

Internet of Things for Facility Management

Dr. M. Tscherkassky-Aleksić MBA MBA, fm-solutions, Research & Development

Abstract

Forecasts talk of 50 billion devices with Internet connection for the year 2020. Some have influence and benefits for Facility Management. The Internet of Things (IoT) makes buildings smart and helps to manage them better, for example through "predictable maintenance" or the usage-dependent control of the building management system. It is necessary not only to collect data, but also to make them usable intelligently.

The benefits of using it in facility management and the importance of using standards are highlighted in the work. This results in savings potential for costs and resources. Which is shown in some practical examples.

This results in the importance of using IoT as well as potential criticisms that need to be considered.

Keywords: Facility Management, Risk Management, Legionella, Water System

Introduction

Das Internet of Things im Aufschwung

Die Sensoren werden billiger, smarter und finden immer weiteren Einsatz in Gebäuden sowie über Gebäudegrenzen hinaus. So sind die Preise für MEMS (micro-elektromechanical systems sensors) alleine in den Jahren 2010-2015 um bis zu 70% gefallen (Manyika J. et al., 2015). Sowohl ihre Interoperabilität als auch immer neue Methoden der Datenauswertung helfen, Büros, Gebäude bis hin zu ganzen Städten smart zu machen. Erstmals gelingt es dadurch, Technologien und Innovationen so zu vernetzen, dass die heutigen und folgenden technischen Anforderungen auf intelligente und ökologisch-nachhaltige Art und Weise erfüllt werden können (Manyika J. et al., 2015).

Gleichzeitig sinken die Kosten für Prozessoren und die Nutzung von Breitbandtechnologie. Mobile Endgeräte (Smartphones, Tablets, Wearables), die ortsunabhängig für Facility Management genutzt werden. Die Geschwindigkeit der Prozessoren verdoppelt sich dabei aber schon alle 18 Monate (Amiot E., 2015). Neue Protokolle, die eine fast grenzenlose Vernetzung von Geräten bei gleichzeitig höherer Sicherheit sowie eine wachsende Zahl von Methoden, die eine intelligente Auswertung der Daten erst möglich machen, sind bedeutende Technologieveränderungen, die zum Aufstieg des IoT beitragen. So sind spezielle Methoden zur Konnektivität wie Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, LoRa, SIGFOX, RPL, CoAP oder Li-Fi im stetigen Wachstum. Zwischen 2014 und 2018 wächst die Verbindungs-Geschwindigkeit um den Faktor 4 (Amiot E., 2015).

Durch das IoT wird die reale Welt mit dem Internet vernetzt. Gartner spricht in ihrem Research Paper zu den Top 10 Technologietrends vom »Digital Mesh«, dem Netz, das die virtuelle und die reale Welt miteinander verknüpft (Cearley et al. 2016). Gegenstände werden befähigt, Informationen auszutauschen, miteinander zu kommunizieren.

Nicht immer macht das auch Sinn, bei der vernetzten Toilette, der funkenden Zahn- oder Haarbürste erschließen sich am ehesten Vorteile für die Hersteller oder sie sind wohl Tests, wie weit man mit Vernetzung gehen kann (Hiptmayr, C. 2017). Zum Teil gibt es auch Tendenzen, die gesetzliche Regelungen für Vernetzung vorsehen. Als Beispiel kann die ab 31.3.2018 geltende Verpflichtung zum Einbau von eCall, einem automatischen Notrufsystem genannt werden (Beschluss 585/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates). Diese können bei

Ausdehnung der Nutzung zum Beispiel zu neuen Versicherungsmodellen wie fahrleistungs- oder fahrverhaltens-abhängigem »Pay as you drive« oder »Pay how you drive«.

