

# Energiemanagement und urbane Simulation (En-Sim4iCity)

## Teilprojekt 2: Smart Industrial and Commercial Buildings

### **Bericht I (Vorstudie / Anforderungsanalyse)**

Der vorliegende Bericht ist Teil des Impulsprojektes „Energiemanagement und urbane Simulationen“ innerhalb der Intensivierungsphase der Forschungspartnerschaft iCity an der HFT Stuttgart. Das Teilprojekt „Smart Industrial and Commercial Buildings“ unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Dieter Uckelmann baut auf das Explorative Projekt „Smart Public Building“ aus der iCity Aufbauphase auf. Untersucht wird der Einsatz von Open-Source-Software (Open Home Automation Bus, kurz: openHAB) und Technologien (EnOcean Sensoren, LoRaWAN, MQTT, ...) aus dem Smart Home Bereich für die spezifischen Anforderungen industrieller und gewerblicher Unternehmen.

#### **1 Einleitung**

Sensordaten werden im Zuge von Smart Building-, Smart City- sowie Industrie 4.0-Vorhaben in zunehmendem Maße erhoben und verfügbar gemacht. Im Impulsprojekt "Energiemanagement und urbane Simulation" soll das Potenzial dieser Daten zur Steigerung der wirtschaftlichen Effizienz von gewerblich und industriell genutzten Gebäuden und ganzen Industriestandorten, sowie zur Verbesserung der Lebens- und Arbeitsqualität im industriellen und urbanen Umfeld nutzbar gemacht werden.

Für das Unternehmen Robert Bosch GmbH in Schwieberdingen werden im Teilprojekt 1 Daten aus der klassischen Gebäudeleittechnik (GLT) genutzt, um eine automatisierte Datenanalyse für eine ganze Liegenschaft mit über 70 Gebäuden zu entwickeln. Allerdings gibt es auch an diesem Standort Gebäude, die nicht an die GLT angeschlossen sind. Für diese wird im Teilprojekt 2 die Eignung von bisher nur im Smart Home Bereich verwendeten,

dezentralen kabellosen Lösungen untersucht. Hierfür werden unterschiedliche Aspekte mit unterschiedlichen technologischen Ansätzen betrachtet.

In der Unternehmenskultur der Firma Bosch wird auf das Prinzip „teilen“ statt „besitzen“ gesetzt. Dieses Konzept soll bei der Analyse mitberücksichtigt werden, sodass sich etwa überflüssige Energie über ein intelligentes Stromnetz mit umliegender Infrastruktur teilen lässt.

Neben der Ermittlung des Status quo am Standort Schwieberdingen, gilt es zu verstehen, welche Entwicklungsmöglichkeiten sich für die noch nicht an die GLT angebundenen Gebäude ergeben. Welche Möglichkeiten die Digitalisierung und die Anbindung an die bereits vorhandene GLT hat, wird im Rahmen des Teilprojektes erforscht.

## **2 Struktur**

Einleitend werden in Kapitel 3 die Grundlagen, Motivation und Ausgangssituation zum Forschungsprojekt erläutert. Kapitel 4 gibt einen Überblick zu verwandter Literatur, dem aktuellen Forschungsstand und ordnet wichtige terminologische Begriffe, wie „Industrielle Smart Services“, „Smart Buildings“ und „Smart Industrial Buildings“ ein, um ein gemeinsames Verständnis für das Forschungsfeld zu schaffen. In Kapitel 5 werden die entwickelten Use Cases vorgestellt. Tabellarisch werden die Problemstellungen, Anforderungen und der Status Quo der Firma Bosch, sowie eine systematische Literaturrecherche zu den Zielen und Anwendungsbereichen der Use Cases dargestellt. Das Kapitel 6 dient der Ermittlung der umzusetzenden Use Cases. Anhand von Expertenbefragungen werden die Pilotanwendungen hier ausgewählt. Neben der Konzeption und Festlegung und Gewichtung der Auswahlkriterien wird erläutert, wie die Ergebnisse quantitativ und qualitativ ausgewertet werden. Das geplante Vorgehen der technischen Umsetzung der ausgewählten 3 Pilotanwendungen wird anschließend in Kapitel 7 näher beleuchtet. Abschließend wird das Projekt in Kapitel 8 kurz resümiert und es wird ein Ausblick auf das weitere Vorgehen im Folgeprojekt gegeben.

## **3 Grundlagen**

Für Dienste und Services wie Heizung, Lüftung, Klimatisierung, Beleuchtungssteuerung usw. werden neue Möglichkeiten der Energieeinsparung gesucht. Das Ziel des Teilprojektes ist es umsetzbare Use Cases für industrielle Smart Services zu entwickeln. Dabei werden Ideen systematisch auf konkrete Anwendungsfälle beleuchtet. Ausgehend vom Ergebnis wird eine Ist-Analyse, welche smarten Anwendungen den größten Mehrwert für den Kooperationspartner Bosch sowie die HFT bieten, erstellt.

### **3.1 Motivation und Ziel des Projektes**

In Teilprojekt 2 „Smart Industrial and Commercial Buildings“ sollen am Beispiel des Bosch-Standortes Schwieberdingen, drahtlose Technologien und Open-Source-Software aus dem Bereich Smart Home auf ihre Eignung hin untersucht werden und Bestandsgebäude und Außenbereiche eines Betriebsgeländes (Büros, Kantinen, Testgelände, Parkplätze, Labore, Werkstätten), die nicht an die GLT angebunden sind, nachträglich vernetzt werden, um Geräte und Assets zu managen und ggf. zu automatisieren. Diese Technologien bieten das

Potenzial, eine bessere Energieeffizienz der noch nicht erfassten Gebäude des Standortes Schwieberdingen zu erreichen, das Facility Management zu unterstützen sowie den Komfort für die Mitarbeitenden zu erhöhen. Im betrieblichen Umfeld spielen außerdem der Arbeitsschutz und die Arbeitssicherheit (z.B. Brandschutz), sowie die Wartung und Instandhaltung der damit zusammenhängenden Infrastrukturen eine wichtige Rolle. In dieser Grundlagenermittlung sollen im Rahmen der Vorstudie sowie einer Anforderungsanalyse die technischen und organisatorischen Voraussetzungen einer großen industriellen Liegenschaft untersucht und bereits geeignete Use Cases entwickelt werden. Die Teilprojekte 1 und 2 haben hierbei direkte thematische Schnittstellen. Gemeinsam soll untersucht werden, welchen Mehrwert die Verknüpfung von Drahtlossensorik und GLT-basierter Datenerfassung bieten könnte.

### **3.2 Grundlagen zur Vorstudie und Anforderungsanalyse**

Nach Entwicklung geeigneter Use Cases werden drei Use Cases (Piloten) für eine Implementierung am Standort Schwieberdingen ausgewählt. Die Erfassung der vorhandenen Infrastrukturen und Bedarfe, insbesondere des Facility Managements erfolgt mittels einer Stakeholder-Befragung und einer Aufnahme vor Ort. Nach Auswahl der drei Use Cases erfolgt die Ableitung notwendiger vorbereitender Maßnahmen und Empfehlungen, um eine Implementierung der ausgewählten Use Cases technisch und organisatorisch innerhalb der Liegenschaft grundsätzlich zu ermöglichen. Die Durchführung zur Umsetzung der Empfehlungen aus AP2.1 (bspw. Bereitstellung von technischen Infrastrukturen, Zugängen und Berechtigungen) erfolgt durch den Projektpartner.

### **3.3 Ausgangssituation**

Im BW-Forschungsverbund ENSource Urbane Energiesysteme und Ressourceneffizienz wurde bereits im März 2021 eine Fallstudie bei der Firma Bosch am Industriestand Schwieberdingen mit Schwerpunkt elektrisches Lastenmanagements durchgeführt. Am Industriestandort Schwieberdingen arbeiten ca. 6800 Mitarbeitende (Stand 2020) für die Forschung und Entwicklung in unterschiedlichen Geschäftsbereichen. Das Facility-Management bewirtschaftet auf dem Areal mit einer Fläche von ca. 450.000 m<sup>2</sup> Büro-, Werkstatt- und Prüfstandflächen (z.B. für Motorenprüfstände) auf ca. 45 Gebäuden verteilt. Das zuständige Facility-Management hat u. a. die Aufgabe elektrische und thermische Energie den verschiedenen FuE-Bereichen und Geschäftszweigen verlässlich und wirtschaftlich bereitzustellen und muss gleichzeitig den Fortschritt des Standorts in Bezug auf eine kontinuierliche Reduktion des Kohlendioxid-Ausstoßes verstärken (Coors 2021, S. 126).

## **4 Stand der Technik**

In den letzten Jahren gab es zahlreiche Aktivitäten und Forschungsprojekte zum Thema „Smarte Technik“. Auf dem Weg zu einer intelligenten Stadt beschäftigen sich viele Vorhaben damit, wie bspw. klima- und energiepolitische Ziele umgesetzt werden können. Ein großes Potenzial wird neben Verkehr und Mobilität aber auch in der Gebäudeautomatisierung gesehen (TSB Technologiestiftung Berlin 2014).

## 4.1 Aktueller Forschungsstand

Mehrere Studien belegen, dass durch die Gebäudeautomatisierung Energie- und Wasserverbräuche deutlich sinken, die Gebäudesicherheit erhöht wird und durch die Integration mehrerer Gewerke der Komfort des Gesamtsystems steigt. Es gibt mehrere Normen, die sich mit der Gebäudeautomatisierung befassen. In der allgemeinen Norm ISO/IEC 16484 können die Grundbegriffe gefunden werden und mit der Standardreihe 16484 werden diese zusätzlich um nationale Belange ergänzt (Stuckenholz 2020, S. 166–167).

