwar gut, aber ich glaube nicht, dass das wirklich repräsentativ ist, weil der Markt möglicherweise etwas anderes fordert. Das wäre auf jeden Fall mal gut, wenn man das von Anfang an mitkonzeptionieren würde. Also wenn es ein Projekt gäbe, wo der Bauherr das wirklich von Anfang an schon mitnehmen und auch so andenken würde. Dann könnte man das wirklich vom Aufwand her relativ gut nach dem Bau in den Betrieb überführen. Und dann könnte man sich wirklich anschauen, was da möglich wäre.
CASE waren BIM Consulter in New York, die haben vor ca. acht Jahren angefangen. Und seit zwei Jahren sind sie von der Bildfläche komplett verschwunden. Das waren 40 Leute, die waren echt top. Die sind von einem Unternehmen gekauft worden, das „WeWork“ heißt. Die kaufen ganze Gebäude, in Manhattan und an prominenten Standorten, und machen Shared Space Konzepte daraus. Und die haben das komplette CASE Consulting Unternehmen geschluckt und machen jetzt Arbeitsplatzsimulationen. Und dazu haben sie diese Spezialisten von CASE genommen.

PJ: Warum braucht es da BIM-Spezialisten für so etwas?

CD: Weil es um das Simulieren im Gebäude geht und dazu braucht es das Modell. Also es ist nicht eine reine Flächenauswertung, sondern da geht es wirklich darum, wie kann man ein komplettes digitales System schaffen: wie ich die Arbeitsplätze vermiete, wann wer wo sitzt, welche speziellen Anforderungen der hat. Und das kann man alles an dem BIM-Modell machen. Dazu haben sie diese Firma übernommen. Das heißt, ich glaube schon, dass es Use Cases gibt, wo es absolut Sinn macht. Ich glaube nur, dass momentan, so wie man jetzt Facility Management betreibt, da jetzt auch vielleicht der Horizont noch nicht so weit ist, was man mit dem wirklich alles machen kann.

PJ: Denken Sie, dass man für gewisse Simulationen ein BIM-Modell braucht?

CD: Glaube ich schon. Also ich brauche vielleicht für solche Simulationen nicht unbedingt jede Information, die im Modell drinnen ist, aber ein geometrisches Modell bauche ich schon. Die Feuerwehr macht beispielsweise Evakuierungssimulationen.

Bei solchen Sachen ist es zwingend notwendig, dass man ein Modell hat. Da gibt es Entwicklungen, dass im Feuerwehrhelm bestimmte Informationen eingeblendet werden usw. Wo wieviele Leute sitzen und wo die nächsten Materialien sind, die gefährlich sind. Wo ist der Fluchtweg. Wo weiß ich, dass der Brandmelder nicht angesprungen ist, der aber in der Regelungstechnik vielleicht ausgefallen ist. Also die ganzen Live-Informationen kann ich mir zu dem Zeitpunkt abholen. Das ist auf jeden Fall ein riesiger Mehrwert. Diese ganzen Fälle sind aber noch nicht abgehandelt. Das sind alles Forschungsfragen, wie man das am besten machen kann.

PJ: Ein Feuerwehrmann könnte mittels Augmented Reality praktisch diese ganzen relevanten Gebäudeinformationen angezeigt bekommen.

CD: Zum Beispiel, ja.

PJ: Was glauben Sie, was sind die irrelevanten Daten, die in einer BIM-Planung entstehen und dann später nicht mehr gebraucht werden? Und welche sind die, die gebraucht werden?