Wenn es um die Steuerung von Gebäuden geht, so liegt der Nutzen jedoch rasch auf der Hand:

Auswirkungen auf das Facility Management

Die zunehmende Komplexität der Gebäude, steigende Kosten, dichtere Besiedlung und höherer Turnaround bringen Facility Manager immer mehr unter Druck, ihre Gebäude effizienter zu verwalten als bisher. Dazu kommen kürzere Bearbeitungszyklen für Wartungs- und Instandhaltungsaufgaben und die Anforderung, Informationen jederzeit und von überall für das Tagesgeschäft und für strategische Entscheidungen auf Knopfdruck verfügbar zu haben. Ein Netzwerk von Sensoren und hochkomplexen Softwarelösungen hilft dabei. Dabei ist besonders wichtig, einerseits Daten verfügbar zu haben und daraus auch die richtigen Schlüsse zu ziehen. Dies ist bei weitem noch nicht überall gegeben. So gaben in einer Befragung 2013 noch 57% der Unternehmen an, ihre Bestands- und Bewegungsdaten schriftlich zu dokumentieren, 17% gar keine digitalisierte Erfassung zu nutzen und weniger als 5% überhaupt mit RFID oder ähnlicher Technologie zu arbeiten (Schuh & Deindl, 2013).

Heute ist jedoch die Gebäudeautomation bereits ein unverzichtbarer Teil intelligenter Gebäude. Heizungs- und Lüftungssysteme werden automatisch geregelt, Aufzüge und Rolltreppen nutzungsabhängig gesteuert, Alarmsysteme und Energieverbraucher permanent überwacht. Die Technologien gehen dabei von einfachen Barcodes über RFIDs zu Beacons, die in zeitnahe Informationen liefern (z.B. Mukati & Mukati, 2016).

Das IoT geht aber noch weiter: Liefert eine Anlage ihre Zustandsdaten online, so kann auch die Wartung danach geplant werden (Coster & Liu 2015). Sensoren erlauben es, dass Besprechungszimmer auf Basis ihrer Belegung beleuchtet, gelüftet und beheizt werden. Statt Sanitärräumen regelmäßig zu reinigen, können Wasserverbrauch und Raumnutzung den Reinigungsbedarf steuern (Spain, 2016). Auch externe Parameter wie Wind und Wetter können in die FM-Planung einbezogen werden (Jaspers, 2017. Schuster et al. 2017).

Voraussetzung dafür ist eine wohldurchdachte Planung des Einsatzes von Sensoren und Aktoren (z.B. Lauzi & Jörg, 2017). Die Daten, die im ersten Schritt überwacht werden, müssen intelligent ausgewertet und genutzt werden. Sowohl die Einsatzplanung des IoT für Facility

Management als auch die sinnvolle und effektive Nutzung der Daten sind Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz (Markowitz, D. 2016). Und das macht das IoT nicht von ganz alleine. Es liefert lediglich die Möglichkeiten dazu (Emonts-Holley, 2017).

Wozu das Ganze?

Der Einsatz des IoT ist natürlich mit anfänglichen Investitionen verbunden. Die Frage nach dem Nutzen drängt sich daher sofort auf. Kevin Ashton, der Gründer des Begriffs ging noch etwas utopisch davon aus, dass durch neue Technologie Computer dazulernen und mit ihrer realen Umwelt interagieren sollen. Zum Teil sind seine Visionen bereits Realität geworden.

Zumeist geht es dabei primär um finanzielle Aspekte. Wie kann man durch effizientere Nutzung der Dinge Kosten sparen? Ein zentrales Hauptaugenmerk im Facility Management.

So kann etwa Energie in verschiedensten Szenarien effizienter eingesetzt werden (Ang et al., 2017, Brundu, F.G. et al. 2017) (Fallbeispiel 2). Nur über konstante Energiedatenerfassung und die Möglichkeit einer zeitnahen Auswertung von Einsparungen durch den Einsatz intelligenter Steuerungen und energiesparender Verbraucher wird es möglich, Kosteneinsparungen über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden – beginnend bei der Planung, etwa mit BIM (Building Information Modeling) – zu lukrieren (Brad & Murar 2014, Nguyen 2016). Neben der direkten Einsparung ermöglichen Benutzeroberflächen, die die Messergebnisse der Sensoren in Echtzeit darstellen, bessere Kontrolle über den Energieverbrauch (Karlgen et al., 2008).

Ständige Überwachung der Daten und rasche Reaktion helfen, Energie oder bei der Wartung Kosten durch Optimierung des Ressourceneinsatzes einzusparen. Studien gehen von Einsparungen von 20-30% aus (Roth et al., 2005, King & Perry, 2017).