Der „Leitfaden zum Technischen Monitoring von öffentlichen Gebäuden zur Betriebsoptimierung und Effizienzsteigerung“ gibt Handlungsempfehlungen über die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Gebäuden. Die beschriebenen Maßnahmen und Strategien weisen mit der Veröffentlichung der DIN VDI 6041 und dem Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV) auf die Notwendigkeit und die Bedeutung des Technischen Monitorings hin und gibt praktische Hinweise bei der Planung um Umsetzung (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin 2018).

In neuen Gebäuden werden in haustechnischen Anlagen Raum- und Geräteregelelungen automatisch miteinander vernetzt. Diese werden so zu Smart Buildings. Beim Gebäudebestand findet moderne Haustechnik meist erst im Zuge von Umbauten statt und dabei ist das Internet der Dinge (engl. Internet of Things, IoT) der Kernpunkt für neue Entwicklungen (Erbstößer 2018, S. 6). Die einzelnen Komponenten der Gebäudeautomatisierung benötigen Datenübertragungswege, bspw. über Leitungen oder Funk, mit der die Informationen mit Hilfe gemeinsamer Kommunikationsprotokolle ausgetauscht werden können. Bei heterogenen Lösungen sind zusätzliche Maßnahmen beim Einsatz von Gebäudeautomatisierung-Komponenten unterschiedlicher Hersteller nötig, damit die Netzwerke und Bussysteme eine system- und gewerkübergreifende Kommunikation bei Anlagenerweiterungen gewährleisten können (AMEV 2019, S. 17).

Dominges et al. beschrieben bereits 2016 im Artikel „Building automation systems: Concepts and technology review“, dass es, trotz der Beliebtheit des Themas, einen Mangel an grundlegender Literatur gibt. Für Entwickler ist es dadurch schwieriger Lösungen verschiedener Hersteller miteinander anzupassen. Dies führt zum bekannten Problem der Heterogenität. Um Technologiestandards zu bewerten haben die Autoren grundlegende Konzepte von Gebäudeautomatisierungssystemen systematisiert und analysiert. Ziel der Gebäudeautomatisierung ist, dass durch die digitale Kommunikation Installationskosten reduziert werden, indem bspw. die Verdrahtung gesenkt werden kann. Neben vielen herstellerspezifischen Lösungen kommen Standards wie zum Beispiel BACnet<sup>1</sup>, KNX<sup>2</sup>, LonWorks<sup>3</sup>, Modbus<sup>4</sup>, sowie drahtlose Bussysteme wie ZigBee<sup>5</sup> und EnOcean<sup>6</sup> zum Einsatz. In der Gegenüberstellung wird deutlich, dass keine der Lösungsspezifikationen die gesamte Funktionalität einer

---

<sup>1</sup> BACnet (Building Automation and Control Networks) ist ein Datenübertragungsprotokoll für die Gebäudeautomation und Gebäuderegelung

<sup>2</sup> KNX ist ein Feldbus zur Gebäudeautomation

<sup>3</sup> LonWorks (Local Operating Network) ist ein dezentrales Automatisierungssystem, in dem die Geräte (Knoten) unter Verwendung des LonTalk-Protokolls über einen Bus miteinander kommunizieren

<sup>4</sup> Das Modbus-Protokoll ist ein Kommunikationsprotokoll, das auf einer Client/Server-Architektur basiert

<sup>5</sup> ZigBee ist eine Spezifikation für drahtlose Netzwerke mit geringem Datenaufkommen und geringem Stromverbrauch

<sup>6</sup> EnOcean bezeichnet einen vor allem in der Überwachung und Steuerung von Haus- und Gebäudetechnik genutzten herstellerübergreifenden Standard für batteriefreie Funksensoren

vollständigen Abdeckung nahekommt. Die zeigt zudem, dass in einer komplexen Infrastruktur mehr als eine Technologie erforderlich ist, um ein Gebäudeautomatisierungssystem zu implementieren (Domingues et al. 2016).

Exner et. al. beschreiben in der Studie „Smart Building. Erfolgskritische Trends und Anwendungsfälle für Gebäudeplanung und Betrieb“, dass es noch keine gemeinschaftliche Definition und kein gemeinschaftliches Verständnis von Smarten Gebäuden gibt. Es bedarf dringend neuer Abstimmungsprozesse zwischen den jeweiligen Akteuren, wie Architektierenden, Planenden und Gebäudemanagenden für ein zukunftstaugliches Bewirtschaften von Gebäuden. Ein Smart Building umfasst die gesamte Digitalisierung in einem Gebäude. Die Studie hat zur besseren Einordnung von intelligenten Gebäuden und der Technischen Gebäudeausrüstung ein Reifegradmodell auf Basis einer Synthese aus zwei bekannten Modellen im Industrie-4.0-Umfeld entwickelt (Exner et al., S. 8–13).

Für eine ganzheitliche Vernetzung bekannt sind die Bürogebäude „The Edge“ in Amsterdam mit ca. 28.000 verbauten Sensoren und das „Cube“ in Berlin mit 3750 Sensoren, 750 Beacons und 140 Mobilfunkantennen, die für eine komplette Gebäudedatenerhebung sorgen (Exner et al., S. 16).

## 4.2 Industrielle Smart Services

Für den Begriff „Smart Services“ gibt es keine einheitliche Definition. In der wissenschaftlichen Literatur taucht der Begriff erstmals im Jahre 2005 auf und seitdem nehmen die Veröffentlichungen zum Begriff in den verschiedensten Kontexten stetig zu (Gerl 2020). In der von Gerl in einer Tabelle gegenübergestellten Definitionen beschreibt Wellsandt et al. im Jahre 2016:

*„Smart Services sind ein Ansatz für die IT-gestützte Erbringung von Dienstleistungen auf Basis vernetzter Produkte. Sie schaffen eine neue Grundlage für die Gestaltung der Beziehung zwischen Hersteller und Endnutzer sowie die Ausprägung neuer Wertschöpfungsstrukturen.“*

Gerl beschreibt weiter, dass ein grundsätzlicher Paradigmenwechsel stattfindet, weg vom Verkauf eines Produktes hin zum Anbieter von Services. Bei der Gestaltung von Smart Services wurden für Unternehmen vier Herausforderungen identifiziert (Gerl 2020, S. 42):

- Eine unternehmensinterne,
- eine kundenspezifische,
- eine technologische und
- eine rechtliche.

Entscheidender Faktor bei der Umsetzung von Smart Services bleiben weiterhin die Mitarbeitenden, mit den erforderlichen fachlichen Kernkompetenzen und Fachwissen in Bereichen der Digitalisierung und des Internet der Dinge.

Für Smart Service Geschäftsmodelle rückt die Nutzerperspektive

- bei IoT-Zusatzservices,
- bei der Entwicklung neuer Produkte mit IoT-Funktionen sowie
- bei der Entwicklung produktloser Services

in den Vordergrund. Sie sind gegenüber von physischen Produkten geografisch und mengenmäßig leichter skalierbar. Dazu muss das bisher gewohnte Branchendenken überdacht und neue Zusammenarbeit mit Wettbewerbern oder Kooperationen mit branchenfremden Vertragspartnern eingegangen werden. Kunden müssen für eine permanente IoT-Weiterqualifizierung und zur Bezahlung Smarter Services sensibilisiert werden. Bei Kunden stellen der Zugang und die Bereitstellung der Daten die größte Hürde dar. Die hohen Datenschutzbestimmungen und der damit einhergehende rechtskonforme Umgang entscheiden über Erfolg und Nichterfolg von Smart Services. Aus dieser Perspektive müssen auch die technologischen Herausforderungen, wie z.B. IT-Sicherheit, IT-Infrastruktur, die unterschiedlichen Lebenszyklen von Produkten und die Smart Services selbst betrachtet werden (Gerl 2020, S. 42ff).

### 4.3 Smart Building und Smart Industrial Building

Zu unterscheiden ist ein Smart Building von der klassischen Gebäudeautomation, die bis 1993 noch als GLT bezeichnet wurde (Ammon und Siemens 2012). Sie wurde vordergründig zum Einsparen von Energie von Ingenieuren entwickelt und dient dem „Messen, Steuern und Regeln von Anlagen“ (WILO SE 2015). Sie bezieht sich „auf die eng oder ausschließlich mit dem Gebäude verbundenen technischen Anlagen und Systeme“ (Röwaplan 2016), wie Heizung, Lüftung oder Klima. Bei einem Smart Building sind zusätzlich noch Brand- und Einbruchmeldesysteme, Zutrittskontroll- und Zeiterfassungssysteme, Videoüberwachungs- und Steuerungssysteme, audio-, video- und medientechnische Systeme und weitere Komponenten im System integriert (Röwaplan 2016). Der Fokus liegt hier auf der Steuerung von Assistenzsystemen für mehr Komfort und Sicherheit. Weiter unterscheiden sie sich noch in den eingesetzten Technologien. Während bei der klassischen Gebäudeautomation eher kabelgebundene Systeme zum Einsatz kommen, wird in einem Smart Building auf funkbasierte Lösungen gesetzt. Die Gebäudeautomation und Smart Building-Lösungen werden aber mehr und mehr zusammenwachsen und eine Einheit bilden (WILO SE 2015).

Der moderne Ansatz für die Instandhaltung von Industrieunternehmen ist das Industrial Internet of Things (IIoT). Daten können von drahtlosen Sensoren stammen und müssen beispielsweise an Ausrüstungsgegenständen installiert sein und dann in ein Sensornetzwerk integriert werden zu können. Die umfassende Datenanalyse kann für ein umfassendes Energiemanagement der betroffenen Gebäude genutzt werden (Abdullin et al. 2020).

