



□ Dominik Bial

(Dominik.Bial@opitz-consulting.com)

leitet das Competence-Center „Internet of Things“ bei der OPITZ CONSULTING Deutschland GmbH. Bei der Beratung und Entwicklung in Integrations- und BPM-Projekten hat er einen gesonderten Blick auf aktuelle IT-Trends wie Mobile, Cloud und IoT. Er führt Innovationsworkshops in den Unternehmen durch und tritt regelmäßig als Autor von Fachartikeln und als Sprecher bei Konferenzen in Erscheinung.



□ Rolf Scheuch

(Rolf.Scheuch@opitz-consulting.com)

ist Diplom-Mathematiker und hat 1990 das IT-Beratungshaus OPITZ CONSULTING mitbegründet. Dort verantwortete er viele Jahre die Bereiche Business Development und Marketing. Seit 2011 ist er Chief Strategy Officer der Unternehmensgruppe. Heute arbeitet er zudem als Management-Coach und als Autor diverser Bücher und Publikationen zu Themenbereichen wie BPM, SOA oder Business Information Management.

# Architecting for the Internet of Things (IoT) Eine Referenzarchitektur für IoT-basierende digitale Geschäftsmodelle

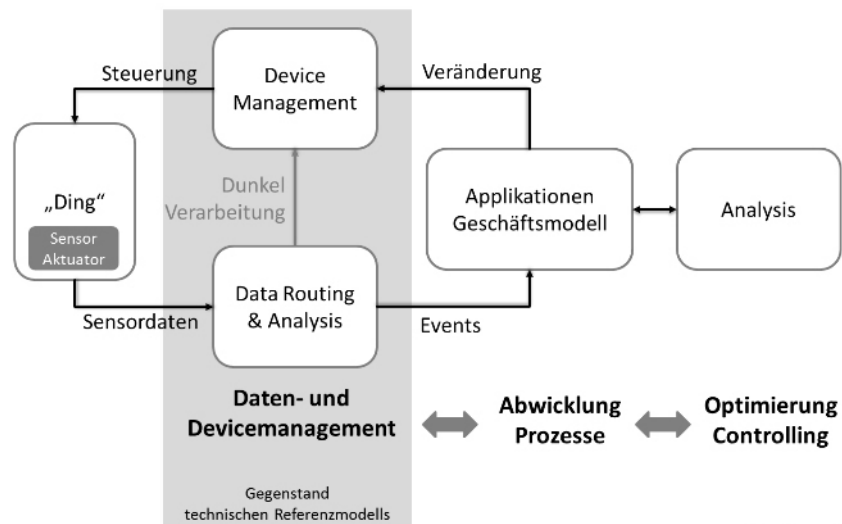
Die Digitalisierung von Geschäftsmodellen steht auf der Agenda sämtlicher CIOs ganz oben – sei es als Optimierung oder Erweiterung bestehender Geschäftsmodelle etwa beim Service- oder Logistikmanagement oder als Wunsch, neue Chancen durch innovative digitale Geschäftsmodelle zu erreichen [Lün15]. Neben den notwendigen organisatorischen Veränderungen für eine erfolgreiche Digitalisierung sind Architekturentscheidungen für die technische Implementierung ein entscheidender Baustein. Der scheinbare Widerspruch von Agilität und Flexibilität einer Architektur auf der einen Seite und der notwendigen Robustheit, Verfügbarkeit und Prozesssicherheit auf der anderen Seite macht es notwendig, bei der Architektur die Möglichkeit von Optionen und Veränderung einzubauen. Denn mit der erfolgreichen Entwicklung des digitalen Geschäftsmodells muss sich das System und somit die zugrundeliegende Architektur an die veränderten Bedingungen und Anforderungen laufend anpassen können. Dieser Artikel beschreibt eine technische Referenzarchitektur für IoT-basierende digitale Geschäftsmodelle, die diesen Zwiespalt erfolgreich auflöst.

## Abgrenzung: IoT-basierende digitale Geschäftsmodelle

In der Wirtschaftsinformatik gibt es aus unserem aktuellen Kenntnisstand heraus keine verbindliche Definition eines digitalen Geschäftsmodells. Wir werden deshalb unter einem „digitalen Geschäftsmodell“ Folgendes verstehen: „Ein digitales Geschäftsmodell beschreibt die Grundlogik wie eine Organisation mithilfe der Informationstechnologie und digitaler Produkte Werte schafft.“

Dabei bestimmt das digitale Geschäftsmodell (in Anlehnung an [Bie11]):

- was eine Organisation anbietet,
- was für den Kunden von Wert ist,
- wie Werte in einem Organisationssystem geschaffen werden,



© OPITZ CONSULTING 2015

Abb. 1: Funktionale Komponenten eines IoT-basierenden digitalen Geschäftsmodells

- wie die geschaffenen Werte dem Kunden kommuniziert und übertragen werden,
- wie die geschaffenen Werte in Form von Erträgen durch das Unternehmen „eingefangen“ werden,
- wie die Werte in der Organisation und an Anspruchsgruppen verteilt werden und
- wie die Grundlogik des Wertschaffens weiterentwickelt wird, um die Nachhaltigkeit des Geschäftsmodells in der Zukunft sicherzustellen.

Somit stellt ein digitales Geschäftsmodell nur eine Ausprägung eines „klassischen“ Geschäftsmodells dar, wobei die Besonderheit in der absoluten Abhängigkeit der Leistungserbringung von der Nutzung der Informationstechnologie liegt und der Mehrwert für den Kunden in der Regel ein digitales und somit virtuelles Produkt ist.

Die gewählte Definition deckt sich mit den Betrachtungskriterien des St. Gallen Business Model Navigator™ [Gas13]. Hier werden vier Kernpunkte eines Geschäftsmodells identifiziert: Was bietet man dem Kunden an (Value Proposition)? Wer ist mein Kunde (Marktsegment)? Wie erfolgt die Leistungserbringung (Wertschöpfungskette)? Wie erfolgt die Umsatzgenerierung (Revenue Model)?

In Deutschland wurde die Digitalisierung über die Industrie-4.0-Initiative des Bundes ([BIT14-2], S. 18) stark auf den Bereich der industriellen Produktion reduziert. Hier ist die grundlegende Vision, dass es zukünftig selbstlernende (autonome) Einheiten geben wird, zum Beispiel intelligente Roboter auf Produktionsstraßen, die im Austausch mit der Umgebung ihren produktionsnahen Aufgaben nachgehen und sich so nahtlos in den Produktionsprozess einbringen. Die folgenden Überlegungen und unsere Referenzarchitektur basieren jedoch auf digitalen Geschäftsmodellen, deren gesteigerte Wertschöpfung aus der Optimierung der bestehenden Geschäftsprozesse mittels Automatisierung oder einem verbesserten „Insight“ auf Produktnutzung und Kundenverhalten entsteht.