Dabei ist es unerlässlich im Auge zu behalten, dass die Kosten für die Implementierung von IoT-Anwendungen ebenfalls in die Berechnung der tatsächlichen Einsparungen aufgenommen werden. Vor der Implementierung einer IoT-basierten Lösung sollten in jedem Fall die Investitionskosten in die Amortisationsrechnung vollständig einbezogen werden. Erst dadurch ist es möglich, die Effizienzsteigerung gesamtmonetär zu beurteilen (King & Perry, 2017).

Im Falle der Wartung können die absoluten Kosten für die Wartungseinsätze gesenkt werden, zusätzliche Kosten durch sinkende Effizienz oder Ausfälle alternder Anlagen vermieden und die nicht zu vernachlässigenden Personalkosten reduziert werden (Yoshikawa et a. 2015).

Aber auch die immer drängendere Thematik der Nachhaltigkeit ist ein Treiber des IoT Einsatzes. Darauf sind wohl die öffentlichen Initiativen zurückzuführen, die durch den Druck zu effizienterem Ressourceneinsatz zur Sparsamkeit beitragen sollen. So wird etwa in Dubai die Umsetzung einer ganzen „Smart City“ geplant.

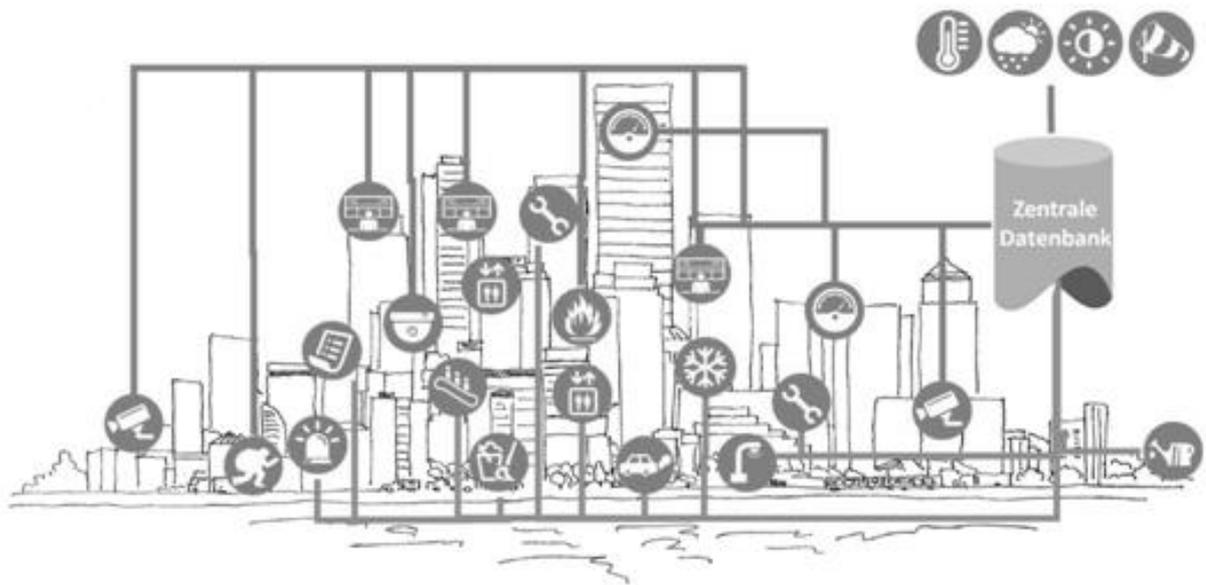


Abb. 1: Schema der Dubai Smart City (Eigene Darstellung: Martin Tscherkassky-Aleksić / fm-solutions)

Hier kommen auch Faktoren zum Tragen, die sich nicht nur auf die Einsparung von Kosten reduzieren läßt. Die Senkung der Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen gewinnt immer mehr an Wichtigkeit. Dies hat einerseits mit der knapper werdenden Verfügbarkeit zu tun aber auch mit der steigenden Bedeutung eines Imagegewinns von Firmen, Organisationen, Kommunen oder gar Staaten durch die Umweltschonung. Dubai etwa hat sich als Ziel bis zur Weltexpo und seinem seinem 50jährigen Jubiläum 2020 als Ziel gesetzt, durch die Gestaltung einer durchgehenden Smart City sein Image als Ölstaat zum Vorreiter in neuen und ressourcenschonenden Technologien zu wandeln.