### 4.4 Smart Building Technologie

Eine Smart Building Architektur besteht aus drei Hauptebenen:

- erstens die Hardware- oder Sensorebene,
- zweitens die Software-Steuerungsebene und
- drittens die Anwendungsebene.

Es bedarf robuster Softwareschichten, um die Kommunikation zwischen den Gerätegruppen zu ermöglichen und alle erforderlichen Aktionen auszuführen. Die jeweilige Softwaresteuerung hängt von den verschiedenen Anwendungen, für die die IoT-Geräte konzipiert sind ab. Ein intelligentes Gebäude ist ein Gebäude, das mit modernen Technologien ausgestattet ist, um Abläufe zu automatisieren und um den Energieverbrauch zu reduzieren. „Intelligente Gebäude“ verwenden eine vernetzte Architektur von Sensoren/Aktoren, die direkt mit

verschiedenen Gebäudeteilsystemen (wie Beleuchtung, HLK, Aufzüge und Überwachung) verbunden sind. Steuerungskonfigurationen können entweder zentralisiert oder dezentralisiert sein. Zentralisierte Gebäudesteuerungen sind meistens effizienter, weisen aber nur eine einzige Fehlerquelle auf. Dezentrale oder verteilte Architekturen sind komplexer in der Ausführung, bieten aber eine bessere Risikominderung (Yaïci et al. 2021).

Um die Anzahl der Steuerungszentralen auf eine einzige „einheitliche Bedienoberfläche“ (Eichstädt-Engelen und Kreuzer 2014) zu reduzieren und somit alle Systeme, Geräte und sonstige Komponenten von verschiedenen Anbietern, wenn diese offen zugänglich sind, einheitlich zu steuern und zu kombinieren, stehen verschiedene Plattformen zur Verfügung. Mit diesen Plattformen ist es auch möglich die Komponenten zu verbinden und durch Regeln automatisiert zu steuern.

#### 4.5 openHAB

OpenHAB<sup>7</sup> ist eine Java-basierte Open Source Heimautomatisierungs-Lösung. Dabei wird die Möglichkeit genutzt, Sensoren einzubinden, um Einrichtungen zu überwachen. Der Vorteil von openHAB ist, dass es quelloffen für jeden kostenlos zur Verfügung steht. Zudem kann das Smart Home Projekt auf der Eclipse<sup>8</sup>-Umgebung mit Hilfe einer großen und aktiven Community realisiert werden. Nachteilig ist bei dem Einsatz von openHAB der erforderliche technische Hintergrund, um die Konfiguration der Automatisierungsplattform durchzuführen (Eichstädt-Engelen und Kreuzer 2014).

Die Funktionen und Anwendungen von openHAB lassen sich beliebig konfigurieren und sind vom Endgerät unabhängig. Dies funktioniert mit sogenannten „Bindings“, die größtenteils von der openHAB-Community entworfen werden. Damit ist es u.a. möglich, verschiedene Hersteller von Modulen miteinander zu verbinden. Dies bietet Anwendern neue Möglichkeiten, um individuelle Lösungen für ein smartes Gebäude zu realisieren (Becker 2014, S. 68–73).

Im Teilprojekt 2 „Smart Wireless Solutions for Industrial Buildings“ des Folgeprojekts „Sensoren und Simulation für Energieeffizienz und Umwelt“ (SenSim4iCity) der Forschungspartnerschaft iCity an der HFT Stuttgart, dass am 01.07.2022 startet, wird geplant openHAB zu verwenden, um eine Benutzeroberfläche für das Facility Management am Standort Schwieberdingen zu generieren.

### 5 Entwicklung der Use Cases

Eine erste Ideensammlung erfolgte zusammen mit dem Kooperationspartner Bosch, in der Use Cases zur Machbarkeitsüberprüfung ausgewählt wurden. Bezüglich der definierten Ziele erfolgte eine Ermittlung der Anforderungen für die Auswahl der Use Cases, sowie der Auswahl geeigneter Beispielgebäude für die Basisinstallationen. Innerhalb der Forschungsgruppe Digitalisierung und Informationsmanagement (FGDI), vormals Forschungsgruppe Informationslogistik (FGIL), an der HFT Stuttgart, unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Dieter

---

<sup>7</sup> <https://www.openhab.org/>

<sup>8</sup> <https://www.eclipse.org/downloads/>



Uckelmann wurden in mehreren Workshops Methoden zur Use Case Erfassung erprobt und ein Standard-Steckbrief erarbeitet und definiert.

Auf Basis des Use Case Standard-Steckbriefes wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt. In den nachfolgenden Tabellen sind

- die Rechercheergebnisse,
- die Anforderungen der Use Cases sowie
- der Bosch Status Quo

dargestellt. Zur Ziel- und Zweckorientierung erfolgte zusätzlich zu der spezifischen, wissenschaftlichen Literatur noch eine Analyse auf Basis von Herstellerquellen.

## 5.1 Use Case 1: Intelligentes Raumbuchungs- und Belegungsmonitoring

Name	Intelligentes Raumbuchungs- und Belegungsmonitoring
Titel	Digitaler Zwilling „Raumbelegung“
Idee / Beschreibung	Die Verknüpfung von Buchungssystemen und Raummeldern ermöglicht die Buchung verschiedener Gebäudebereiche (z.B. Arbeitsräume) inklusive gewünschter Teilnehmerzahl und entsprechendem Equipment. Die Buchung erfolgt über die Systeme Microsoft Outlook und eRoom in Verknüpfung mit Sensoren und Aktoren. Das Ziel dieses Use Cases ist die Vereinfachung des Raummanagements und die optimale Flächennutzung.
Problemstellung	Derzeit kann es zu leerstehenden Räumen kommen, wenn diese zwar gebucht, aber tatsächlich nicht genutzt werden. Weitere Herausforderungen entstehen bei den Schnittstellen der Prozessabläufe für die Buchungssysteme, beispielsweise bei Aufhebungen von Buchungen.
Ziele	Räume, Geräte und Assets, hersteller- und technologieübergreifend einzubinden, sowie die Software an die Anforderungen der Robert Bosch GmbH entsprechend anzupassen. Erreicht werden soll eine optimale Flächenauslastung mit mehr Komfort für Gebäudenutzer.
Zielgruppen	Facility Managende
Nutzungsszenario	Herr A bucht einen Besprechungsraum für den 15. März um 13:00 Uhr. Aufgrund von Terminüberschneidungen wird die Raumbuchung aber kurzfristig überflüssig. Herr A vergisst die Raumbuchung aufzuheben. Der Bewegungssensor im Raum erkennt, dass der Raum nicht belegt ist und meldet dies an ein System, das die Raumbuchung um 13:15 Uhr im Buchungssystem aufhebt. Der Raum steht somit für kurzfristige Besprechungen wieder zur Verfügung.
Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verzweigung aus Outlook in eRoom, Rückmeldung aus eRoom in Outlook-Einladung</li> <li>• Alle Besprechungs-/Konferenzräume sind in Outlook/eRoom erfasst <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 1. Priorität, Outlook-Schnittstellen erfassen für Beispielbuchungen</li> <li>◦ 2. Priorität, eRoom Schnittstellenerfassen für Beispielbuchungen</li> </ul> </li> <li>• Benachrichtigungen und Aufhebung der Buchungen</li> <li>• Schnittstellenbeschreibungen</li> </ul>
Status Quo	Kleinere Räume können über Outlook gebucht werden. Größere über eRoom (ab 30 Personen); auch für Medientechnik und Catering. Werden belegte Räume nur virtuell angezeigt, oder wird der Raum real als belegt gekennzeichnet via Bildschirmanzeige, oder Schild vor der Tür. Belegte Räume werden normalerweise nicht virtuell angezeigt, nur bei größeren Räumen. Das Problem hierbei sind meist „Doppelbuchung“, aber nicht genutzte Räume. Häufig frequentierte Arbeitsbereiche werden noch nicht sensorisch erfasst. Dies ist aber von Bosch gewünscht. Z.T. sind Arbeitsplätze bereits reservierbar. Eine funkbasierte Flächenerfassung mittels Unterschreibtischsensoren wäre allerdings besser. Ggf. zusätzlich die Ein- und Ausgänge zählen (People Counting).
Mögliche Technologien	Funkkommunikation: LoRaWAN, WLAN, RFID, BLE Sensorik: Echtzeit-Lokalisierungs-Systeme (vgl. xArray, MIST, Omlox, ...)
Beispiele aus der wissenschaftlichen	Grundlagen: 1. Smart Buildings: Erfolgskritische Trends und Anwendungsfälle für Gebäudeplanung und Betrieb, <a href="https://atpinfo.de/wp-content/uploads/2021/03/Studie-2021-Smart-Buildings-Erfolgskritische-Trends-und-Anwendungsfalle-fuer-Gebaeudeplanung-und-Betrieb.pdf">https://atpinfo.de/wp-content/uploads/2021/03/Studie-2021-Smart-Buildings-Erfolgskritische-Trends-und-Anwendungsfalle-fuer-Gebaeudeplanung-und-Betrieb.pdf</a>