Somit nehmen wir für diesen Artikel eine Eingrenzung der digitalen Geschäftsmodelle vor und richten unseren Fokus auf die Geschäftsmodelle, deren Grundlage das „Internet der Dinge“ ist. Die Steuerung der physikalischen Produkte und deren gemeinsame Kommunikation stehen dabei im Mittelpunkt.

### Produktorientiertes Verständnis eines digitalen Geschäftsmodells

In Abgrenzung zum starken Produktionsbezug in der Industrie 4.0 steht für uns die Verbesserung des Nutzens für den Kunden im Vordergrund. Der Gegenstand muss sich kontextabhängig und „smart“ an die Randbedingungen anpassen und als Produkt werthaltiger für den Kunden werden. „Werden diese Fähigkeiten unter Einbezug von Internet-Technologien genutzt, entsteht ein „Internet der Dinge“, in dem physikalische Produkte eine digitale Repräsentanz besitzen, die bereits die im Rahmen der Herstellung des Produkts erfassten Produktionsinformationen enthält“ ([Kem15], S. 11). Hierbei erfolgt die grundlegende Analytik für die Steuerung über eine, meist alle Geräte einbeziehende, übergreifende IoT-Plattform.

### Wertschöpfungsorientiertes Verständnis eines digitalen Geschäftsmodells

Unter digitalen Geschäftsmodellen werden Modelle verstanden, die

- in einer Erweiterung des Produktnutzens einen Mehrwert für den Kunden darstellen,
- die gesamte Wertschöpfung aus Sicht eines Produkt-Lebenszyklus betrachten oder
- die gewonnenen Informationen selbst als „Produkt“ verstehen.

Somit erweitert die Digitalisierung das Geschäftsmodell um die Produktentstehungsseite und um die Produktwartung [Aca14]. Als Folge lässt sich die bestehende Wertschöpfung durch neue Angebote ergänzen oder es entsteht eine additive Wertschöpfung durch neue Geschäftsmodelle.

In Anlehnung an die Definition von Geschäftsmodellen in der Industrie 4.0 von Kemper/Lasi [Kem15] betrachten wir im Folgenden die digitalen Geschäftsmodelle, die ein produktorientiertes oder wertschöpfungsorientiertes Verständnis in Bezug auf physikalische Einheiten oder Gegenstände haben und bezeichnen diese als „IoT-basierende digitale Geschäftsmodelle“.

### Fachliche Komponenten eines IoT-basierenden digitalen Geschäftsmodells

Abbildung 1 beschreibt die benötigten funktionalen Komponenten eines verallgemeinerten digitalisierten Geschäftsmodells und spiegelt die Komponenten an der

grundlegenden Wertschöpfungskette zur Leistungserbringung. Das zu einem späteren Zeitpunkt aufgeführte technische Referenzmodell bezieht sich hierbei im Wesentlichen auf das Daten- und Device-Management, das in **Abbildung 1** grau hinterlegt ist.

Der Wertschöpfungsprozess selbst stellt sich als Managementprozess mit einem lernenden Regelkreis dar. Er beginnt und endet mit der Produktnutzung des Gegenstands („Dings“), der sein Verhalten und seinen Zustand durch die mittels Sensorik erfassten eigenen Daten nach außen sichtbar werden lässt. Ferner kann der Gegenstand auch ein „Smart Device“ [Aca14] sein, das über Effektoren selbst sein Verhalten verändern kann. Die übermittelten Sensordaten werden in Form eines Datenmanagements aufbereitet, wobei die Verarbeitung durch die große Menge und Variabilität der Sensordaten als „Fast Data“ ([BIT14-3], S.52) implementiert wird.

Um die notwendige Geschwindigkeit bei Datenaufnahme und Verarbeitung zu ermöglichen, wird man geeignete Architekturen auch über mehrere Ebenen implementieren. An dieser Stelle helfen die Big-Data-Architekturkonzepte weiter, um das Volumen an Daten zu meistern. Diese Daten werden Near Real-time analysiert und können bereits über die „lokale“ Intelligenz zu Veränderungen der Nutzung führen (siehe auch „Dunkelverarbeitung“ in **Abbildung 1**).

Im Mittelpunkt vieler digitaler Geschäftsmodelle steht oft der Verbund an „Dingen“, etwa Beleuchtungseinheiten, Parkplätze, Mietobjekte und so weiter, deren Verhalten gemeinsam an die veränderten Umweltbedingungen angepasst werden muss. Hierzu werden fachliche Nachrichten an ein Device-Management versandt, das in der Lage ist, das Verhalten der „Dinge“ durch „Events“ und „Effektoren“ zu beeinflussen. So wie er im Kasten „Daten- und Device-Management“ in **Abbildung 1** beschrieben ist, bildet dieser Regelkreis einen Teil der Referenzarchitektur.

Das eigentliche digitale Geschäftsmodell nutzt die aufbereiteten Daten nun zur Etablierung des neuen Angebots oder eines Mehrwerts für den Kunden. Die benötigten Applikationen und Prozesse sind nicht Gegenstand dieses Artikels, da es einfach zu große Unterschiede bei den Geschäftsmodellen gibt und eine Abstraktion aus unserer Sicht nicht sinnvoll ist.

Alle Ansätze, die eine intelligente Vorverarbeitung besitzen, versuchen die Logik zur Steuerung der Einheiten möglichst nah an die Geräte zu bringen. Das erreicht man durch die Implementierung eines Regelkreises. Der Regelkreis beginnt mit der Verarbeitung der Events auf einem zentralen System und der nachgelagerten Analytik. Bei der Analyse erkennt man Muster von Problemfeldern, die sich auf die lokalen Gateways oder sogar auf dem Endgerät selbst implementieren und auch lösen lassen. Im nächsten Schritt heißt es, diese Logik möglichst nah an das Endgerät zu bringen. Die Analytik, mit der der Regelkreis geschlossen wird, beinhaltet neben der Erfolgsmessung auch eine Analyse des Kunden- und Produktverhaltens und optimiert so das Geschäftsmodell.

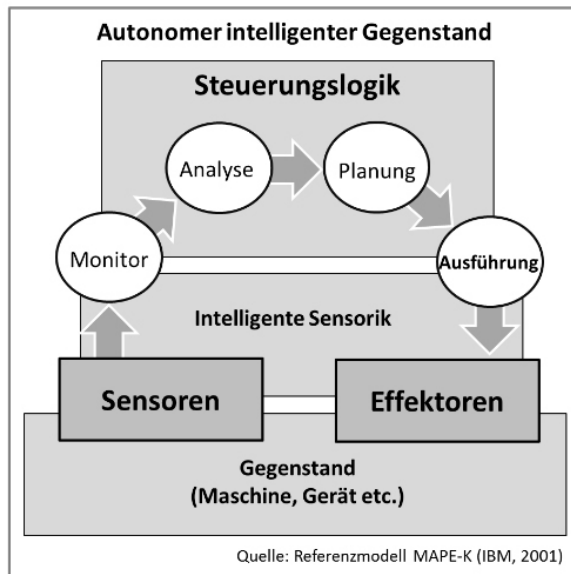
Da diese Schichten auch unterschiedliche Systeminfrastrukturen implizieren, werden hybride Cloud-Ansätze mit unterschiedlichen Liefermodellen interessant, die Performance, Sicherheitsanforderungen und Service-Level-Agreements in Betracht ziehen.