Ein Beispiel für eine bereits realisierte Smart City ist Santander im Norden Spaniens (<http://www.smartsantander.eu>). 12.000 Sensoren überwachen unter anderem Straßenbeleuchtung, stehenden und fließenden Verkehr und Bewässerung öffentlicher Grünflächen.

Die Daten werden zentral gespeichert, für die Verwaltung genutzt, aber auch den BewohnerInnen zur Verfügung gestellt. Zum Suchen eines Parkplatzes oder der nächsten Busverbindung oder zum Einmelden von Schäden über die eigene „Puls oft he City“ Smartphone-App. In die Entwicklung in Santander sind Technologiepartner und die Verwaltung, aber auch in hohem Maße die Bevölkerung eingebunden. Dadurch wird gewährleistet, dass neben den technischen Aspekten auch die Aspekte der Akzeptanz und der Sicherheit berücksichtigt werden (Diaz-Diaz, R. et al. 2017).

Dubai und Singapur sind zwei Metropolen, in denen die Diskussionen für die Realisierung einer Smart City weit gediehen sind. Es ist bemerkenswert, dass in beiden Städten das Thema des Ressourcenmanagements im Vordergrund steht. In anderen Städten, wie zum Beispiel Wien oder Paris gibt es ebenfalls Diskussionen, durch den Einsatz von IoT-Lösungen die Kommunen für die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts bereit zu machen. Jedoch ist hier noch ein weiter Weg bis zur tatsächlichen Umsetzung zu gehen. In Österreich wurde der Einsatz von IoT in der »Digital Roadmap« zu einem wesentlichen Element Leitprinzip erklärt (BKA & BMFWF, 2016).

Wesentlich weiter gediehen sind aber die realisierten Entwicklungen im Bereich der Smart Buildings – also einzelner Gebäude, die für das Facility Management von Bedeutung sind.

Standards

Einsatzszenarien für IoT Systeme im Bereich des Smart Buildings gibt es bereits länger auf dem Markt. Limitierender Faktor war in bisherigen Systemen jedoch oftmals, dass es sich meistens um proprietäre Insellösungen gehandelt hat. Kann die Klimaanlage eines Herstellers über Temperatur-, Luftfeuchtigkeits- oder gar CO₂-Sensoren reguliert werden, so ist dies alleine definitiv noch nicht als „smart“ zu bezeichnen.

Erst durch den Einsatz offener Standards wird es möglich, die Komponenten in Gebäuden so zu vernetzen, dass eine effiziente Nutzung in verschiedensten Bereichen entsteht. Die Nutzung von Protocol Gateways, die GLT-Netzwerkprotokolle wie BACnetTM (Building Automation and Control Network) in IoT-Protokolle wie zum Beispiel AMQP (Advanced Message Queuing Protocol) oder MQTT (Message Queue Telemetry Transport) ist in der Praxis vorerst wichtig, um IoT Szenarien zu realisieren (Abdul-Qawy et al. 2015, Merz et al. 2016).

Immer mehr schaffen es ja inzwischen auch größere Anwendungsszenarien in den Bereich des Möglichen. Diese erfordern aber auf Grund ihrer Komplexität höhere Investitionen und eine reibungsarme Kooperation der Beteiligten. Die Nutzung etablierter Standards hilft hier weiter.

Es ist also nach wie vor wichtig, verschiedene Protokolle und andere Standards zu unterstützen, damit heterogene Architekturen aber vor allem auch Bestandsobjekte miteinander sinnvoll und effizient verbunden werden können.

Fallbeispiele

Im Rahmen zahlreicher CAFM Projekte konnten Erfahrungen zum Umgang mit der Anbindung von technischen Systemen an eine zentrale Datenbank oder auch an verteilte und vernetzte Datenbanken gewonnen werden. Dabei kommt das Thema IoT immer wieder ins Spiel.