<p>Literatur (Link-sammlung)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Building automation systems: Concepts and technology review: (keine Standards kein Ansatz überwindet Heterogenität), <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920548915001361?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920548915001361?via%3Dihub</a></li> <li>Hinweise für Planung, Ausführung und Betrieb der Gebäudeautomation in öffentlichen Gebäuden (Gebäudeautomation 2019), <a href="https://www.amev-online.de/AMEVInhalt/Planen/Gebaeude-automation/GA%202019/AMEV_GA2019_2019-03-29.pdf">https://www.amev-online.de/AMEVInhalt/Planen/Gebaeude-automation/GA%202019/AMEV_GA2019_2019-03-29.pdf</a></li> <li>Das Gebäude als Interface zwischen Mensch und Raum, <a href="https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s35764-018-0084-z.pdf">https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s35764-018-0084-z.pdf</a></li> <li>Recent Advances in Internet of Things (IoT) Infrastructures for Building Energy Systems: A Review, <a href="https://www.mdpi.com/1424-8220/21/6/2152/htm#%20%20">https://www.mdpi.com/1424-8220/21/6/2152/htm#%20%20</a> (siehe Seite 22 ff, 28 Ff 36 ff)</li> </ol> <p>Spezifische Literatur:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Sánchez, L. M., Díaz-Oreiro, I., Quesada, L., Guerrero, L. A., &amp; López, G. (2019, August). Smart Meeting Room Management System Based on Real-Time Occupancy. In 2019 IV Jornadas Costarricenses de Investigación en Computación e Informática (JoCICI) (pp. 1-6). IEEE. <a href="https://ieeexplore.ieee.org/document/9105174">https://ieeexplore.ieee.org/document/9105174</a></li> <li>Patel, J., &amp; Panchal, G. (2018). An IoT-based portable smart meeting space with real-time room occupancy. In <i>Intelligent Communication and Computational Technologies</i> (pp. 35-42). Springer, Singapore. <a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-5523-2_4">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-5523-2_4</a></li> <li>Bulla, C., Mane, P., Kabade, P., Madiwal, P., &amp; Galatage, P. Conference Room Booking Ssystem Across Multiple Ministries/Department In Different Buildings. <a href="https://www.researchgate.net/profile/Chetan-Bulla/publication/317357721_CONFERENCE_ROOM_BOOKING_SYSTEM_ACROSS_MULTIPLE_MINISTRIESDEPARTMENT_IN_DIFFERENT_BUILDINGS/links/5936554b0f7e9bbee7ec0487/CONFERENCE-ROOM-BOOKING-SYSTEM-ACROSS-MULTIPLE-MINISTRIES-DEPARTMENT-IN-DIFFERENT-BUILDINGS.pdf">https://www.researchgate.net/profile/Chetan-Bulla/publication/317357721_CONFERENCE_ROOM_BOOKING_SYSTEM_ACROSS_MULTIPLE_MINISTRIESDEPARTMENT_IN_DIFFERENT_BUILDINGS/links/5936554b0f7e9bbee7ec0487/CONFERENCE-ROOM-BOOKING-SYSTEM-ACROSS-MULTIPLE-MINISTRIES-DEPARTMENT-IN-DIFFERENT-BUILDINGS.pdf</a></li> <li>Tran, L. D., Stojcevski, A., Pham, T. C., de Souza-Daw, T., Nguyen, N. T., Nguyen, V. Q., &amp; Nguyen, C. M. (2016, July). A smart meeting room scheduling and management system with utilization control and ad-hoc support based on real-time occupancy detection. In 2016 IEEE Sixth International Conference on Communications and Electronics (ICCE) (pp. 186-191). IEEE. <a href="https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7562634">https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7562634</a></li> <li>Azizi, S., Nair, G., Rabiee, R., &amp; Olofsson, T. (2020). Application of Internet of Things in academic buildings for space use efficiency using occupancy and booking data. <i>Building and environment</i>, 186, 107355. <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132320307241">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132320307241</a></li> </ol>
<p>Beispiele von Technologie-anbietern und Integratoren</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Erfassung der Auslastung mittels Sensoren: In enger Abstimmung – auch mit dem Betriebsrat – wurden 1.350 Sensoren an 1.000 Arbeitsplätzen und in 150 Besprechungsräumen angebracht. Zusätzlich wurden drei Sigfox-Antennen/Router verbaut, um die Netzabdeckung im Gebäude sicherzustellen, das insgesamt 17.000 m² umfasst, (<a href="https://bosch.io/de/kunden/gebaeude/bosch-smart-in-abstatt-kosten-durch-optimierte-flaechenauslastung/">https://bosch.io/de/kunden/gebaeude/bosch-smart-in-abstatt-kosten-durch-optimierte-flaechenauslastung/</a>)</li> <li>KI-gestützte IoT –Use-Cases skalierbare Geschäftsmodelle etablieren: Viele praktische Dienste mit dem Digital Building Twin. Gebäudemanagement mit Zusammenführung der Daten aus unterschiedlichen Systemen. Daraus entstehen detaillierte Kenntnisse über Ausnutzung von Flächen im Gebäude und somit Lösungen für das Raummanagement. Mit einem digitalen Gebäudewilling lässt sich künftig ein virtuelles Abbild des physischen Gebäudes, inklusive der erforderlichen Gebäudetechnik, mitsamt Systemen, Geräten, Sensoren und Aktoren erstellen. Anhand dieses zusammenhängenden Bildes können die Datenpakete einzelner Komponenten miteinander vernetzt und neue Services realisiert werden. Diese können sowohl für die Erstellung neuer Geschäftsmodelle als auch für praktische Hilfen im Alltag nützlich sein, <a href="https://bosch.io/de/use-cases/">https://bosch.io/de/use-cases/</a>, <a href="https://www.boschbuildingsolutions.com/de/de/news-und-events/digitalisierung/">https://www.boschbuildingsolutions.com/de/de/news-und-events/digitalisierung/</a></li> <li>Connected Building Services und kundenindividueller Hardware, wie z.B. Gebäudesensoren, Kameras oder Bluetooth Beacons. Die Zuordnung einer Beacon-Nummer zu einer bestimmten Person erfolgt außerhalb der Cloud, auf Anwenderseite. Nur autorisiertes Personal hat vollen Zugriff auf die Daten. Herausforderungen am Arbeitsplatz in Zeiten einer Pandemie, <a href="https://bosch.io/de/use-cases/gebaeude/sichere-arbeitsplaetze-in-pandemie-zeiten/">https://bosch.io/de/use-cases/gebaeude/sichere-arbeitsplaetze-in-pandemie-zeiten/</a></li> <li>Bei Verwendung von Smart Locks und den Google Kalender. Nur wer im Kalender eingetragen ist, erhält Zugang, z.B. über eine automatische Buchung, wenn Bewegung im Raum erkannt wird, <a href="https://conradconnect.com/de/blog/raumbuchungen-intelligent-automatisieren-mit-dem-internet-things">https://conradconnect.com/de/blog/raumbuchungen-intelligent-automatisieren-mit-dem-internet-things</a></li> <li>Flächenbelegung und -auslastung müssen gemeinsam betrachtet werden. Es können mehr valide Einblicke in die tatsächliche Nutzung der Flächen generiert werden, wenn die Raumnutzung in Echtzeit gemessen wird. Das ist Raumbelegung, die nicht nur auf der Raumzuteilung basiert, sondern auch auf der tatsächlichen Raumnutzung und zudem einen Einblick darüber gibt, wie viel Fläche in jedem Moment eines jeden Tages verfügbar ist. Eine erfolgreiche Methode ist die Verwendung von Sensoren, die messen, ob ein Arbeitsplatz oder ein Besprechungsraum von Personen belegt ist oder nicht, <a href="https://planonsoftware.com/de/ressourcen/blogs/wie-echtzeitmessung-der-raumnutzung-facility-managern-valide-einblicke-in-die-tatsachliche-flaechenauslastung-ermoglicht/">https://planonsoftware.com/de/ressourcen/blogs/wie-echtzeitmessung-der-raumnutzung-facility-managern-valide-einblicke-in-die-tatsachliche-flaechenauslastung-ermoglicht/</a></li> <li>Die Gebäude-Technik (Online-Magazin für TGA und SHK), <a href="https://die-gebaeudetechnik.de/dem-raetsel-um-die-raumauslastung-auf-der-spur/">https://die-gebaeudetechnik.de/dem-raetsel-um-die-raumauslastung-auf-der-spur/</a></li> <li>Die Vector Space Sense App von Honeywell verbessert auch die HLK-Steuerung innerhalb eins Gebäudes, <a href="https://buildings.honeywell.com/us/en">https://buildings.honeywell.com/us/en</a></li> </ol>