**Referenzmodell autonomer Gegenstände**

Mit dem MAPE-K [Kel05] hat IBM bereits im Jahr 2001 ein Referenzmodell für autonome Einheiten aufgestellt. **Abbildung 2** zeigt das Produkt oder "Ding" (autonomer Gegenstand) mit Sensoren und Effektoren. Aus Sicht des IoT soll ein intelligentes „Ding“ folgenden funktionalen Anforderungen genügen, um es in einem Regelkreis für den autonomen Gegenstand selbst einzubinden:

- Wahrnehmen von Informationen in einer definierten Umgebung mittels Sensoren,
- Analyse der aufgenommenen Informationen durch eine Logik innerhalb des Gegenstands,
- Senden und Empfangen von Informationen oder Rückschlüsse über das Netz (Kommunikation),
- Einfluss nehmen auf seine Umgebung durch die Steuerung von Effektoren.

Nicht alle diese Funktionen müssen in einem Gerät vereint sein, aber neben der grundlegenden Kommunikationsmöglichkeit sollte mindestens die Sensorik für eine „passive“ und einseitige Übermittlung von Zustandsdaten vorhanden sein. Erst wenn die gesamte Steuerungslogik implementiert ist, spricht man im IoT-Kontext



**Anforderungen an intelligenten „Dinge“ im IoT Kontext:**

- Wahrnehmen von Informationen in einer definierten Umgebung (**Sensor**)
- Analyse der aufgenommenen Informationen (**Logik**)
- Senden und Empfangen von Informationen oder Rückschlüsse über das Netz (**Kommunikation**)
- Einfluss nehmen auf seine Umgebung (**Steuerung**)

© OPITZ CONSULTING 2015

Abb. 2: Referenzmodell für autonome Gegenstände

von einem „Smart Device“ [Aca14], siehe auch **Abbildung 2**.

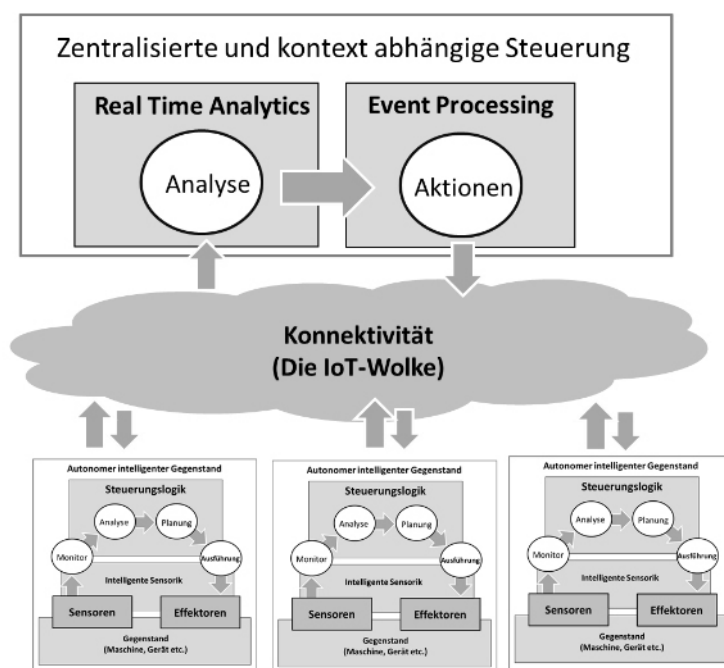
Je nach Abstraktionslevel können auch mehrere dieser Geräte zu einem größeren „Ding“ zusammengefasst werden. „Connected Cars“ sind hier ein gutes Beispiel, da in einem Auto unzählige Sensoren, Steuereinheiten und Displays verbaut sind, die letztlich als eine Einheit agieren. Das Modell von IBM bezieht sich auf eine einzige autonome Einheit.

Die Realität stellt sich in den digitalen Geschäftsmodellen jedoch meist komple-

xer dar. Jedes „Smart Device“ [Aca14] für sich genommen bringt noch keinen großen Mehrwert und erst im Zusammenspiel und im Abgleich der einzelnen Geräte untereinander ergeben sich neue Möglichkeiten für Mehrwerte oder eine verbesserte Wertschöpfung.

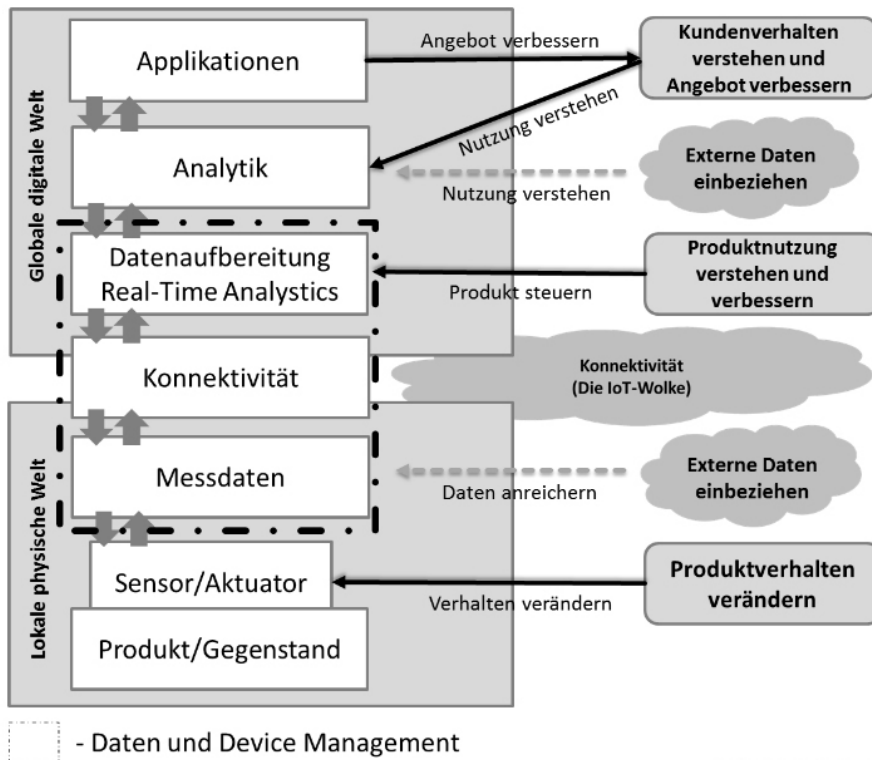
**Abbildung 3** zeigt das Zusammenspiel der unterschiedlichen „Smart Devices“ zu einem Cluster an Systemen, die gemeinsam gesteuert und abgestimmt werden müssen.