Einige Fallbeispiele aus unterschiedlichen Branchen und Gebäudetypologien sollen die Bedeutung des IoT für das Facility Management in verschiedenen Bereichen demonstrieren. Sowohl in Einzelbereichen als auch umfassend. Sowohl in hochtechnologisierten Neubauten als auch in Bestandsobjekten.

Fallbeispiel Serviceunternehmen Erdölindustrie (Dubai)

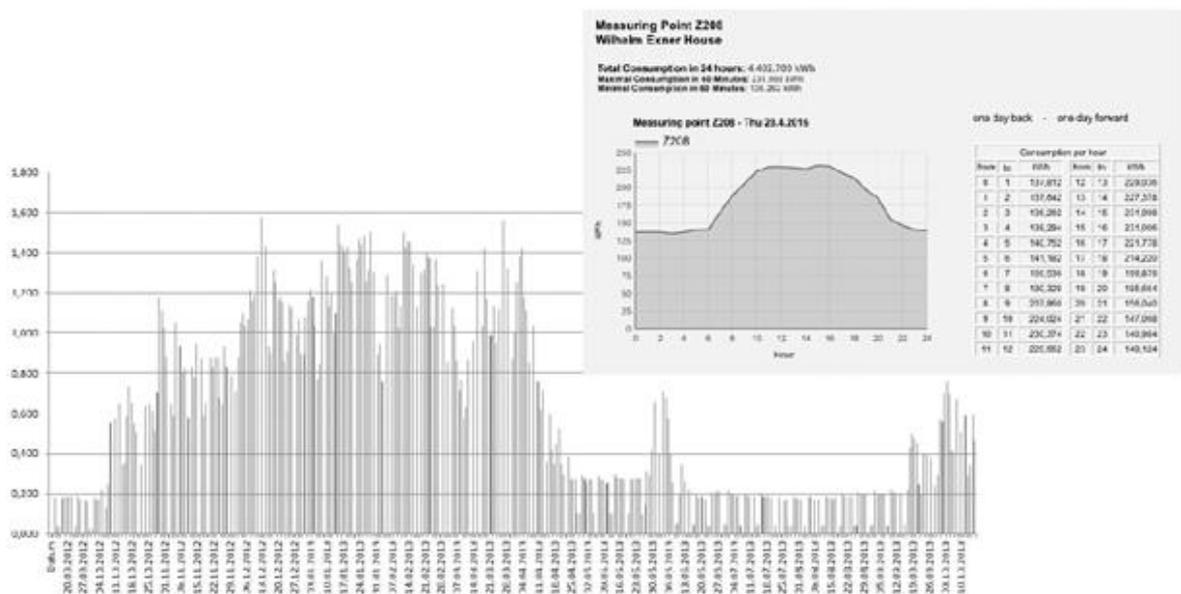
In der Firmenzentrale des Unternehmens in Sharjah (Vereinigte Arabische Emirate) wurde auf Basis einer CAFM Software, die eine Datenbank mit dem schon zuvor bestehenden Gebäudeleittechnik-System via BACnetTM-Schnittstelle verbindet, ein intelligentes System zur Steuerung von Klimaanlage, Beschattung und Wasserversorgung entwickelt.

Es wird einerseits zum Lastenausgleich und zur Wetter- und insbesondere Temperaturabhängigen Steuerung, andererseits zur prädiktiven Instandhaltung der entsprechenden Gebäudetechnik eingesetzt.

Durch die Installation von Sensoren/Aktoren und die intelligente Steuerungstechnik konnten Ausfälle der Anlagen vermieden, die Kosten der Instandhaltung und damit verbunden für den Ersatz von Anlagen vermindert werden und gleichzeitig bei den MitarbeiterInnen das Bewusstsein für Einsparungspotenzial erhöht werden.