CD: Es kommt darauf an, wie das später verwendet wird. Wenn ich jetzt nur eine Reinigung durchführen muss, sind mir irgendwelche U-Werte von Wänden egal. Wenn ich aber ein System habe, wo ich zum Beispiel die Heizung nach unten fahren kann, weil ich weiß, dass morgen ein Sonnentag wird, und das mit einer Fensterfläche kombiniere, dann ist es mir nicht egal. Das heißt, es ist immer die Frage, wie das später benutzt wird. Wenn es darum geht, dass ich Brandschutzklappen warte, dann will ich das haben, dass mir die über einen möglichst einfachen Plan angezeigt werden, wo diese sind und wann sie das letzte Mal gewartet worden sind. Ich habe ein Datenblatt dazu und einen Plan, in welcher Reihenfolge ich sie am besten abgehe. Das kann man ja alles automatisch ermitteln. Und ich werde drei Tage vorher benachrichtigt, wenn es sozusagen sein muss. Also je nachdem, was ich später durchführen will, sind die Daten relevant.
Wenn es jetzt nur darum geht, dass ich ein Einfamilienhaus habe, ist es vielleicht nur relevant, wenn ich einmal umbaue, dass ich weiß, welche Materialien genau verwendet wurden oder was da drinnen steckt für den Umbau.

PJ: Wie sieht es mit den bauphysikalischen, mit den thermischen Daten aus?

CD: Also die auf jeden Fall, weil das ist etwas, was man in die Steuerungs- und Regelungstechnik anhängen kann. Das heißt, alles was mit Elektrizität, also Licht, Beschattungselementen, Temperatursteuerung usw., zusammenhängt, das kann man auf jeden Fall verwenden. Dann gibt es noch Schließanlagen. Oder beispielsweise die Anzahl der Nutzer im Gebäude – wenn man weiß, wieviele anwesend sind, kann man Vorhersagen für die Kantinenküche machen. Das kann man auch mit dem Kalender verknüpfen. Also da ist sehr viel möglich. Man muss sich nur überlegen, was man damit machen will.
Aber natürlich, das Naheliegendste sind einfach diese bauphysikalischen Werte. Und was man warten muss, diese Sachen sind interessant. Irgendwelche Parameter aus der Planung, ob jetzt die Stahlbetonwand tragend oder nicht tragend ist zum Beispiel, das wird relativ egal sein, weil das Ding schon steht. Mit dem fange ich später nichts mehr an. Das war während der Berechnung der Statik relevant, darum brauche ich den Parameter zum Beispiel. Das ist nachher sicher uninteressant.
Unser Ansatz ist, alle Arten von Daten in das Modell reinzugeben, weil man einfach vorher nicht weiß, was man dann in zwanzig Jahren davon braucht. Dass man einfach dann die Daten so verwendet, wie es später auch benötigt werden könnte. Wenn jetzt Daten generiert werden, dann macht es keinen Sinn, die parallel irgendwo abzulegen, als PDF oder als Excel-Liste, sondern wenn ich es habe, dann gebe ich es so gut es geht in das Modell hinein. Einfach nur, damit ich es später zuordnen kann, einem Element zuordnen kann oder einem Raum zuordnen kann, wie auch immer. Und dass es nicht irgendwo getrennt und unbenutzbar liegt.

PJ: Denken Sie, dass jede Information, die man sammeln und einpflegen kann, im Betrieb auch einen Nutzen bringt?

CD: Ja, wir sind absolut dieser Meinung. In der Planung entstehen zwar Daten, die man nicht mehr weiterführt oder nicht mehr wartet. Aber grundsätzlich gehören die Daten hinein. Also bevor man sie irgendwo archiviert oder bevor man sie getrennt führt, gehören sie auf jeden Fall in das Modell.

Erich Kotroczo: Man muss sich nur Google hier als Beispiel ansehen. Google sammelt unendlich viele Daten, obwohl die gar nicht wissen was sie damit anstellen werden. Google greift jetzt auf Daten zurück, die sie vor 15 Jahren gesammelt haben. Jetzt wissen Sie was damit anzufangen. Das ist nichts anderes in Wirklichkeit. Wenn wir uns ansehen, was mit Daten eigentlich möglich wäre. Wenn wir Gebäudedaten