Laut Cisco IBSG [Eva11] gibt es seit Mitte 2008 mehr mit dem Netz verbundene Geräte als Menschen auf der Welt. Und



© OPITZ CONSULTING 2015

Abb. 3: Intelligente „Dinge“ im Kontext des Internets der Dinge



© OPITZ CONSULTING 2015

Abb. 4: Grundlegende Architekturschichten eines digitalen Geschäftsmodells

die Zahl der Geräte wächst weiter. Im Jahre 2015 wird jeder Mensch über drei „Connected Devices“ verfügen, vom Laptop und Tablet über das Smartphone und die Kamera bis zum Fernseher oder der Heizungssteuerung.

Die Gerätevielfalt wächst. Betrachten wir etwa den Fitnessbereich, so gibt es bereits Uhren, Waagen, Schrittmesser, Schlafüberwacher und jede Menge Apps auf Smartphones oder Tablets, die Daten in der Cloud speichern und über das Internet austauschen. Und die Vernetzung der Geräte steigt. Die App zum Erfassen der Ernährungsgewohnheiten bekommt vom Schrittmesser Informationen über die verbrauchten Kalorien und von der Waage Daten über das aktuelle Gewicht.

Seitens der Architektur für das „Device-Management“ gilt es, die wachsende Vielfalt zu beachten. Die physikalischen Einheiten müssen sich nach unterschiedlichen Kriterien zu Clustern zusammenfassen lassen – und da ein Cluster eine inhaltliche Einheit darstellt, muss die Datenaufbereitung die Cluster-Bildung berücksichtigen. Die Kommunikationsinfrastruktur und die technische Architektur müssen Anzahl, Menge und Taktrate der übermittelten Daten beachten und sich auf Wachstumsraten und steigende Komplexität einstellen.

„Smart Metering“ ([PWC08], S. 13) ist ein gutes Beispiel hierfür. Die Steuerung

von Heizung, Wasser und Strom beginnt mit einem Prototyp, wächst zu einem regionalen Markt, um dann weitere Regionen schrittweise einzubeziehen. Die Anzahl der „Smart Devices“ wird bei Erfolg zügig die 10.000.000-Geräte-Grenze überschreiten, mit Taktraten für Nachrichten von 15 Minuten pro Gerät. Diese riesige Datenmenge allein über riesige zentrale Einheiten „near-real-time“ abzuwickeln, ist kaum möglich.

Der nächste zentrale Baustein ist die intelligente und kontextabhängige Steuerungseinheit. Wurde diese Steuerung in die autonome Einheit „verbaut“, so muss weitergehende kontextabhängige Intelligenz nun extern implementiert werden, um die Cluster als Einheit zu steuern und die physikalischen Einheiten als Ganzes zu analysieren. Hierbei wird es Funktionalität geben, die möglichst nahe am Cluster liegt, etwa in einer lokalen Steuerungseinheit mit entsprechender Geschäftslogik. Eine andere Möglichkeit wäre, diese in einer zentralen Plattform zu implementieren, um den gesamten Kontext in die Bewertung einzubeziehen.

### Fachliche Architekturschichten eines digitalen Geschäftsmodells

Bevor es daran geht, Möglichkeiten digitaler Ansätze für ein Unternehmen zu entwickeln, sollte man zunächst die grund-

legenden technischen Architekturschichten eines digitalen Geschäftsmodells verstehen. Die einzelnen Schichten sind bei digitalen Geschäftsmodellen unterschiedlich ausgeprägt, jedoch stets vorhanden. Eine Beachtung der Schichten bei der technischen Architektur ermöglicht

- die isolierte Optimierung einzelner Komponenten in Analogie zu den Schichten bei Softwaresystemen und
- die Komplexitätsreduktion durch eine klare Delegation der Verantwortlichkeiten und Aufgaben.

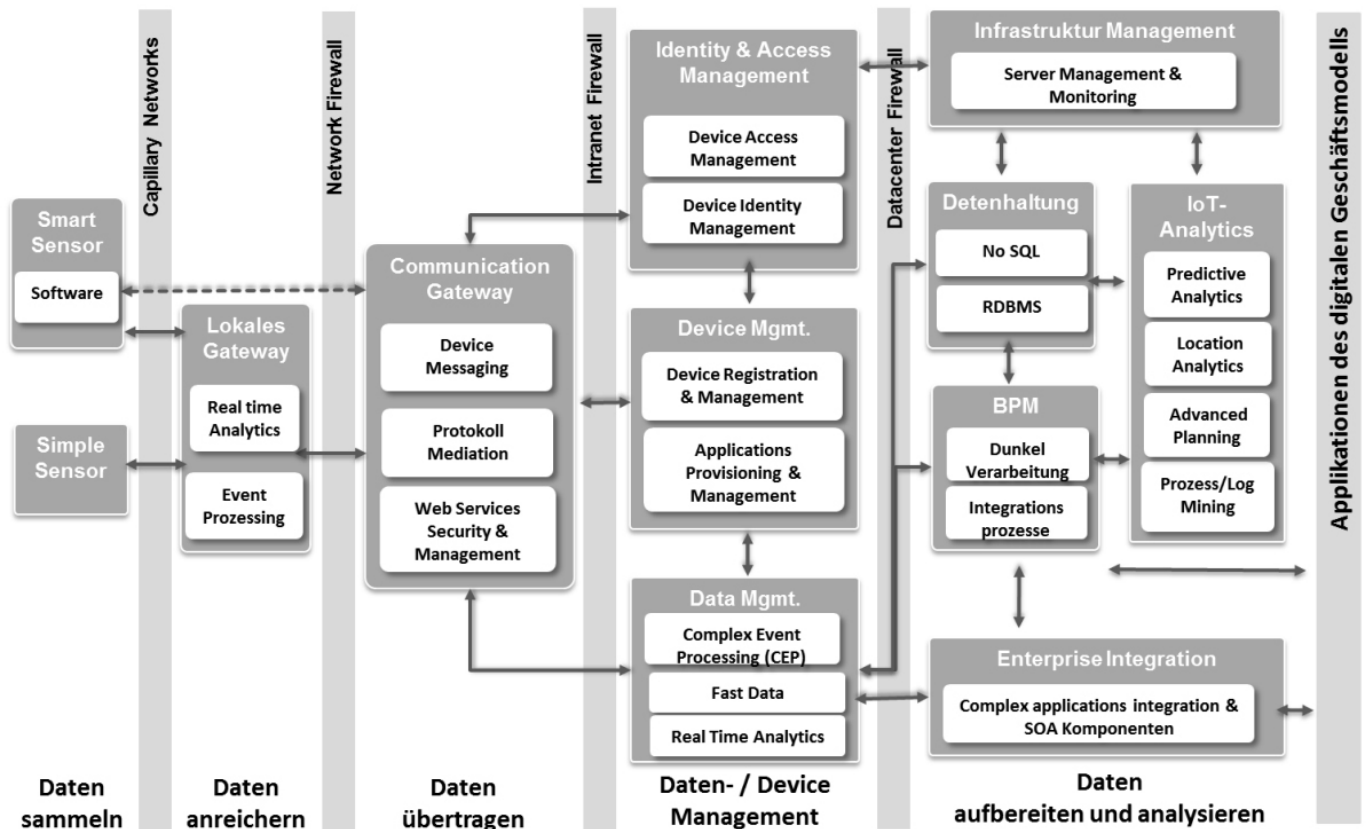
Die notwendigen fachlichen Architekturschichten leiten sich aus den fachlichen Komponenten ab (vgl. [Abbildung 4](#)).