Fallbeispiel Universität (Wien)

In einem großen Bereich einer Wiener Universität wurde ein System für Energiemonitoring eingerichtet, das es ermöglicht, in Echtzeit Strom- und Wärmeenergieverbrauchsdaten einzusehen und im Bedarfsfall gegen zu steuern. Smarte Zähler liefern laufend Daten an die FM-Datenbank, in der die Verbrauchswerte als Verlaufsgrafiken zur Verfügung stehen. Im Lauf eines Jahres werden aktuell etwa 2 Millionen Messwerte übernommen. Diese Angaben werden für Projekte zur Energieoptimierung (Umrüstung auf LEDs, Nutzungs-abhängige Verbrauchsabsenkungen, Kommunikationskampagnen zur Verbesserung des Nutzerverhaltens) eingesetzt.



Slika 2: Langzeitverlauf und Tageskurve des Stromverbrauches in einem Universitätsgebäude (Eigene Darstellung)

Der nächste Schritt in diesem Projekt ist die Anbindung des Gebäudeleittechnik-Systems an die CAFM-Software in einigen Laborgebäuden. Durch den Einsatz von Sensoren in den Labors können die Lüftungsanlagen an die Belegung optimiert werden. Wichtig ist dabei insbesondere die Einhaltung der erhöhten Sicherheitsanforderungen im Rahmen von Versuchsanordnungen.

Fallbeispiel Flughafen (Deutschland)

Für einen deutschen Flughafen wurde das Facility Management mit IoT Komponenten im Bereich Wartung und Reinigung angebunden. Bedarfsorientierte Einsatzplanung führte zu einer Einsparung von 20% gegenüber den Kosten vor der Implementierung. 18.500 Aufträge pro Jahr werden aktuell abgewickelt.

Besonderheiten bei diesem Fall sind einerseits die hohen Anforderungen an Sicherheit und Serviceverfügbarkeit und die über eine Anbindung des Facility Management Systems an das AOS (Airport Operation System).

Bei der Wartung konnte der Anlagenausfall durch vorausschauende Wartung beinahe komplett eliminiert werden (-90%). Dadurch ist es gelungen, die Kosten für Neuanschaffungen drastisch zu reduzieren, die durch die Sicherheitsanforderungen komplexen Einsätze zu minimieren und eine für den Betrieb unumgängliche hohe Verfügbarkeit der Systeme zu gewährleisten.

Die Kosten für die Reinigung konnten durch den Einsatz von Sensoren in den Böden sowie zur Frequenzmessungen in den Waschräumen stark gesenkt werden (-30%) bei gleichzeitiger Steigerung der Kundenzufriedenheit. Dies gelang durch eine Umstellung der Intervall basierten Reinigungseinsätze auf bedarfsorientierte Reinigung.

Fallbeispiel Bürogebäude (Taiwan)

Im aktuell zweithöchsten Bürogebäude der Welt, das noch vor dem Einsetzen der Bedeutung des IoT erbaut wurde (Eröffnung 2004) konnten durch nachträglichen Einsatz eines optimiertes HKLS System mit Timer-kontrollierter Entlüftung und eines EMCS (Energy Management and Control System) zur Optimierung von Kühlbedarf und Wasserverbrauch durch Einsatz von Sensoren für Temperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂ signifikante Einsparungen im Betrieb erzielt werden (-25%). Dadurch gelang es sogar, dass Taipei 101 seit 2011 LEED Platin zertifiziert ist in der Kategorie „Betrieb bestehender Gebäude“.

Lernen lernen

Das Internet of Things wird weiter an Bedeutung gewinnen. Speicher werden billiger, die Zahl der Sensoren steigt. Wesentlich ist jedoch, dass nicht nur Daten gesammelt werden, sondern

diese auch sinnvoll genutzt werden. Millionen Ablesewerte machen kein Energiemanagementsystem aus. Sie decken zunächst nur den ersten Schritt, das Energieverbrauchs-Monitoring. Erst die Interpretation der Werte und das Ergreifen der notwendigen Schritte führen zu sinnvollen Anwendungen.

Ähnliches gilt auch für den Einsatz im Bereich der Wartung. Ziel ist es, die Wartung und Instandhaltung zeitlich so zu planen, dass es keine Ausfälle gibt, Instandsetzungen minimiert werden, Kosten für Ersatzteile oder den Austausch defekter Anlagen zu reduzieren und damit insgesamt die Performance der Geräte zu steigern.