von vor 100 Jahren hätten, könnten wir komplett andere Dachgeschossausbauten in Wien machen, zum Beispiel. Und das sind einfach Daten, mit denen man direkt nicht rechnet. Die Relevanz ist ja nicht, sozusagen, die richtigen Daten in einem Modell zu haben, sondern die richtigen Daten herauszuziehen aus dem Modell. Die Datenbank kann voll sein mit Daten. Die sollte sogar voll sein mit Daten, mit Sensordaten und mit allen möglichen Daten. Und dann braucht es kluge Leute, der das Relevante herauszieht. Wir können nicht von einer Datenbank erwarten, dass diese fix fertig für uns zugeschnitten ist. Sondern wenn ich ein Facility Manager bin, brauche ich meine FM-Daten. Wenn ich ein Architekt bin, dann brauche ich meine Planungsdaten. Als Eigentümer brauche ich Vermietungsdaten oder was auch immer. Man muss das ganzheitlicher sehen.

CD: Beziehungsweise was in Zukunft noch viel stärker kommen wird: wie man ein Gebäude benutzt. Also abgesehen von der reinen Bewirtschaftung von einem Gebäude und wie man es reinigt oder wartet. Beispielsweise, wie oft diese Teeküche wirklich in Betrieb ist, über Nutzerdaten. Und das sind Systeme, die sind auf jeden Fall parallel zum Facility Management zu sehen.
Das Abbilden des Nutzerverhaltens ist jedenfalls interessant, was jetzt vielleicht von dem klassischen Bewirtschaften weggeht. Vor allem wenn es um größere Gebäude geht.

PJ: Ist es nicht problematisch, Gebäudenutzer zu tracken?

CD: Das kann ja genauso anonym stattfinden. Also wenn es nur darum geht, wie etwas benutzt wird.

EK: Wenn wir als Menschen schon soviel damit anfangen können, dann stellen wir uns mal vor, wie dann diese Daten mit einer künstlichen Intelligenz analysiert werden können. Da kommen dann wirklich interessante Sachen dabei raus. Das ist dann der nächste Schritt. Wenn die Daten mal da sind. Deswegen ist die Kunst ja eigentlich, die richtigen Daten herauszuziehen, nicht eine zugeschnittene Datenbank zu bekommen. Die ganzen Sensordaten, die ganzen Wartungsdaten usw. – wenn das wirklich eingepflegt wird, sind das ja Daten, die man beim Abbruch oder beim Neubau des Gebäudes verwenden kann. Man kann ja das Grundstück hernehmen, man muss es ja nicht nur auf ein Gebäude bezogen sehen. Wenn man die ganze Welt sozusagen in einem digitalen Modell abbildet, kann man ja nachvollziehen, was auf

dem Grundstück vorher passiert ist. Das heißt, wie ist die Beschaffenheit von dem Boden, wenn da schon etwas abgebrochen wurde. Denn es müssen ja nicht nur grafische oder modellierte Daten sein. Wir können ja auch Eigenschaften von vor 100 Jahren da einpflegen. Wie war die Bodenbeschaffenheit? Was ist dort passiert? Wurden dort schon bedenkliche Dinge gefunden? Das sind alles Daten, mit denen man irgendwann etwas anfangen kann. Vielleicht nicht wir Menschen, aber vielleicht die künstliche Intelligenz, die uns das abnehmen kann.