Auf der untersten Ebene wird ein Produkt mit einem Sensor ausgestattet oder aber der Sensor selbst ist das Produkt (wie etwa bei Wearables). Über die Informationen zur Produktnutzung sollen die Verwendung oder die Wartung des Produkts verbessert werden. Dies erfordert einen bidirektionalen Austausch: Der Sensor kann also Daten empfangen, auswerten und an eine weitere Komponente versenden – sofern es sich um ein „Smart Device“ handelt – sein Verhalten über Parameter verändern.

Der Sensor generiert hierzu meist eine Vielzahl von Daten, ähnlich der Telemetrie im Auto. Internetportale lassen sich ebenfalls mit dieser logischen Architektur beschreiben, wobei der Sensor hier das Monitoring oder die Messung des Nutzerverhaltens ist. Diese Messungen können durch externe Daten ergänzt werden. So werden in der Landwirtschaft über die Position des landwirtschaftlichen Geräts weitergehende Daten zu Bodenbeschaffenheit, Wärme und anderes zur Feinsteuerung an das Gerät übertragen.

In der nächsten Architekturschicht erfolgt die Übertragung der aufbereiteten Messdaten über eine Konnektivität, die auch in der Lage sein muss, eine Vielzahl an Sensoren zu einem Netzwerk an Daten zusammenzufassen. Über die Konnektivität erfolgt die Bündelung der Informationen, um zum Verhalten beziehungsweise zum Status des Gegenstands über eine weitergehende Analyse neue Erkenntnisse zu gewinnen.

Die Analytik haben wir in zwei Schichten unterteilt: Die untere Analytik-Schicht hat die Aufgabe der Datenaggregation und -aufbereitung. Diese ähnelt in der Aufgabenstellung der Datenbewirtschaft-



© OPITZ CONSULTING 2015

Abb. 5: Technische Referenzarchitektur für das Daten- und Device-Management bei IoT-basierenden digitalen Geschäftsmodellen

zung im Business Intelligence/DWH-Kontext, jedoch liegt der Unterschied in der Near Realtime-Analyse der Daten und in der Push-Verarbeitung einzelner Events.

Hierdurch verändert sich der „klassische“ Prozess der Datenbewirtschaftung des Extraktion-Transformation-Load (ETL) hin zu einer Event-Load-Transformation (ELT). Die „Extraktion“ haben wir durch den Begriff „Event“ ersetzt, da die IoT-Plattform nicht Informationen in „Pull“-Manier zieht oder extrahiert, sondern hier „pushen“ die physikalischen Einheiten aktiv die Events. Im Big-Data-Kontext wird dies als „Fast Data“ bezeichnet.

Eine übergreifende Analytik, die eher am Kontext des digitalen Geschäftsmodells ausgerichtet ist, liegt meist in einem zentralen System und ermöglicht damit eine übergreifende Analyse des Geräteverhaltens im Verbund und lässt Rückschlüsse auf das Verhalten eines Geräts im Vergleich zur Gesamtmenge zu. Diese Komponente ist aus unserer Sicht schon ein Bestandteil des spezifischen digitalen Geschäftsmodells und nicht notwendigerweise Gegenstand der IoT-Architektur.

Im weiteren Verlauf werden die Ergebnisse der Analyse in Informationen umgewandelt und überführen das digitale Geschäftsmodell in ein virtuelles Abbild der Realität. Ersetzt man etwa das Gerät durch einen Menschen, der einen Sensor am Körper trägt oder ein Smartphone dabei hat, so hat man ein Architekturmodell für das sehr weitgehende Geschäftsmodell von Uber [Ube15], für die aktuellen Ansätze zur Selbstvermessung oder für die mittlerweile „klassischen“ Internetportale mit Next-Best-Offering-Funktion. Die benötigten Applikationen zur Ausprägung des Geschäftsmodells wie auch die benötigten Integrationsleistungen, um die neue Funktionalität mit den bestehenden Geschäftsprozessen zu verzahnen, sind nicht Gegenstand unserer nachfolgenden Betrachtungen. Wir konzentrieren uns allein auf die IoT-Plattform.

### Technische Referenzarchitektur für IoT

Nachdem wir die grundlegenden funktionalen Komponenten und Schichten eines digitalen Geschäftsmodells beschrieben haben, gehen wir nun einen Schritt weiter und definieren eine technische Referenzarchitektur für das Daten- und Device-Management bei einem IoT-basierenden digitalen Geschäftsmodell.

Abbildung 5 beschreibt die technische Referenzarchitektur, wobei die Kästen die Architekturkomponenten darstellen und die senkrechten Balken die möglichen Domänen der Konnektivität mit ihren Sicherheitsanforderungen. Diese Domänen der Konnektivität implizieren auch den Datenstrom mit der zugehörigen Verarbeitungslogik.

### Lokale Verarbeitung und „Capillary Network“

Der Datenstrom beginnt und endet beim Gegenstand beziehungsweise beim physikalischen Produkt. Das Produkt ist räumlich gesehen „irgendwo“ und kommuniziert über das Internet oder über ein „Capillary Network“ [Blu12] mit einem lokalen Gateway. Die Notwendigkeit des Clusterings von Gegenständen zu sinnvollen Einheiten, die unterschiedlichen Rahmenbedingungen der technischen Einbindung der Geräte oder auch nur die schiere Menge an Gegenständen macht es sinnvoll, die Kommunikation in hierarchischen Knoten zu organisieren.

Dieses kapillare Netzwerk muss nicht notwendigerweise internetbasierte Proto-

kolle nutzen, sollte aber bereits die Intelligenz für ein lokales „Event Processing“ besitzen oder eine intelligente kontextabhängige Steuerung ermöglichen, wie sie in **Abbildung 3** dargestellt ist. Somit sind Messungen, Analyse und Steuerung eines inhaltlich zusammenhängenden Clusters an Gegenständen Near Real-time möglich. Das „Connected Car“ und manche Funktionen bei „Smart Grids“ benötigen diese lokale Logik und stellen sich nach außen als eine „autonome Einheit“ dar (vgl. auch **Abbildung 5**).

### Datenübertragung und Communication Gateway

Der nächste Schritt beim Datenstrom ist die gesicherte und schnelle Übertragung der Daten über ein Communication Gateway. Die Übertragung erfolgt in der Regel als internetbasierte Kommunikation und es bietet sich an, das Gateway nahe an die physikalische Datenübertragung zu legen, um Latenzzeiten zu minimieren.