	<p>8. RaumfürRaum Buchungssystem, individueller Service, interaktiv, Technikbestellung auf Knopfdruck, IT-Infrastruktur Anbindung, SAP-Anbindung, Videokonferenzen managen, Displays um Wegeleitung Workflow zur Raumbuchung, <a href="https://www.raumverwaltung.de/produkte/raumverwaltung/?gclid=EAlalQobChMIudnR7Y7T8QIVq_93Ch1uSq4tEAAAYASAAEgIqVd_BwE">https://www.raumverwaltung.de/produkte/raumverwaltung/?gclid=EAlalQobChMIudnR7Y7T8QIVq_93Ch1uSq4tEAAAYASAAEgIqVd_BwE</a></p> <p>9. RoomZ, Erweiterbar, voll interaktiv, shared desk, intelligente Verwaltung gesamter Bürofläche Anbindung an existierendes Buchungssystem, Intelligent Offices, Social Distancing-Steuerung, Gebäudeauslastung, Reinigung, Smart Desk Buchung, Room-Viewer, <a href="https://roomz.io/?lang=de&amp;campaign=9645228950&amp;content=426160926878&amp;keyword=raum%20buchen&amp;gclid=EAlalQobChMIudnR7Y7T8QIVq_93Ch1uSq4tEAAAYAAEgIThfD_BwE">https://roomz.io/?lang=de&amp;campaign=9645228950&amp;content=426160926878&amp;keyword=raum%20buchen&amp;gclid=EAlalQobChMIudnR7Y7T8QIVq_93Ch1uSq4tEAAAYAAEgIThfD_BwE</a></p> <p>10. Mobilfunk Daten von Sensoren und Messgeräten werden von Funkgateways (via LoRa-Funk) bzw. Datenloggern gesammelt und anschließend per Mobilfunk an die LineMetrics Cloud übermittelt. Gute Übersicht über Lo-Ra-Sensoren! Technische Anlagen überwachen, Service on Demand, Notausfahrten freihalten, Zutrittsüberwachung, Flächennutzung, Raum- und Lufttemperaturüberwachung, Parkplatz-Überwachung, Frequenzoptimierungen bei Schlangen an der Kasse. Anonyme Erfassung von Personen mittels Bewegungs- und Infrarotsensor, Asset Tracking, <a href="https://www.linemetrics.com/de/anwendungsfaelle/raumauslastung-und-nutzung/">https://www.linemetrics.com/de/anwendungsfaelle/raumauslastung-und-nutzung/</a>, <a href="https://www.linemetrics.com/wp-content/uploads/2020/09/LineMetrics-Praxis-Guide-Facility-Management-2.pdf">https://www.linemetrics.com/wp-content/uploads/2020/09/LineMetrics-Praxis-Guide-Facility-Management-2.pdf</a> <a href="https://www.linemetrics.com/de/plattform/sensoruebersicht/">https://www.linemetrics.com/de/plattform/sensoruebersicht/</a></p> <p>11. Mobile App Zoneneinrichtung zeigt an welcher Arbeitsplatz frei ist, Smart Workspace ist eine App, die sich im digitalen Arbeitsplatz integrieren lässt, benutzt den Sensor von Steinel, Büroflächen Datengetrieben zu optimieren, anpassbar und in alle bestehenden Prozesse implementieren, <a href="https://www.steinell.de/de/lights-sensors/anwendungen/anwendungen/buero-arbeitswelten/">https://www.steinell.de/de/lights-sensors/anwendungen/anwendungen/buero-arbeitswelten/</a></p> <p>12. Drahtlose Tischbelegungssensoren erkennen und überwachen die von einer am Schreibtisch sitzenden Person abgegebene Passiv-Infrarot-Strahlung (PIR) genau. Wenn eine Person das Sichtfeld des Sensors betritt, erkennt der Sensor eine Bewegung und teilt mit, dass eine Person in diesem Raum anwesend ist, ohne Personen in der Umgebung zu erkennen. <a href="https://www.pressac.com/desk-occupancy-sensors/">https://www.pressac.com/desk-occupancy-sensors/</a>, <a href="https://www.pressac.com/room-occupancy-sensors/">https://www.pressac.com/room-occupancy-sensors/</a></p>
Gewähltes Vorgehen / Lösungsansatz	Gebäudebereiche (Räume/Arbeitsplätze), die tatsächlich für diese Zwecke genutzt werden und noch nicht in der GLT erfasst sind, sollen mit drahtlosen Sensoren und Aktoren ausgestattet werden. Gleichzeitig müssen die benötigten Schnittstellen zu den im Hause Bosch verwendeten Buchungssoftwares Microsoft Outlook und eRoom ermittelt werden, damit der passende Raum für die gewünschte Teilnehmerzahl mit dem benötigten Equipment/Ressourcen gebucht werden kann.
Risiken und Gegenmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datenschutz: Betriebsrat einbinden</li> <li>Mangelnde Zuverlässigkeit der Sensoren bzw. des Systems: Testreihen und iterative Verbesserungen</li> </ul>
Offene Fragen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bleiben die Systeme getrennt oder werden diese verknüpft?</li> <li>Handelt es sich nur um Besprechungs-/Konferenzräume? <ul style="list-style-type: none"> <li>Oder auch Prüfräume, Prüfstände, ...</li> </ul> </li> </ul>
Erweiterbarkeit	<p>Arbeitsplatzbelegung erfassen (Drahtlose Tischbelegungssensoren erkennen und überwachen die von einer am Schreibtisch sitzenden Person abgegebene Passiv-Infrarot-Strahlung (PIR) genau. Wenn eine Person das Sichtfeld des Sensors betritt, erkennt der Sensor eine Bewegung und teilt mit, dass eine Person in diesem Raum anwesend ist, ohne Personen in der Umgebung zu erkennen.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><a href="https://www.pressac.com/desk-occupancy-sensors/">https://www.pressac.com/desk-occupancy-sensors/</a></li> <li><a href="https://www.pressac.com/room-occupancy-sensors/">https://www.pressac.com/room-occupancy-sensors/</a></li> </ul>

## 5.2 Use Case 2: Raumlufthkonzept mit CO<sub>2</sub>-Ampeln

Name	Raumlufthkonzept mit CO2 Ampeln
Titel	Digitaler Zwilling „Raumlufth“
Idee / Beschreibung	CO <sub>2</sub> -Ampeln kommen zur Messung der CO <sub>2</sub> -Konzentration in Innenräumen zur Verbesserung der Luftqualität zum Einsatz. Momentan werden sie auch als Schutzmaßnahme während der COVID-19-Pandemie eingesetzt. Die angebrachte Farbcodierung „grün, gelb, rot“ gibt Hinweise zum rechtzeitigen Lüften. Alle Gebäude/Räume der Liegenschaft Schwieberdingen ohne Lüftungstechnik sollen mit CO <sub>2</sub> -Ampeln ausgestattet werden, um die Raumlufthygiene sicherzustellen. Die Information soll für alle Mitarbeitenden zur Verbesserung der Konzentrationsfähigkeit und zum Wohlbefinden ersichtlich sein.