CD: Wenn man sich jetzt die ganzen Help Desks ansieht, da werden 70% der Fragen von der künstlichen Intelligenz, von Chatbots beantwortet. Also man glaubt, man redet mit einem Menschen, ist aber nicht so. Diese AI-Programme können mittlerweile komponieren, Texte verfassen, es gibt da Gedichte, die sind einfach nur aufbauend auf einer Struktur erstellt. Also so weit weg von dem sind wir nicht. Diese Entwicklung wird raketenhaft abgehen. Wenn das nämlich auf einem Level ist, wo die Daten so weit strukturiert sind – weil im Prinzip geht es um das. Die Daten vom Bauen waren immer analog. Also ich habe Pläne händisch gezeichnet, ich habe es dann händisch gebaut. Jetzt geht es darum, dass man das in einen digitalen Zwilling übersetzt. Und wenn das der Fall ist und wenn das entsprechend strukturiert und datenreich ist, dann kann man das komplette Potential vom Computer ausnutzen und mit den Daten dann wirklich arbeiten, simulieren und was auch immer machen.
Und wenn das einmal gelungen ist, dann kann man das wirklich voll ausschöpfen. Und momentan ist es eben soweit, dass die Standardisierung usw. zu einem gewissen Teil noch im Gange ist. Aber wenn das quasi abgeschlossen ist, wenn ich sage, ein Gebäudedatenmodell sieht immer gleich aus, dann kann ich, wenn die Stadt Wien alle Einreichungen mittels IFC macht, zum Beispiel einen Vergleich über ganz Österreich ziehen: Wo sind welche Räume in Verbindung zu einander? Wie funktioniert das Ganze? Wie ist die Struktur? Also dann ist der nächste Entwicklungsschritt da. Und das ist glaube ich momentan die Schwelle, an der wir stehen. Es ist noch nicht richtig passiert. Aber ein paar Projekte gehen schon so weit und das wird jetzt noch ein paar Jahre dauern, bis wir wirklich dort sind, dass wir die ganzen Modelle in einer gleichen Art und Weise, in einer gleichen Tiefe, übersetzt hat in diesen digitalen Raum.

PJ: Welche Rolle spielen in diesem Zusammenhang offene Formate und wie finden diese Anwendung im FM?

CD: IFC ist von seiner Struktur her einfach und offen, sodass jedes Programm etwas damit anfangen kann, auch mit älteren Versionen. Ich kann also voll zugreifen. Wenn ich jetzt irgendeine Revit-Datei habe, die ist geschlossen, die ist gekapselt. Ich kann die jetzt nur mit dieser einen Programmfamilie lesen, öffnen und bearbeiten. Also man kann zum Beispiel ein Revit-Modell auch als Datenbank exportieren. Das heißt, das CAFM-System muss natürlich IFC lesen können, ohne dem geht es eh nicht. Es kann aber auch sein, dass man speziellere Informationen braucht, dass man sich direkt über die jeweiligen nativen Dateiformate oder mit einem speziellen Export die Informationen dann zusammenholt, dass es im System dann funktioniert. Solange die Schnittstellen noch nicht so ineinandergreifen wie es sein sollte.

EK: Aber auch mit diesen CAFM-Programmen ist es genauso, das sollte immer so gesehen werden, dass wir eine Datenbank laufen haben und das wäre in dem Fall IFC, und die CAFM-Tools müssen schauen, wie sie sich da andocken können. Die tauschen keine Dateien in dem Sinne aus. Sondern es ist eine lebende Datenbank. Das CAFM-System muss sozusagen in diese Datenbank hineingreifen können, idealerweise sowohl herauslesen als auch hineinschreiben, beispielsweise für Wartungsdaten. Es schaut so aus, dass es sich dahingehend entwickeln wird, dass das IFC der Standard für diese offene Datenbank, die Gebäudedatenbank, sein wird. Also IFC kann sehr viel, aber die Programme können nicht alles. Als Beispiel: IFC kennt das Element der Auflager. Nur es gibt keine Software, die ein Auflager als IFC-Element rausspeichern kann. Das heißt, wir können de facto kein Auflager in ein IFC abspeichern, weil es keine Software kann. Obwohl es das Datenformat kennt. Das heißt, technisch ist IFC eigentlich schon so weit, aber die Software rundherum ist eben noch nicht so weit.

PJ: Wie sieht der Einsatz einer IFC-Datei im Betrieb aus?

CD: Im Entwurf entsteht das IFC-Modell, das während der Planung und Errichtung immer weiter angereichert wird. Wenn es in den Betrieb kommt, braucht es idealerweise nicht nur ein CAFM, das die IFC-Datei liest, sondern ein System, das während der Nutzungsphase in das Modell hineinschreiben und es ständig anpassen kann. Im Gebäude werden ständig physische Änderungen durchgeführt, ob baulich oder in der technischen Gebäudeausrüstung. Für solche Änderungen wird das IFC von den jeweiligen Programmen modifiziert und mit dem Managementsystem abgeglichen.