Ein solches Gateway benötigt ein ausreichendes Maß an Sicherheit für die Datenübertragung. Es übernimmt die Mediation der unterschiedlichen Protokolle, um diese auf ein möglichst einheitliches Format zu transformieren, und ist für das Web-Services-Management zuständig. Hinzu kommt das Management des Event-Rückflusses, das eine Verhaltensänderung der Gegenstände über die Effektoren ermöglicht, falls es sich um „Smart Devices“ handelt. Diese Funktion nennt sich „Device Messaging“ und sorgt für eine gesicherte Aktualisierung der Smart-Devices.

### Daten- und Device-Management im gesicherten Netz

In der nächsten Verarbeitungsstufe erfolgt zum einen das Datenmanagement mit Anreicherung, Aggregation und Near Real-time-Verarbeitung und zum anderen das notwendige Device-Management, um – analog zum „Mobile Device-Management“ – die physikalischen Geräte mit Software, Kommunikation und Sensorik zu verwalten und auch die Steuerung zu ermöglichen.

Fangen wir diesmal mit dem Rückfluss an: Über die Geschäftslogik wird eine Veränderung der Software und der Parameter des Smart Devices notwendig. Das Device-Management erhält einen fachlichen Event, um eine Korrektur bei der Sensorik vorzunehmen. Das Application- und Provisioning-Management transformiert diese logische Nachricht in eine physikalische

Nachricht, die das Smart Device verarbeiten kann.

Neben dem notwendigen API-Management zur Aufbereitung der Geräte wird die Nachricht auch mit dem notwendigen Payload angereichert, das spezifisch für den Effektor des Smart Devices ist. Dies können Parameterveränderungen wie auch neue Software-Releasestände sein. Über das Device Registration Management wird das spezifische Gerät im Cluster angesteuert und an das Communication Gateway übermittelt. „Device Identity Management“ und „Device Access Management“ sichern die Autorisierung und Authentifikation ab, damit Nachrichten nicht unerlaubt von außen manipuliert werden können.

Obwohl diese Komponenten eine höhere Sicherheit benötigen, sind Cloud-Ansätze an dieser Stelle sinnvoll. Viele Hersteller definieren zurzeit IoT-Cloud-Lösungen, um diese komplexe Architektur als vordefinierten und gesicherten Service zur Verfügung zu stellen. Dies erscheint uns als Liefermodell in einer „Private Cloud“ absolut sinnvoll. Bei einer „Public Cloud“ muss der Betrieb der Lösung für die IoT-Infrastruktur neben der Sicherheit auch die notwendigen „Service Level Agreements“ für den Datendurchsatz und die „Performance“ erfüllen.

Der eigentliche Schwerpunkt und der entscheidende Unterschied liegen in der Komponente des Datenmanagements: Zum einen müssen die eingehenden Datenströme Near Real-time in einem Fast-Data-Ansatz ([BIT14-3], S. 52) verarbeitet werden, gleichzeitig soll aber auch eine erste Geschäftslogik zum Einsatz kommen. Diese ist notwendig, um die Verarbeitung der großen Datenmenge zu automatisieren und um eine Near Real-time-Steuerung der Sensoren oder der Propagierung von Events an das digitale Geschäftsmodell zu ermöglichen. Um eine Near Real-time-Analyse auf den eingehenden Daten durchzuführen und bei Bedarf auch „Complex-Event-Processing-Ansätze“ für erste, aber grundlegende, Geschäftsvorfälle zu ermöglichen, helfen einige Techniken aus der Big-Data-Welt weiter.

### Daten aufbereiten und analysieren

Die nächste Verarbeitungsstufe sollte in einem abgesicherten Bereich erfolgen, da hier auch das Data-Center, die Welt des „Business Process Managements“ (BPM) und die Systeme zur Systemintegration liegen, damit eine enge Verzahnung zu den

Applikationen des digitalen Geschäftsmodells und den nutzbaren Komponenten der bestehenden Prozesswelt im Unternehmen gewährleistet ist.

Das Infrastrukturmanagement hat die Aufgabe, durch System-Monitoring und Server-Management den Datendurchsatz des Datenstroms zu sichern. Je nach Geschäftsmodell und Kundenverhalten kann der Datenstrom saisonal oder temporär erheblich schwanken. Darauf müssen Server- und Kommunikationssystem reagieren können – ähnlich einem Grid beim Energiemanagement. Private-Cloud-Ansätze bilden diese Kernidee bereits sehr gut ab.

Die eigentliche Datenhaltung wird sich hin zu einer kontextbezogenen und veränderbaren Struktur der Daten verändern. Hier ist es weiterhin sinnvoll für „schemafeste“ Datenstrukturen ein RDBMS-System zu nutzen, jedoch haben schemafreie NOSQL-Systeme klare Vorteile bei Geschwindigkeit und Flexibilität. Hier können etablierte Techniken aus dem Big-Data-Umfeld verwendet werden.

Weiterhin wird es notwendig sein, trotz (Complex) „Event Processing“ ([BIT14-3], S. 52), auch ein BPM-System zu nutzen, um eine „Dunkelverarbeitung“ oder komplexe, meist asynchrone Integrationsprozesse mit den bestehenden Backend-Systemen sicher durchzuführen. Der Bereich Integration zählt wie das Infrastrukturmanagement zu den notwendigen „klassischen“ Komponenten: ermöglicht die Systemintegration zu den Backend-Systemen, den Applikationen des digitalen Geschäftsmodells und den externen Systemen für eine Datenanreicherung ebenso wie die Verwaltung der Integrationsleistung.

Die eigentliche Innovation bei den IoT-basierenden Geschäftsmodellen zeigt sich in der Nutzung und Analyse der Daten. Eine automatisierte Entscheidungsunterstützung der lokalen Intelligenz im autonomen Smart Device oder auf der Ebene des lokalen Gateway für ein Cluster haben wir bereits beschrieben. Auf der Ebene der übergreifenden Datenanalyse benötigen wir nun eine Analytik, die dem digitalen Geschäftsmodell Entscheidungshilfen für eine verbesserte Nutzung – und damit für eine verbesserte Wertschöpfung – geben kann.

Diese Analytik ist also zu einem eigenen Mehrwert für das digitale Geschäftsmodell geworden. Ferner können die gewonnenen Erkenntnisse und Informationen selbst zum „Produkt“ eines eigenständigen digitalen Geschäftsmodells werden

oder die gewonnenen Informationen können in anderen Geschäftsmodellen als externe Daten bereitgestellt werden.