Problemstellung	Alle älteren Gebäude mit CO <sub>2</sub> -Ampeln auszustatten und zu vernetzen. Sensoren an beliebigen Stellen anzubringen, um eine lückenlose Überwachung der Luftqualität sicherzustellen. CO <sub>2</sub> -Ampel (je Raum), keine Anbindung an zentrale Systeme.
Ziele	Alle Bereiche, die nicht an die klassische GLT angeschlossen sind, mit drahtlos Technologien zu vernetzen, um das Gebäudemanagement mit zusätzlichen Messpunkten, -daten, und -werten zum Komfort aller Gebäudenutzenden zu erweitern.
Zielgruppen	Facility Managende
Nutzungsszenario	Herr S kommt um 08:00 Uhr ins Büro. Seit der Covid-19-Pandemie fällt sein erster Blick auf die zwischenzeitlich in allen Räumen installierte CO <sub>2</sub> -Ampel. Bei seiner Ankunft leuchtet sie grün. Um 08:30 Uhr beginnen seine mit ihm Arbeitenden ihren Arbeitstag. Ab ca. 09:15 Uhr wechselte die Farbe der CO <sub>2</sub> -Ampel auf gelb. Um eine rote Anzeige auf der CO <sub>2</sub> -Ampel zu vermeiden, wird jetzt der Raum 15 Minuten durchgelüftet.
Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>für Räume/Gebäude ohne Lüftungstechnik</li> <li>lokal oder vernetzt via openHAB</li> <li>Anzeige zur Information der Mitarbeitenden</li> </ul>
Status Quo	CO <sub>2</sub> -Ampeln der HFT wären denkbar und per Plug&Play leicht zu installieren. Es gibt schon einige LoRaWAN-fähige CO <sub>2</sub> -Ampeln im Einsatz, bisher ohne Funkverbindung und zentralen Plattform. Diese könnten erweitert werden (EnOcean Deuta-Control).
Mögliche Technologien	Funkkommunikation: LoRaWAN, WLAN, MQTT, EnOcean Sensorik: CO <sub>2</sub> -Sensoren (vgl. SCD30, EnoPuck CO <sub>2</sub> )
Beispiele aus der wissenschaftlichen Literatur (Linksammlung)	<p>Grundlagen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Forschungsfreiheit versus gesellschaftliche Verantwortung Kosteneffizienz CO<sub>2</sub> Seite 42+43!! <a href="https://www.ovgu.de/unimagdeburg_media/Presse/Dokumente/Pressemitteilungen/2020/Forschungsmagazin+Guericke+20+Doppelseite.pdf">https://www.ovgu.de/unimagdeburg_media/Presse/Dokumente/Pressemitteilungen/2020/Forschungsmagazin+Guericke+20+Doppelseite.pdf</a></li> <li>HFT-Anleitung Kostengünstig zum Selberbauen, <a href="https://www.hft-stuttgart.de/forschung/news/co2-ampel-lueften-gegen-covid-19">https://www.hft-stuttgart.de/forschung/news/co2-ampel-lueften-gegen-covid-19</a></li> <li>Hochschule Trier COVID-Aerosole Forscher entwickeln IoT-O2-Ampel, <a href="https://www.hochschule-trier.de/forschung/forschungsprofil/aktuelles/detail/covid-19-aerosole-forscher-entwickeln-iot-co2-ampel">https://www.hochschule-trier.de/forschung/forschungsprofil/aktuelles/detail/covid-19-aerosole-forscher-entwickeln-iot-co2-ampel</a></li> <li>Politische Informationen zur CO<sub>2</sub> Speicherung <a href="https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/carbon-capture-storage#klimapolitische-einordnung-von-ccs">https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/carbon-capture-storage#klimapolitische-einordnung-von-ccs</a></li> </ol> <p>Praxisbeispiel:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Kleines Handbuch Klimaschutz 50 Tipps zum Klimaschutz in Schulen, <a href="https://www.ham-burg.de/contentblob/10280162/4d35fbd6c19774fd176326bab69077ff/data/handbuch-klimaschutz-schule.pdf">https://www.ham-burg.de/contentblob/10280162/4d35fbd6c19774fd176326bab69077ff/data/handbuch-klimaschutz-schule.pdf</a></li> </ol> <p>Spezifische Literatur:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Bhagat, R. K., Wykes, M. D., Dalziel, S. B., &amp; Linden, P. F. (2020). Effects of ventilation on the indoor spread of COVID-19. <i>Journal of Fluid Mechanics</i>, 903. <a href="https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-fluid-mechanics/article/effects-of-ventilation-on-the-indoor-spread-of-covid19/CF272DAD7C27DC44F6A9393B0519CAE3">https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-fluid-mechanics/article/effects-of-ventilation-on-the-indoor-spread-of-covid19/CF272DAD7C27DC44F6A9393B0519CAE3</a></li> <li>Di Gilio, A., Palmisani, J., Pulimeno, M., Cerino, F., Cacace, M., Miani, A., &amp; de Gennaro, G. (2021). CO<sub>2</sub> concentration monitoring inside educational buildings as a strategic tool to reduce the risk of SARS-CoV-2 airborne transmission. <i>Environmental research</i>, 202, 111560. <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935121008549">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935121008549</a></li> <li>Pietrapertosa, F., Tancredi, M., Giordano, M., Cosmi, C., &amp; Salvia, M. (2020). How to prioritize energy efficiency intervention in municipal public buildings to decrease CO<sub>2</sub> emissions? A case study from Italy. <i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i>, 17(12), 4434. <a href="https://www.mdpi.com/1660-4601/17/12/4434">https://www.mdpi.com/1660-4601/17/12/4434</a></li> <li>Eykelbosh, A. (2021). Indoor CO<sub>2</sub> Sensors for COVID-19 Risk Mitigation: Current Guidance and Limitations. <i>Vancouver, BC: National Collaborating Centre for Environmental Health</i>. <a href="https://nccch.ca/documents/field-inquiry/indoor-co2-sensors-covid-19-risk-mitigation-current-guidance-and">https://nccch.ca/documents/field-inquiry/indoor-co2-sensors-covid-19-risk-mitigation-current-guidance-and</a></li> </ol>
Beispiele von Technologieanbietern und Integratoren	<ol style="list-style-type: none"> <li>Stiftung Warentest Preise zwischen € 90,- und € 50,-, <a href="https://www.test.de/CO2-Messgeraete-und-Ampeln-im-Test-Gute-Geraete-gibts-schon-fuer-unter-100-Euro-5709239-0/">https://www.test.de/CO2-Messgeraete-und-Ampeln-im-Test-Gute-Geraete-gibts-schon-fuer-unter-100-Euro-5709239-0/</a></li> <li>Digitale Messstation LabPi (inkl. Software) Preis ca. € 65,-, Air quality: An inexpensive CO<sub>2</sub> indicator for the classroom with LabPi, <a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ckon.202100036?saml_referrer">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ckon.202100036?saml_referrer</a></li> <li>CO<sub>2</sub>-Ampeln für Klassenzimmer <a href="https://www.sauter-cumulus.de/wp-content/uploads/sites/11/2020/11/SAUTER_CO%E2%82%82_Ampelsystem_11_2020.pdf">https://www.sauter-cumulus.de/wp-content/uploads/sites/11/2020/11/SAUTER_CO%E2%82%82_Ampelsystem_11_2020.pdf</a></li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Funksensoren für alle Use Cases (z.B. CO<sub>2</sub>) rund um Gebäude und technische Anlagen → über LoRa Daten erfassen → Gateway anstecken und Übertragung aktivieren → Gebäudedaten analysieren <a href="https://www.linemetrics.com/wp-content/uploads/2020/09/LineMetrics-Praxis-Guide-Facility-Management-2.pdf">https://www.linemetrics.com/wp-content/uploads/2020/09/LineMetrics-Praxis-Guide-Facility-Management-2.pdf</a></li> <li>5. CO<sub>2</sub> Kohlendioxid Messgeräte im Vergleich <a href="https://luftbewusst.de/co2-messgeraet">https://luftbewusst.de/co2-messgeraet</a></li> <li>6. Vergleich, Platzierung <a href="https://www.epluse.com/de/produkte/co2-messung/">https://www.epluse.com/de/produkte/co2-messung/</a>, <a href="https://www.epluse.com/de/produkte/co2-messung/co2-messgeraete/co2quard10/?qclid=EALaQobChMluevrtplT8QIVjdd3Ch1KBQcFEAAAYAAAEgKEyvD_BwE">https://www.epluse.com/de/produkte/co2-messung/co2-messgeraete/co2quard10/?qclid=EALaQobChMluevrtplT8QIVjdd3Ch1KBQcFEAAAYAAAEgKEyvD_BwE</a></li> <li>7. CO<sub>2</sub>-Ampeln → Platzierung <a href="https://www.deutschlandfunk.de/corona-und-aerosole-co2-ampeln-als-erinnerung-zum-lueften.697.de.html?dram:article_id=491996">https://www.deutschlandfunk.de/corona-und-aerosole-co2-ampeln-als-erinnerung-zum-lueften.697.de.html?dram:article_id=491996</a></li> <li>8. Ähnliches Beispiel: <a href="https://www.smart-city-solutions.de/mit-lorawan-warnampeln-das-corona-infektionsrisiko-senken/">https://www.smart-city-solutions.de/mit-lorawan-warnampeln-das-corona-infektionsrisiko-senken/</a></li> </ol>
Gewähltes Vorgehen / Lösungsansatz	Zur Vernetzung der Gebäude ohne Lüftungstechnik ist der Datentransfer via WLAN und LoRaWAN möglich! Die Herausforderung besteht darin die Funksensoren flexibel für die neuen Anwendungsfälle in ein Firmennetzwerk einzubinden bzw. Schnittstellen zu finden.
Risiken und Gegenmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlfunktion (Fehlmesung) der CO<sub>2</sub>-Ampel, z.B. regelmäßige Testszenarien</li> <li>• Fehlende User-Akzeptanz, Informationsmaßnahmen (Richtiges Lüften, ...)</li> </ul>
Offene Fragen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche CO<sub>2</sub>-Ampeln sind in Betrieb? Genauer Typ? Wie viele sind in Betrieb? LoRaWAN-Schnittstelle? Wo in Betrieb (Gebäude/Räume)? Entfernung zum LoRaWAN-Gateway?</li> </ul>
Erweiterbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zentrales Monitoring der Daten – Kommunikationsmodul in CO<sub>2</sub>-Ampel notwendig</li> </ul>

### 5.3 Use Case 3: Überwachung kritischer Infrastrukturen wie Feuerwehruzufahrten

Name	Überwachung kritischer Infrastrukturen wie Feuerwehruzufahrten
Titel	Digitaler Zwilling „Platzbelegung“
Idee / Beschreibung	Parkplatzsensoren stellen im Normalfall fest, ob ein Parkplatz belegt oder frei ist. In diesem Use Case sollen zur Unterstützung des Werksschutzes Feuerwehruzufahrten mit Sensoren und/oder Kameras versehen werden, damit beispielsweise bei unberechtigter Nutzung des Platzes eine Warnmeldung an das Facility Management abgesetzt wird.
Problemstellung	Herausfordernd ist, die zu vernetzenden Bereiche/Zufahrten mit dezentralen kabellosen Lösungen abzudecken. Anbindung an Warnsystem über Funk und die entsprechenden Schnittstellen anzusprechen.
Ziele	Sobald eine Feuerwehruzufahrt blockiert wird, soll eine Warnmeldung an den Werksschutz erfolgen.
Zielgruppen	Facility Managende, Werksschützende
Nutzungsszenario	Herr X von der Wartungsfirma Y hat seinen Transporter schon wieder im Zufahrtsbereich der Feuerwehr auf dem Bosch-Gelände in Schwieberdingen abgestellt. Die neu installierten Parkplatzsensoren melden eine Belegung des Zufahrtbereiches und lösen beim Werksschutz eine Warnmeldung aus. Der interne Sicherheitsdienst beseitigt das Hindernis nach einem festgelegten Notfallszenario.
Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kabellose Vernetzung über größere Distanzen</li> </ul>
Status Quo	Feuerwehruzufahrten werden bisher nicht erfasst.
Mögliche Technologien	Funkkommunikation: LoRaWAN Sensorik: Parkplatzsensoren (vgl. Bosch TPS110)
Beispiele aus der wissenschaftlichen Literatur (Linksammlung)	<p>Grundlagen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sensoren auf Asphalt melden per SMS an Ordnungsamt (bei Bosch dann an Werksschutz), siehe Seite 44 Beispiel „Smart City Wendlingen“ (kommunale Digitallotsen) <a href="https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-658-27232-6.pdf">https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-658-27232-6.pdf</a></li> <li>2. Trendthemen und ihre Hintergründe LoRaWAN und IoT- Architektur Punkt 3.2.5 <a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-33144-3_3">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-33144-3_3</a></li> <li>3. Kommunale Videosicherheitstechnik im Aufbruch: von der Verbrechensbekämpfung zum „Smart-City-Sensor“ <a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-27232-6_73">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-27232-6_73</a></li> </ol>