PJ: Woran scheitert es, dass es noch nicht so funktioniert?

EK: An den vorhandenen Programmen und an der Denkweise der Menschen. Es ist immer noch Usus, etwas zu exportieren und per Email zu verschicken. Das läuft so nicht. Also das Ganze darf nicht dateibasiert sein. Und sobald man die Cloud erwähnt, ist man gerade in Österreich noch ziemlich skeptisch, was das angeht. Wenn man einen digitalen Zwilling von dem Gebäude haben will, dann funktioniert das nur, weil das Modell auf einem Server liegt, von mir aus im selben Haus. Da muss einfach 24/7 der Zugang gewährt sein, weil entweder Sensordaten hinein gespeichert werden oder Planungsdaten reinkommen oder was auch immer. Und diese Logik den Menschen beizubringen, die jahrelang Striche gezeichnet haben, ist eben schwer. Striche gezeichnet haben, ausgedruckt haben, mit dem zur Behörde gegangen sind. Das ist eine komplett andere Arbeitsweise. Im Idealfall sollte auch die Behörde auf diese Datenbank zugreifen und ihre Prüfungen am besten automatisch durchführen lassen. Sobald das OK gegeben ist, leuchtet bei irgendjemanden ein Licht auf und der darf anfangen zu bauen. Also die ganzen Prozesse, die mit dieser neuen BIM-Methode einhergehen, die gibt es einfach noch nicht. Oder nur in Ansätzen.

EK: Für den Planungsbereich sind die Prozesse zunehmend durchstandardisiert. Für das Facility Management finden erste Entwicklungen statt. Aber was ist jetzt mit Vermessern, was ist mit Abbrucharbeiten? Das sind komplett andere Bereiche, wo man auch extrem viel rausholen kann und muss und soll. Wirklich jeder, der mit dem Bau irgendwas zu tun hat, muss sich mit dem beschäftigen. Und ob das der Fliesenleger ist, oder ob das der Müllverbrenner ist, der Baustoffe verbrennt oder idealerweise recycelt, sollten sich alle damit beschäftigen. Und das ist eben schwierig.

PJ: Was glauben Sie wird der Treiber sein, damit sich die Leute damit beschäftigen werden? Wird das eher ein technologischer Treiber sein oder wird das ein wirtschaftlicher Treiber sein?

CD: Wirtschaftlich. Also der Benefit ist ja in Teilbereichen schon da.
Wenn ich jetzt als Planer für mein Büro entscheide, ich arbeite mit einer BIM-fähigen Software, dann mache ich das, weil ich besser oder effizienter arbeiten kann. Und das zahlt sich für mich als Planungsbüro aus. Es gibt viele Architekten, die schon seit Jahren mit ArchiCAD Teamwork machen, einfach nur weil es intern besser ist, als

wenn man mit AutoCAD Dateien referenziert. Jeder, der einmal an einem größeren Gebäude gearbeitet hat, weiß, dass sich das auszahlt. Die großen Baufirmen bauen, nach einer Ausschreibung, die BIM-Modelle auf, nur um die Kosten zu kalkulieren. Und setzen dann alle weiteren Schritte intern auf diesem BIM-Modell auf. Also für die zahlt sich's als Einzelne auch aus.

Wenn man nun die einzelnen Phasen und Prozesse, die es schon gibt, zusammenhängt, dann ist der Benefit noch größer. Denn warum soll es die Baufirma aufbauen, wenn es von den Planern eh schon ein Modell gibt?

Das heißt, wenn man die beiden verknüpft, dann hat man auf einmal eine Datenkette von der Planung durchgehend zumindest bis zur Bauausführungsplanung. Und wenn man das dann auf der Baustelle mit Laservermessung verknüpft und ein As-built-Modell erzeugt, was bei der Abrechnung dann hilft, kann man das Ding dem Facility Management auch übergeben. Und das heißt, es wird sich aus einzelnen Bereichen früher oder später diese Kette schließen. Und je durchgängiger das ist, desto mehr Benefit kann man daraus ziehen. Und deswegen glaube ich, dass das jetzt in einzelnen Phasen schon Sinn macht, weil einfach schon die Software weit genug ist und die Anwendung schon wirtschaftlich Sinn macht. Und das wird sich früher oder später zusammenhängen zu einer Kette. Und dann kann man es wirklich voll ausnutzen.