Nachfolgend sehen wir vier grundlegende analytische Ansätze aus der Big-Data-/Business-Intelligence-Welt:

■ „Predictive Analysis“

Mittels „Predictive Analysis“ ([BIT14-3], S. 61) erfolgt aus bekanntem Verhalten und Erfahrungswerten der Gegenstände eine Vorhersage über den zukünftigen Status der Einheit. Typische Beispiele aus dem Umfeld der proaktiven Wartung sind bekannt. Diese Erkenntnisse können anschließend verwendet werden, um die Entscheidungshilfe sukzessive näher an den Ursprung der Daten zu implementieren, etwa durch Regelwerke in den lokalen Gateways. So reduziert sich die Dauer der Entscheidungsfindung auf einer zentralen Einheit. In der Folge steigert die Automatisierung die Effizienz und ermöglicht so einen qualitativen Verbesserungsprozess.

■ „Location Analysis“

Durch die Einbeziehung von Geo-Daten ([BIT14-3], S. 57) werden die Daten bei der Analyse um den Standort angereichert und anschließend standortbezogen optimiert. Gerade bei beweglichen „Dingen“ unterstützen Informationen über Standort und Bewegungsmuster die Planungsszenarien und fördern das Verständnis über die Produktnutzung.

■ „Advanced Planning“

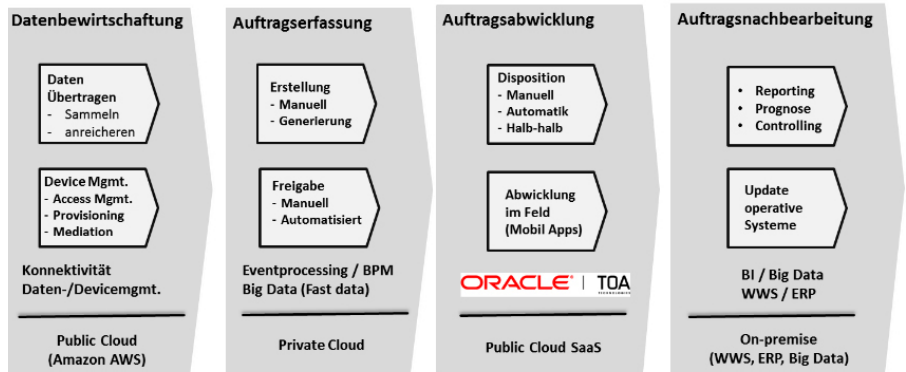
Klassische Planungsmethoden werden zum großen Teil manuell umgesetzt. Im IoT-Kontext müssen eine Vielzahl an Geräten oder Gegenständen mit ihrem aktuellen Status in einen Planungsprozess einbezogen werden. Dies kann nur durch smarte Algorithmen in einem „Advanced Planning“-Szenario erfolgen, in dem manuelle Interaktion nur in Ausnahmesituationen stattfindet.

■ „Process-/Log Mining“

Zur Anreicherung der Daten sollten die Logfiles der Einheiten mit den Logfiles der BPM-Prozesse [Aal11] in Verbindung gebracht werden (Process Mining). Neben der Anreicherung der Messdaten liefern Log-File-Analysen Informationen für die Analytik. Eine weitere Nutzung ist die Replay-Funktionalität, mit der Simulationen und Veränderungen getestet werden.

Im letzten senkrechten Balken der [Abbildung 5](#) sind die „Applikationen des digita-

**Fallbeispiel: Optimierung des Service- und Logistikmanagemnt mittels Digitalisierung und Automatisierung in einer hybriden Cloud-Welt**



- Pay-by-use Geschäftsmodell
- Optimierung des Service und Logistikmgt. zur Erhöhung der Verfügbarkeit
- Automatisierung der Erstellung von Service-Requests
- Nutzung der Zustands- und Aufenthaltsorte der Mietgegenstände
- Prognosen über optimierte Standorte

© OPITZ CONSULTING 2015

Abb. 6: Fallstudie zur IoT-Architektur

len Geschäftsmodells“ als Platzhalter aufgeführt. Aufgrund der Vielfalt der Applikationen führen wir hier nur die Verbindungen auf. Diese bestehen zum einen in Erkenntnissen aus der IoT-Analytik und zum anderen in der Integrationsleistung der aufgeführten „Enterprise Integration“. Beide Systeme versorgen die Applikationen des digitalen Geschäftsmodells mit notwendigen Daten.

**Fallbeispiel: IoT beim Service- und Logistikmanagement**

Das nachfolgende Fallbeispiel für eine Optimierung beim Service- und Logistikmanagement soll das Zusammenspiel der Komponenten in der technischen Referenzarchitektur verdeutlichen. Gegenstand des Fallbeispiels ist die Optimierung des Service- und Logistikmanagements bei einem „Pay-by-use“-Geschäftsmodell für Mietobjekte.

Das geschäftliche Ziel ist die Erhöhung der Verfügbarkeit für Mietobjekte, um die Kundenzufriedenheit und den Umsatz zu steigern. Die Mietobjekte sind die eigentlichen „Dinge“ und stellen die Grundlage der Wertschöpfung dar. Durch den bisherigen Erfolg bei der Vermietung ist die Anzahl der Mietobjekte rasant gewachsen und ein rein manuelles Service-Management kann die Menge an Serviceanforderungen in Zukunft nicht bearbeiten. Da eine kritische Grenze erreicht wurde und mit dem vorherigen Ansatz keine weiteren Kunden bedient werden konnten, war der Erfolg des Unternehmens massiv gefährdet. Außerdem befürchtete das Unterneh-

men einen Qualitätsverlust und die Verringerung der Kundenzufriedenheit aufgrund der Nicht-Verfügbarkeit der benötigten Mietobjekte.

Durch den Einsatz einer IoT-basierenden Infrastruktur und der Digitalisierung des Service- und Logistikmanagements sollte den drohenden Risiken entgegengewirkt werden. Eine Analyse der optimalen Einsatzorte der Mietobjekte sollte die Mietwahrscheinlichkeit erhöhen und die notwendige Logistik zur Bewegung der Mietgegenstände an die optimalen Einsatzorte gewährleisten. Mittels moderner Technologien lassen sich diese notwendigen Informationen in Near Real-time gewinnen und das Angebot der Mietobjekte optimieren.

Der Unternehmenserfolg hing in diesem Fall also massiv von den IoT-Technologien ab, womit es sich eindeutig um ein IoT-basierendes Geschäftsmodell handelte. [Abbildung 6](#) erläutert die fachlichen Komponenten anhand der Wertschöpfung.

Die Mietobjekte wurden in dem genannten Fall logisch in einem regionalen Standort-Cluster zusammengefasst. In der physikalischen Architektur wurde hingegen auf lokale Gateways verzichtet, da die Mietobjekte räumlich die zugeordneten Standorte verlassen. Hierzu wurde die Kommunikationsplattform in einer „Amazon Cloud“ mit dem Servicemodell IaaS und dem Liefermodell „Public Cloud“ implementiert. Das Device-Management war eine leichtgewichtige Eigenentwicklung, die speziell auf eine einzige Art von Mietobjekt zugeschnitten war. Die Daten-

bewirtschaftung reicherte den Datenstrom mit Geo-Daten und Produktinformationen an, um später die notwendigen Analysen und Planungen mit räumlichem Bezug vornehmen zu können. Anschließend wurden diese Daten an eine „Private Cloud“ übermittelt, da neben den Produktdaten auch noch Techniker zugeordnet werden und die Datensicherheitsanforderungen für persönliche Daten erfüllt sein sollten. Auf dieser Ebene wurden bereits Near Real-time-Service-Requests durch ein Complex Event Processing mit einer Business Rule Engine generiert.