	<p>4. Nutzenpotenziale von Smart Parking <a href="https://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings261/175.pdf">https://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings261/175.pdf</a></p> <p>Spezifische Literatur:</p> <p>5. Khoshelham, K. (2021). Sensors for Parking Occupancy Detection. In #PLACEHOLDER_PARENT_METADATA_VALUE# (pp. 132-142). <a href="https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/50123/9783854480457.pdf?sequence=2#page=150">https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/50123/9783854480457.pdf?sequence=2#page=150</a></p> <p>6. Zakharenko, R. (2019). The economics of parking occupancy sensors. Economics of Transportation, 17, 14-23. <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212012218301072">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212012218301072</a></p> <p>7. Sarker, V. K., Gia, T. N., Ben Dhaou, I., &amp; Westerlund, T. (2020). Smart parking system with dynamic pricing, edge-cloud computing and lora. Sensors, 20(17), 4669. <a href="https://www.mdpi.com/1424-8220/20/17/4669">https://www.mdpi.com/1424-8220/20/17/4669</a></p>
Beispiele von Technologieanbietern und Integratoren	<p>1. Smart Parking Punkt 5.2 und Technologien zur Parkraumerkennung siehe Punkt 5.2.1 <a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-26917-3_5">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-26917-3_5</a></p> <p>2. Reibungslose und effiziente Nutzung und Organisation von Parkflächen, Vorteile von Smart Parking <a href="https://www.smart-city-solutions.de/smart-parking/">https://www.smart-city-solutions.de/smart-parking/</a></p> <p>3. Smart City Stadt Wendlingen, Bericht: Jürgen Veit <a href="https://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.wendlingen-wird-zur-smart-city-der-sensor-erkennt-den-falschparker-sofort.62253c7d-2ab7-4920-bd8f-b99bd35c047c.html">https://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.wendlingen-wird-zur-smart-city-der-sensor-erkennt-den-falschparker-sofort.62253c7d-2ab7-4920-bd8f-b99bd35c047c.html</a></p> <p>4. Parksensoren + Kommunikationstechnologie optimieren die Auslastung des Parkraums / „Parking Apps“ zeigt freie Parkplätze an und Falschparker werden identifiziert Videosensorik + Bodensensorik, Smart Comfort Parking Punkt 78.2.4, Die intelligente Straßenlaterne als Ankerpunkt für innovative Smart-City-Konzepte <a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-27232-6_78">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-27232-6_78</a></p>
Gewähltes Vorgehen / Lösungsansatz	Für die Parkplatzsensoren kann bspw. LoRaWAN zum Einsatz kommen. Visualisierung und Bereitstellung der Informationen soll über eine interne App erfolgen. Herausfordernd ist, die zu vernetzenden Bereiche/Zufahrten mit dezentralen kabellosen Lösungen abzudecken.
Risiken und Gegenmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitnahe Ahndung (ggf. kein direkter Kontakt zu den Fahrern), ggf. Erfassung der Mobilfunknummer</li> <li>• Bewertung des Vorfalls als Bagatelle durch den Fahrer, Sanktionskatalog, Erfassung wiederholter Verstöße</li> <li>• Fehlfunktion des Sensors, Überprüfungsprozess definieren</li> </ul>
Offene Fragen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gibt es Daten wie viele Parkplätze belegt sind?</li> <li>• Firmenparkplätze an Wochenenden bei Smart-Parking- Apps integrieren - hätte dies einen Mehrwert für Bosch? (evtl. Bezahlung)</li> <li>• Gibt es Parkplätze, die jetzt schon elektronisch verwaltet werden (welche Technologie)?</li> </ul>
Erweiterbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überwachung der Parkplatzbelegung</li> <li>• Ggf. lokale Warnsignalisierung für ein direktes Feedback zum Fahrer</li> </ul>

## 5.4 Use Case 4: Intelligente funkbasierte Stromzähler

Name	Intelligente funkbasierte Stromzähler
Titel	Digitaler Zwilling „Verbrauch“
Idee / Beschreibung	In den älteren Gebäuden der Liegenschaft gibt es noch keine detaillierten Stromzähler. Für die verschiedenen Nutzungsarten von Strom, wie bspw. Licht, Lüftung etc. gibt es mit der vorhandenen Technik in den älteren Gebäuden keine Möglichkeit der Unterscheidung. Daher besteht großes Interesse an der Aufrüstung mit LoRaWAN, um Betriebskostenunterschiede gegenüber den neueren Gebäuden aufzudecken. Auswahl von Beispielgebäuden und Ausstattung mit intelligenten Stromzählern (iMsys Darstellung des Energieverbrauchs, tatsächliche Nutzungszeiten. Das Ziel ist größere Datenpakete auf das SMGW zu übertragen).
Problemstellung	Die Stromzähler, die nicht an die klassische GLT angeschlossen sind mit drahtlos Technologien zu vernetzen und mit den unterschiedlichen Schnittstellen/Gateways an das Gebäudemanagement anzubinden.
Ziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Energieverbräuche in einer feineren Granularität zu erfassen</li> <li>• Integration unabhängig vom Bus-System (z.B. über LoRaWAN)</li> <li>• die Effektivität von Sanierungen älterer Gebäude bewerten zu können</li> </ul>
Zielgruppen	Facility Managende

Nutzungsszenario	Frau S aus dem Facility Management möchte die Stromverbräuche für einzelne Bereiche und Prüfstände in Gebäude Z zeitnah überwachen. Dazu geht sie in das Gebäude um den Stromzähler auszulesen. Im Gebäude Z aus dem Baujahr 1967 sind aber nur zentrale Stromzähler installiert, die keinen Aufschluss über Einzelverbräuche geben. Zur besseren und schnelleren Analyse lässt sie digitale Stromzähler mit Funkschnittstelle nachrüsten und die Daten über Open Source Software speichern und anzeigen zu lassen. Nun kann Frau S die aktuellen Stromverbräuche von ihrem Schreibtisch abrufen, Anomalien erkennen und Maßnahmen zur Reduzierung des Stromverbrauchs ergreifen.
Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kostengünstige funkbasierte Stromzähler</li> <li>• kabellose Vernetzung über größere Distanzen und durch Gebäude/Etagen</li> </ul>
Status Quo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bisher Janitza 96s im Einsatz (einfacher wäre allerdings besser), Standard-Messgeräte, aber mehrere Verbraucher auf einem Zähler, Platzbeschränkung, verteilt im Gebäude</li> <li>• Nutzung von Energyplattform.de (Integration wünschenswert)</li> </ul>
Mögliche Technologien	Funkkommunikation: LoRaWAN Sensorik: Klappwandler (vgl. EDL21, KBR 18 + RS485-LoRaWAN Konverter)
Beispiele aus der wissenschaftlichen Literatur (Linksammlung)	<p>Grundlagen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Smart Service Welt 2018 Bosch Connected Building ist eine international aktive Kooperation für intelligent vernetzte Gebäudetechnik von Bosch und der Zumtobel Group AG. Das Angebot umfasst integrierte Systeme für Gebäudemanagement und -sicherheit, z. B. Systeme für die Videoüberwachung, für das Öffnen und Schließen von Türen oder für Einbruchmeldetechnik (Siehe Seite 26 mit openHAB), <a href="https://vdivde-it.de/sites/default/files/document/smart-service-welt-Innovationsbericht_2018_0.pdf">https://vdivde-it.de/sites/default/files/document/smart-service-welt-Innovationsbericht_2018_0.pdf</a></li> <li>2. Einsatzpotenziale von LoRaWAN in der Energiewirtschaft Praxisbuch zu Technik, Anwendung und regulatorischen Randbedingungen, <a href="https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-658-26917-3.pdf">https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-658-26917-3.pdf</a></li> <li>3. 7.1.1 Beispiele für smarte Energietechnologien, <a href="https://www.technologiestiftung-berlin.de/fileadmin/daten/media/publikationen/140213_Studie_SmartCity.pdf">https://www.technologiestiftung-berlin.de/fileadmin/daten/media/publikationen/140213_Studie_SmartCity.pdf</a>, Digitale Betriebsoptimierung im Gebäudebestand unter Nutzung modellbasierter Cloud-Anbindung, siehe Seite 27, <a href="https://www.technologiestiftung-berlin.de/fileadmin/user_upload/smart-building-im-internet-der-dinge-studie.pdf">https://www.technologiestiftung-berlin.de/fileadmin/user_upload/smart-building-im-internet-der-dinge-studie.pdf</a></li> <li>4. Kommunikation und Automation siehe Punkt 5.3 Smart Meter und 5.6 Kontrollfragen, <a href="https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-658-31809-3_5.pdf">https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-658-31809-3_5.pdf</a></li> <li>5. Urbane Energiesysteme und Ressourceneffizienz –ENSource Volker Coors Hrsg. Fallstudie Schwieberdingen, Siehe Seite 126, <a href="https://www.researchgate.net/profile/Denise-Meyer/publication/350111216_Geschäftsmodellkonfigurator/links/6051fd3aa6fddccbfcae791b7/Geschäftsmodellkonfigurator.pdf#%5B%7B%22num%22%3A219%2C%22gen%22%3A0%7D%2C%7B%22name%22%3A%22FitR%22%7D%2C-74%2C-15%2C555%2C696%5D">https://www.researchgate.net/profile/Denise-Meyer/publication/350111216_Geschäftsmodellkonfigurator/links/6051fd3aa6fddccbfcae791b7/Geschäftsmodellkonfigurator.pdf#%5B%7B%22num%22%3A219%2C%22gen%22%3A0%7D%2C%7B%22name%22%3A%22FitR%22%7D%2C-74%2C-15%2C555%2C696%5D</a></li> <li>6. Ergebnisquerschnitt durch Ausgewählte Smart Grids Projekte, <a href="https://www.researchgate.net/profile/Marcus-Meisel-2/publication/313369167_Ergebnisquerschnitt_Durch_Ausgewählte_Smart_Grids_Projekte/links/5cc69b65299bf1209787512d/Ergebnisquerschnitt-Durch-Ausgewählte-Smart-Grids-Projekte.pdf">https://www.researchgate.net/profile/Marcus-Meisel-2/publication/313369167_Ergebnisquerschnitt_Durch_Ausgewählte_Smart_Grids_Projekte/links/5cc69b65299bf1209787512d/Ergebnisquerschnitt-Durch-Ausgewählte-Smart-Grids-Projekte.pdf</a> Abruf 26.05.2021</li> <li>7. Energiewirtschaft für (Quer-)Einsteiger Einmaleins der Stromwirtschaft, Siehe Punkt 2.5.2, <a href="https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-33144-3">https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-33144-3</a></li> <li>8. A Monitoring Framework for LoRaWAN-based IoT Applications / submitted by Gudrun Edeltraud Huszar, <a href="https://epub.jku.at/urn:nbn:at:at-ubl:1-43329">https://epub.jku.at/urn:nbn:at:at-ubl:1-43329</a>, <a href="https://epub.jku.at/obvulihs/download/pdf/6190018?originalFilename=true">https://epub.jku.at/obvulihs/download/pdf/6190018?originalFilename=true</a></li> <li>9. Energiewirtschaft für (Quer-)Einsteiger Trendthemen und ihre Hintergründe, Anwendungsfälle für LoRaWAN   SpringerLink, Trendthemen und ihre Hintergründe   SpringerLink (3.2.5.), <a href="https://www.thethingsnetwork.org/docs/gateways/thethingsindoor/">https://www.thethingsnetwork.org/docs/gateways/thethingsindoor/</a></li> <li>10. THE THINGS NETWORK Überblick, <a href="https://www.thethingsnetwork.org/docs/gateways/thethingsindoor/">https://www.thethingsnetwork.org/docs/gateways/thethingsindoor/</a></li> <li>11. A Study of LoRa: Long Range &amp; Low Power Networks for the Internet of Things Feldtests - Netzabdeckung von bis zu 3 km <a href="https://www.mdpi.com/1424-8220/16/9/1466">https://www.mdpi.com/1424-8220/16/9/1466</a></li> <li>12. Recent Advances in Internet of Things (IoT) Infrastructures for Building Energy Systems: A Review <a href="https://www.mdpi.com/1424-8220/21/6/2152/htm#">https://www.mdpi.com/1424-8220/21/6/2152/htm#</a></li> <li>13. LoRaWAN Smart Building IoT Solutions, <a href="https://www.alliot.co.uk/lorawan-industry-solutions/lorawan-smart-building-iot-solutions/">https://www.alliot.co.uk/lorawan-industry-solutions/lorawan-smart-building-iot-solutions/</a></li> <li>14. LoRa Park Ulm – Ein Experimentierfeld und öffentlicher Showroom für das Internet der Dinge. Komplette Beschreibung der Technik, Bandbreite, Kosten und Einsatzmöglichkeitenbeispielen, <a href="https://lora.ulm-digital.com/LoRa_Park_v1.1.pdf">https://lora.ulm-digital.com/LoRa_Park_v1.1.pdf</a></li> <li>15. RSSI-Based Indoor Localization, With the Internet of Things. LoRaWAN Seite 30152, <a href="https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&amp;arnumber=8371230">https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&amp;arnumber=8371230</a></li> <li>16. Smart Home, Smart Health, Smart Cities und Smart Factories Überblick: Unterschiedliche Anforderungen von IoT Kommunikationslösungen, Lösungen und Herausforderung, die für die Forschung noch offen sind, <a href="https://content.iospress.com/download/journal-of-ambient-intelligence-and-smart-environments/ais180509?id=journal-of-ambient-intelligence-and-smart-environments%2Fais180509">https://content.iospress.com/download/journal-of-ambient-intelligence-and-smart-environments/ais180509?id=journal-of-ambient-intelligence-and-smart-environments%2Fais180509</a></li> </ol> <p>Spezifische Literatur:</p>