Die Bauherren kommen langsam auch soweit dahin, dass sie sagen, es macht für ihr Gebäude einfach Sinn, diese Methode anzuwenden. Auch wenn jetzt nicht von vornherein klar ist, dass dann die und die Eurozahl als Ersparnis oder als Mehrwert dasteht. Aber es macht einfach Sinn, weil es eine zeitgemäße Art und Weise ist zu planen und zu bauen. Und wenn das aber von der Auftraggeberseite gefordert ist, dann wird diese Kette zur Vorgabe. Und diese Erfahrung wird man in fünf Jahren haben. Aber jetzt ist es soweit, dass einige der neuen Gebäude so beauftragt werden. Und in fünf Jahren wird man sehen, was das Ganze dann wirklich gebracht hat und wo die Vorteile liegen. Dann wird es eben auch mehr Projekte geben, die in das Facility Management hineinrutschen.

Und in 80 Jahren, wenn das erste BIM-Gebäude dann abgerissen wird, werden wir wissen, wie gut die Idee mit BIM überhaupt war. (Lacht)

PJ: Wenn man nun diesen digitalen Zwilling, diese virtuelle Entsprechung des Gebäudes, betreibt und diesen mit den sich ändernden Gebäudezuständen mitführen will, wer wird dafür zuständig sein, wer wird sich um die Datenpflege des Modells kümmern?

EK: Wahrscheinlich die KI. Wenn zum Beispiel eine Anfrage kommt, dass irgendein Licht nicht funktioniert, dann schickt der Nutzer des Gebäudes das an eine Mailadresse, wo der Chatbot ausliest, was das Problem ist und schickt dann automatisch Anfragen weiter. Das heißt, das wird alles vernetzt sein. Bei irgendjemanden läutet das Telefon oder bekommt ein Email: Wechsel bitte die und die Glühbirne aus. Der kommt aber schon mit der richtigen Glühbirne her und fährt nicht mehr zuerst anschauen. Das heißt, der ganze Prozess dazwischen wird automatisiert werden. Wenn er automatisiert werden kann. Wenn nicht, wird es daran liegen, dass man nicht weiß, wo das genau ist, welche Glühbirne das ist usw. Das ist alles in unserem Gebäudedatenmodell drinnen.

CD: Wenn es drinnen ist. In Bestandsgebäuden wird es einfach noch eine Zeit dauern, bis man diese Datenmodelle daneben hat.

EK: Wenn das dann für alle Gebäude dieser Welt angewandt wird, kostet das nichts mehr. Das heißt, die Entwicklung von dem Ding kostet unglaublich viel Geld, aber wenn das verteilt wird, wird die Masse einfach nichts mehr kosten für die Hausverwaltungen. Das heißt, die werden das System weiterführen und das läuft dann einfach. Das Haus verwaltet sich idealerweise von selbst. Sobald wir die Komponente Mensch eliminieren können hier, wird das ganze System um sehr viel günstiger werden.

PJ: Aber Sie meinen, bis man dorthin kommt, bedeutet das einen großen finanziellen Aufwand?

CD: Ich glaube, das sind alles Services, die sich irgendjemand zahlen lassen wird. Warum nicht?