Derzeit noch als Inseln bestehende Anwendungsbereiche des IoT (Wohnbereich, Fahrzeuge, Infrastruktur und kommerzielle Gebäude) sind gerade dabei zu verschmelzen, was der Transformation des Internet der Dinge immer mehr an Bedeutung geben wird.

Aus dem Hype, den die Einführung des IoT aktuell erfährt, vom selbstbestellenden Kühlschrank bis zum lernenden Reinigungsroboter, werden wohl in absehbarer Zeit immer mehr brauchbare Mainstream-Anwendungen werden. Das „Ökosystem“ aus Sensoren, Gebäudetechnik-Systemen und immer komplexeren Analysemethoden ist jedenfalls im Entstehen. Man sollte das Ziel, den Gebäudebetrieb effizienter zu machen, nicht aus den Augen verlieren. Jede Entscheidung sollte auf ihre Sinnhaftigkeit und Einsparungspotenzial versus Aufwand kritisch untersucht werden.

Die Bedeutung der Hardware wird gegenüber dem Service der Software zur Entscheidungsfindung abnehmen. Sie wird vorausgesetzt werden. Was den Nutzern angeboten werden muss ist vielmehr das Know how, wie aus der Unmenge an Daten Nutzen gezogen werden kann.

Das IoT wird auch nicht allzu sehr selbst lernen – auch wenn der Bereich der intelligenten und lernfähigen Systeme im Steigen begriffen ist. Es kann aber jedenfalls dazu beitragen, dass die Facility Manager und die Gebäudenutzer dazu lernen. Sensoren können Daten liefern, Aktoren können sich auf die Effizienz positiv auswirken. Daten alleine und deren Auswertung ersetzen nicht die Notwendigkeit, auf das Benutzerverhalten einzuwirken und Probleme zu vernachlässigen. Nur durch diesen Lerneffekt können Ressourcen und damit auch Kosten eingespart werden.

Literatur

- Abdul-Qawy, A.S., Pramod, P.J., Magesh, E., Srinivasulu, T. (2015): The Internet of Things (IoT): An Overview. *Int. Journal of Engineering Research and Applications* 5(12-2), 71-82.
- Amiot, E. (2015) Technology is at a Turning Point. In: *The Internet of Things: Disrupting Traditional Business Models*. New York. 5-10.
- Ang, J.H., Goh, C., Flores Saldivar, A.A. & Li, Y. (2017): Energy-Efficient Through-Life Smart Design, Manufacturing and Operation of Ships in an Industry 4.0 Environment, *Energies* 10(5), 610ff.
- Brad, B.S. & Murar, M.M. (2014): Smart Buildings Using IoT Technologies. *Construction of Unique Buildings and Structures* 5 (20), 15-27.
- Brundu, F.G., Patti, E. & Osello, A. (2017): IoT Software Infrastructure for Energy Management and Simulation in Smart Cities. *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 13(2), 832-840.
- Bundeskanzleramt & Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (2016): Digital Roadmap. Wien, Österreich, 42 Seiten
- Cearley, D.W., Burke, B. & Walker, M.J. (2016): Top Ten Strategic Technology Trends for 2016. *www.gartner.com*, 29. Februar 2016
- Coster, M. & Liu, Q. (2015): An Imperfect Preventive Maintenance Policy Considering Reliability Limit. *Int. Journal of Engineering Research and Applications* 5(12-2), 49-56.
- Danova, T. (2013): 75 Billion Devices will be Connected to the Internet of Things by 2020. *Business Insider*. Oktober 2013.
- Diaz-Diaz, R., Muñoz, L., Pérez-González, D. (2017): Business Model Analysis of Public Services Operating the Smart City Ecosystem: The Case of SmartSantander. *Future Generation Computer Systems* 76, 198-214.
- Emonts-Holley, R. (2017): Smart Maintenance – Softwareunterstützung für ein bedarfsorientiertes Instandhaltungsmanagement in Produktionsumgebungen. Tagungsband InservFM, Messe und Kongress für Facility Management und Industrieservice, Stuttgart, Verlag Wissenschaftliche Skripten. 385-393.
- Gunashekar S., Spisak A., Dean, K., Ryan, N., Lepetit, L. & Cornish P. (2016): Accelerating the Internet of Things in the UK – Using Policy to Support Practice. Cambridge, UK: RAND Corporation. 78 Seiten
- Hiptmayr, C. (2017): Ferngesteuert. Profil vom 16. Jänner 2017, 38-39.