Wird ein Mietobjekt dreimal hintereinander für weniger als fünf Minuten ausgeliehen, so geht man von einem defekten Objekt aus. Meldet sich ein Objekt innerhalb von 60 Minuten nicht, so wird ein Suchauftrag generiert. Über eine „Ex-post-Analyse“ der Zustände werden Muster erkannt, um diese in einem Verbesserungsprozess in der „Business Rule Engine“ als „Automatik“ zu implementieren. Die Datenablage erfolgt in einer Graphendatenbank, um erweiterbare Beziehungen und zeitliche Abläufe abzubilden.

Auftragsabwicklung und -nachbearbeitung sind Gegenstand des digitalen Geschäftsmodells mit eigenständigen Applikationen. In diesem Fall wird die „Oracle Field Service Cloud“ als SaaS-Lösung eingesetzt mit einer „Advanced-Planning-Komponente“ und einer umfassenden mobilen Anwendung für Servicetechniker. Die Nachbearbeitung basiert auf individuellen, sich stets neu ausrichtenden Analysen.

Aktuell werden Wetterprognosen und die Veranstaltungsorte zukünftiger Events über Ihre „Facebook Likes“ gewichtet, zu den aktuellen Standorten der Mietobjekte in Beziehung gesetzt und bei Bedarf Service-Requests für eine „Umsiedlung“ (Logistik) der Mietobjekte vorgenommen.

Die generelle Architektur lässt sich als hybride Cloud-Lösung mit der Einbindung von SaaS-Lösungen und On-Premise-Warenwirtschaft und -Rechnungswesen beschreiben. Auf lokale Gateways wurde verzichtet, Kommunikation und große Teile des Daten- und Device-Managements erfolgten in einer „Public Cloud“. Geeignete IoT-Cloud-Angebote wären eine interessante Alternative, standen jedoch zu dem Zeitpunkt nicht zur Verfügung.

Im leichten Widerspruch zu der geschilderten Architektur wurde die notwendige Automatisierung in einer Zwischenschicht auf einer „Private Cloud“ implementiert.

Die Geschäftslogik wanderte somit aus den „Applikationen für das digitale Geschäftsmodell“ in die IoT-Mittelschicht hinein. Ein sinnvolles Muster, um die Automatisierung möglichst nahe an die Daten zu bringen. Jedoch sollte die Logik in den unterschiedlichen Ebenen nicht widersprüchlich implementiert werden!

### Fazit

Deutsche Unternehmen können durch die Umsetzung innovativer Konzepte in differenzierenden Lösungen ihren Standortvorteil ausbauen. Nur wer Innovation in dieser Weise vorantreibt und den Gedanken digitaler Geschäftsmodelle vor dem Hintergrund des „Internet der Dinge“ (IoT) mit seinen Implikationen und Marktchancen in sein Unternehmen hineinzutragen vermag, der wird sich zukünftig in den veränderten Märkten etablieren können.

Die Entdeckung und die Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle basieren auf

dem innovativen und verstärkten Einsatz von Informationstechnologie zur Optimierung und Erweiterung der bestehenden Modelle oder auch zur Schaffung neuer Geschäftsmodelle. Mithilfe von Innovationsworkshops [Opi14] können Unternehmen zu neuen Ansätzen gelangen oder zur Erweiterung bestehender Ansätze. Sie sind damit in der Lage, diese Ansätze in der Folge zu bewerten.

Das vorgestellte technische Referenzmodell hilft dabei, eine ganzheitliche Sicht auf die IoT-Anteile des digitalen Geschäftsmodells zu erhalten und ein Vorhaben im Hinblick auf die benötigten Komponenten zu planen. Gerade vor dem Hintergrund der immer häufiger eingesetzten „Lean-Startup-Ansätze“ [Rie14] bei der Verfolgung eines digitalen Geschäftsmodells mit unklarem Mengenvolumen, gewinnt eine flexible und veränderbare Architektur immens an Bedeutung. ■

### Referenzen

- [Aca14] acatech (Herausgeber): Smart Service Welt. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Berlin, März 2014
- [Aal11] Van der Aalst, Will: Process Mining, Springer, 2011
- [Bie11] Bieger, T./Reinhold, S.: Innovative Geschäftsmodelle: Konzeptionelle Grundlagen, Gestaltungsfelder und unternehmerische Praxis. 2011 in: T. Bieger, D. zu Knyphausen-Aufseß, C. Kryss (Eds.), Innovative Geschäftsmodelle
- [BIT14-2] BITKOM, Frauenhofer (Herausgeber): Studie: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland, (Download Juni 2015)
- [BIT14-3] BITKOM, Frauenhofer (Herausgeber): Big-Data-Technologien – Wissen für Entscheider, (Download Juni 2015)
- [Blu12] Isabelle Augé-Blum, Isabelle et al.: Capillary Networks: A Novel Networking Paradigm for Urban Environments. Université de Lyon ([www.ericsson.com/res/.../er-capillary-networks.pdf](http://www.ericsson.com/res/.../er-capillary-networks.pdf), Download August 2015)
- [Eva11] Evans, Dave: The Internet of Things, How the next evolution of the internet is changing everything, 2011, Seite 3, [https://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](https://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf) (Download Juli 2015)
- [Kel05] Keller, Alexander: Towards Automatic Networking Middleware, IBM Watson Research Center, 2005
- [Kem15] Kemper, Hans-Georg, Lasi, Heiner: Neues Einsatzfeld für BI-Konzepte – Industrie 4.0 – definitorische Einordnung und Ausblick, BI-Spektrum, Ausgabe 2/2015, SIGS DATACOM
- [Lün15] Lünendonk (Herausgeber): Der Markt für IT-Beratung und IT-Service in Deutschland, Lünendonk®-Studie 2015
- [Opi14] Innovationsworkshop: Internet der Dinge, Fact Sheet, [www.opitz-consulting.com/iot](http://www.opitz-consulting.com/iot), (Download Oktober 2015)
- [PWC08] PricewaterhouseCoopers (Herausgeber): Smart Metering - Umsetzungsstand und strategische Implikationen für die Energiewirtschaft, PricewaterhouseCoopers, 2008
- [Rie14] Ries, Eric, The lean startup: how today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses. Crown Publishing, ISBN 9780307887894, 2011, 2014
- [Gas13] Gassmann, Oliver et al., The St. Gallen Business Model Navigator™, Working paper, University of St. Gallen, [www.bmi-lab.ch](http://www.bmi-lab.ch), 2013 (Download Juni 2015)
- [Ube15] <https://www.uber.com/>