EK: Es gibt beispielsweise schon Software-Anwendungen, die jeder Nutzer eines Gebäudes herunterladen kann, und die wissen, in welchem Gebäude ich mich befinde und welche Möglichkeiten ich als Nutzer habe zu interagieren. Wenn ich zum

Beispiel kein Internet habe, ist da ein Knopf in der App: „Kein Internet“. Da klicke ich drauf. Da passieren gewisse Abläufe im Hintergrund, und irgendwann kommt dann ein Typ her und sieht sich den Router an, was da los ist. Startet den vielleicht neu, idealerweise online oder was auch immer. Und das Ganze ist viel schneller behoben als irgendwas. Es steigert ja auch die Zufriedenheit des Nutzers. Wenn diese ganzen Prozesse mit Menschen nicht involviert sind, „wir langsamen Menschen“, dann hat das sehr viele Vorteile. Also nicht nur jetzt Kostengründe, sondern auch für die Nutzerzufriedenheit.

CD: Diese ganzen Projekt-Plattformen, die sind ja zumindest laut deren Homepage alle BIM-fähig. Das heißt, dass sie IFC-Modelle hochladen und anschauen können. Mehr ist es noch nicht. Aber die leben natürlich davon, dass sie die Modelle über eine lange Laufzeit auf ihren Servern liegen haben. Und die werden das früher oder später einfach für den Betrieb einfach bereitstellen. Und dann wird man mit diversen Services da andocken können an diese Datenbanken. Aber das dauert einfach noch ein wenig, bis das so gehandhabt wird.

PJ: Wir reden die ganze Zeit von BIM 3, 4 usw., wenn es um neue Gebäude geht, aber de facto befinden wir uns zu einem überwiegenden Anteil in bestehender Substanz, die sich zwar auch erneuert, aber in einer völlig anderen Geschwindigkeit. Wenn man zehn Jahre in die Zukunft blickt, dann wird es einen Neubau mit einem BIM-Anteil von ein paar Prozenten geben, also weit entfernt von dem, dass man die Vorteile von BIM im großen Maßstab nutzen kann. Macht es denn Ihrer Ansicht nach Sinn, dass man den Bestand digital erfasst und BIM-Modelle daraus erstellt?

EK: Das ist das gleiche wie mit den DWGs. Die Papierpläne, die es früher gegeben hat, wurden auch zu einem großen Teil digitalisiert, also auf CAD überführt, und dasselbe wird jetzt meiner Meinung nach mit den Gebäuden stattfinden. Also wenn es benötigt wird, wird es digitalisiert. Und wenn die Leute den Benefit von einem durchgängigen Gebäudedatenmodell sehen, werden alle Betreiber darauf aufspringen. Die Frage ist eher, ob es sich rein vom Betrieb auszahlen würde, das zu digitalisieren. Das dauert vielleicht einfach noch, weil einfach das Digitalisieren selber noch teuer ist.
Es gibt mittlerweile Laserscanner, die sind auf 300 Meter 0,01 Millimeter genau, da gibt es keine Toleranz mehr. Mit der dazugehörigen Software werden dann nicht nur Punktwolken generiert, sondern Elemente automatisch erkannt, bis zu 80%

angeblich. Der weiß dann also, dass das Element eine Türe ist oder ein Fenster oder ein Boden, eine Decke usw. ist. Das heißt, diese Elementzuordnung findet statt. Es gibt momentan nur Informationen zu der Geometrie plus der Oberfläche, wie die farblich aussieht. Der Rest muss eingepflegt werden. Aber das ist dann, was ich dem Bestand abnehmen kann. Das kann ich machen. Ich kann Steckdosen erkennen. Es gibt vom Fraunhofer Institut ein Forschungsprojekt, bei dem sie Elektroverkabelungen prognostizieren. Das heißt man kann, obwohl es Bestand ist, zu einem gewissen Prozentsatz auch von der Substanz ableiten.