- Jaspers, E. (2017): The Internet of Things for Real Estate and FM. Tagungsband InservFM, Messe und Kongress für Facility Management und Industrieservice, Stuttgart, Verlag Wissenschaftliche Skripten. 645-649.
- Karlgren, J., Fahlen, I.E., Wallberg, A., Hansson, P., Stahl, O., Soderberg, J. & Akesson, K. (2008): Socially Intelligent Interfaces for Increased Energy Awareness in the Home. Proceedings of the First International Conference, IOT 2008, Zürich (Schweiz), 263-275.
- King, J. & Perry, C. (2017): Smart Buildings: Using Smart Technology to Save Energy in Existing Buildings. Washington D.C. (USA). American Council for an Energy-Efficient Economy. 46 Seiten.
- Lauzi, M. & Jörg, Ch. (2017): Ein weitreichendes funkbasiertes Sensor-Aktor-Netzwerk für die Zukunft smarter Städte. Tagungsband InservFM, Messe und Kongress für Facility Management und Industrieservice, Stuttgart, Verlag Wissenschaftliche Skripten. 667-673.
- Manyika, J., Chui, M., Bisson, P., Woetzel, J., Dobbs, R., Bughin, J. & Aharon D., (2015): The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype. San Francisco, USA: 131 Seiten.
- Manyika, J. et al. (2015): The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype. San Francisco, USA: McKinsey Global Institute. 144 Seiten.
- Markowitz, D. (2016): Software is Eating the FM World, Facility Management Journal March/April 2016, 36-39.
- Merz, H., Hansemann, T. & Hübner, Ch. (2016): Gebäudeautomation. Kommunikationssysteme mit EIB(KNX, LON und BACnet. 3. aktualisierte Auflage. München. Carl Hanser Verlag, 310 Seiten.
- Mukati A. & Mukati, R. (2016). A Survey on Growing Trends in Automatic Identification and Data Capture Techniques based on Assigned Properties. International Journal of Computer Science and Information Security 14(11), 580-589.
- NCTA (2014): Infographic: The Growth of the Internet of Things.
<https://www.ncta.com/platform/industry-news/infographic-the-growth-of-the-internet-of-things/> Washington, DC, USA: NCTA – The Internet and Television Association
- Nguyen, H.T. (2016): Integration of BIM and IoT to improve the building performance for occupants' perspective. Stockholm, Sweden. Masterthesis. Royal Institute of Technology
- Roth, K., Westphalen, D., Feng, M., Llana, P., Quartararo, L. (2005): Energy Impact of Commercial Building Controls and Performance Diagnostics: Market Characterization, Energy Impact of Building Faults and Energy Savings Potential, Cambridge (MA). TIAX LLC Report für das U.S. Department of Energy.

- Schuh, G. & Deindl, M. (2013): Systematisation of smart objects in production and logistics applications. Proceedings of 2013 European Conference on Smart Objects, Systems and Technologies, Smart SysTech. Berlin. VDE-Verlag.
- Schuster, B., Langer, T. & Putz, M. (2017): Was kann FM von der digitalen Fabrik im Zeitalter von Industrie 4.0 lernen? Tagungsband InservFM, Messe und Kongress für Facility Management und Industrieservice, Stuttgart, Verlag Wissenschaftliche Skripten. 651-660.
- Spain, C. (2016): Data-enabled Water Management. Facility Management Journal March/April 2016, 90-92.
- Yoshikawa, H., Tsubokura, T., Toida, S., Kawai, Y. & Hatori F. (2015): Cloud-based Equipment Maintenance and Facility Management Service Platform. Hitachi Review 64(4), 229-233