Es gibt schon Röntgensysteme, wo man sehen kann, wo was dahinter ist. Wo man als Mensch nicht herankommt. Also das entwickelt sich auch sehr stark weiter. Und es wird auch immer Services geben, die alte Bestandsgebäude aufbauen. Das heißt, bevor die Planung vom Umbau eigentlich anfängt, wird einmal ein Bestandsgebäude aufgezogen, was ja an sich relativ schnell geht. Das Wichtige sind ja die Daten, die man nicht hat, weil es ein Bestandsgebäude ist. Das heißt, man hat eben nur geometrische Daten. Man weiß vielleicht auch, aus was die Wand besteht, aber nicht, wann das genaue Einbaudatum des alten Kastenfensters war. Solche Sachen fehlen da vielleicht als Information. Aber so ein Gebäudedatenmodell ist relativ schnell eigentlich hochgezogen, ohne Informationen dahinter. Die Informationseinpflege ist dann das Wichtige. Aber wenn ein Fenster herausgebrochen wird, braucht man keine Information dahinter, nur die geometrische. Sage ich jetzt. Vielleicht braucht man die Informationen doch. Die Materialinformation vielleicht zum Recyclen. Ich kann nichts damit anfangen, aber vielleicht eine KI.

PJ: Was halten Sie von neuen Rollen wie zum Beispiel dem BIM-Manager? Wird es den längerfristig brauchen oder ist das ein vorübergehendes Phänomen, um den Transformationsprozess zu unterstützen?

CD: Wir sind ja genau das. Also wir unterstützen genau bei der Transformation momentan.
EK: Da gibt es auch eine Vermischung von diesen Titeln Gerade wenn man einen „BIM Execution Plan“ macht, wie der ganze BIM-Prozess in einem Projekt ablaufen soll, da braucht es einfach Benennungen für gewisse Positionen oder Menschen oder Menschengruppen, die eben etwas machen. Die managen sozusagen das BIM im Unternehmen. Und da gibt es welche, die koordinieren das BIM sozusagen. Und jetzt vermischen aber manche Leute diese Prozesse, weil es für diese bis jetzt keinen

Namen gibt. Also Koordinierer, „BIM-Koordinierer“, wie soll man das anders nennen? Er koordiniert eben die Modelle. Das ist schwer, das irgendwie anders zu benennen. Das Problem ist aber, dass manche das mit ihrem Titel vermischen. Das sollte eigentlich kein Titel sein, der „BIM-Manager“. Aber man braucht schon eine Benennung. Man muss ja sagen, der „BIM-Manager“ hat die und die Aufgabe. Da ist ja auch eine Leistung und eine Funktion dahinter. Die Frage ist, ob das in zehn Jahren egal ist, weil es eh schon jeder kann. Aber gemacht gehört es auf jeden Fall.

Einerseits wird im Unternehmen früher oder später jeder genau wissen, was es ist und wo die Aufgabenbereiche liegen. Ich glaube aber, dass es beim BIM genauso etwas geben wird wie einen CAD-Systemadministrator. Also jemand, der das auf einem gewissen abstrakten Level auch technisch und von der Infrastruktur organisieren wird. Ob das jetzt jemand ist, der beim Architekten im Haus sitzt oder jemand externer, keine Ahnung. Aber es wird auf jeden Fall diese Rolle geben.

Man muss das Ganze mehr strukturieren als bisher im CAD, weil man zusammenarbeiten muss. Es gibt verschiedenste Player und da braucht es einfach jemanden, der für alle der Ansprechpartner ist.

Egal ob das nur im Büro ist, mit den BIM-Objekten, dass einfach jeder das gleiche Fenster verwendet und nicht jeder sein Fenster selber baut, wo dann die Parameter anders heißen und mit Umlauten und mit Unterstrich und mit Abstand und diese ganzen Sachen. Das muss einfach standardisiert sein. Und darüber hinaus eben auch auf Projektebene, wie ich dann mit einem Haustechniker zusammenarbeite, mit einem Tragwerksplaner, mit einem Architekten, das muss einfach koordiniert sein. Und passiert eben oft die Vermischung. Das ist oft dann eine Person, die das macht. Oft ist es dann bei jedem eine und dann gibt es einen Übergeordneten usw. Aber die Funktion ist auf jeden Fall notwendig. Und in der Transformation natürlich noch mehr, weil es das Spezialwissen braucht, das früher oder später in die Unternehmen hineinkommen wird. So wie es eine Projektsteuerung gibt. Also eher in so einer Rolle.