	<ol style="list-style-type: none"> <li>17. Pkt. 5.1.3 Anwendungsfälle für LoRaWAN im Kontext Smart Metering, Pkt. 5.1.4 LoRaWAN-Systemarchitekturen-Metering-Infrastruktur, <a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-26917-3_5">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-26917-3_5</a></li> <li>18. Hochschule für Technik März 2021, Leitfaden für die Installation und den Betrieb von SMGW. Ein Überblick zum Prozessablauf, den Richtlinien, dem aktuellen Stand der Technik sowie einer Marktanalyse (HFT-Intern)</li> <li>19. Stiri, S., Chaoub, A., Grilo, A., Bennani, R., Lakssir, B., &amp; Tamtaoui, A. (2021). Hybrid PLC and LoRaWAN Smart Metering Networks: Modeling and Optimization. IEEE Transactions on Industrial Informatics. <a href="https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9462474">https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9462474</a></li> <li>20. Yusri, A., &amp; Nashiruddin, M. I. (2020, June). LORAWAN Internet of Things network planning for smart metering services. In 2020 8th international conference on information and communication technology (ICICT) (pp. 1-6). IEEE. <a href="https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&amp;ar-number=9166455">https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&amp;ar-number=9166455</a></li> <li>21. Gaggero, G. B., Marchese, M., Moheddine, A., &amp; Patrone, F. (2021). A Possible Smart Metering System Evolution for Rural and Remote Areas Employing Unmanned Aerial Vehicles and Internet of Things in Smart Grids. <i>Sensors</i>, 21(5), 1627. <a href="https://www.mdpi.com/1424-8220/21/5/1627">https://www.mdpi.com/1424-8220/21/5/1627</a></li> <li>22. Kumari, P., Mishra, R., Gupta, H. P., Dutta, T., &amp; Das, S. K. (2021). An Energy Efficient Smart Metering System using Edge Computing in LoRa Network. <i>IEEE Transactions on Sustainable Computing</i>. <a href="https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9316214">https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9316214</a></li> <li>23. Marahatta, A., Rajbhandari, Y., Shrestha, A., Singh, A., Thapa, A., Gonzalez-Longatt, F., ... &amp; Shin, S. (2021). Evaluation of a LoRa mesh network for smart metering in rural locations. <i>Electronics</i>, 10(6), 751. <a href="https://www.researchgate.net/profile/Ashish-Shrestha-3/publication/350277206_Evaluation_of_a_LoRa_Mesh_Network_for_Smart_Metering_in_Rural_Locations/links/6058652d458515e834606150/Evaluation-of-a-LoRa-Mesh-Network-for-Smart-Metering-in-Rural-Locations.pdf">https://www.researchgate.net/profile/Ashish-Shrestha-3/publication/350277206_Evaluation_of_a_LoRa_Mesh_Network_for_Smart_Metering_in_Rural_Locations/links/6058652d458515e834606150/Evaluation-of-a-LoRa-Mesh-Network-for-Smart-Metering-in-Rural-Locations.pdf</a></li> </ol>
Beispiele von Technologieanbietern und Integratoren	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erfahrung aus Energie-Projekten entwickeln wir IoT-Use-Cases für Energieversorger. <a href="https://bosch.io/de/use-cases/energie/smart-metering/">https://bosch.io/de/use-cases/energie/smart-metering/</a></li> <li>2. ESYS_LR10 LoRa@Kommunikationsadapter, bis zu 15 KM Reichweite im freien Feld, bis zu 500 m Reichweite in Gebäuden, <a href="https://www.easymeter.com/products/module/esys-lr10">https://www.easymeter.com/products/module/esys-lr10</a></li> <li>3. Digitale Fernauslesung von Stromzählern z.B. für Daten bei interner industrieller Umverteilung, Vollautomatische Ablesesyklen z.B. alle 15 Minuten, Klax 2.0 € 149,95 netto, <a href="https://zen-ner.de/news/einfach-ein-klax-die-digitale-fernauslesung-von-stromzaehlern-ueber-das-internet-der-dinge/">https://zen-ner.de/news/einfach-ein-klax-die-digitale-fernauslesung-von-stromzaehlern-ueber-das-internet-der-dinge/</a>, oder <a href="https://iot-shop.de/shop/product/klax-2-0-4365#attr=2873,2882,2874,2879,2875,2876,2880,2877,2878,2881,3067">https://iot-shop.de/shop/product/klax-2-0-4365#attr=2873,2882,2874,2879,2875,2876,2880,2877,2878,2881,3067</a>, <a href="https://www.the-thingsnetwork.org/device-repository/devices/baylan/tk4-rf/">https://www.the-thingsnetwork.org/device-repository/devices/baylan/tk4-rf/</a></li> <li>4. Der Zähler hat 2 Kommunikationswege "LoRaWAN" und "LoRa". Mit dem LoRaWAN Netz kann der Zähler regelmäßig zum Server die definierten Messdaten senden. Zusätzlich kann der Anwender mit einem LoRa-Adapter jederzeit vom Zähler alle Messdaten abfragen und auch alle Parameter einstellen., <a href="https://www.holleytech.de/produkte/loro-geraete/lorawan-mme-drehstromzaehler/">https://www.holleytech.de/produkte/loro-geraete/lorawan-mme-drehstromzaehler/</a></li> <li>5. Smart Metering, <a href="https://www.smart-city-solutions.de/portfolio/smart-metering/">https://www.smart-city-solutions.de/portfolio/smart-metering/</a></li> <li>6. Wärmemengenzähler die bereits über eine integrierte LoRa -Schnittstelle verfügen. <a href="https://www.metherm.de/de/waermezaehler/">https://www.metherm.de/de/waermezaehler/</a></li> <li>7. Beispielsweise EDL21 Stromzähler Bridge V2 (Klappwandler) Einzelne Muster € 279,00 /Stück, Ab 100 Stück: 199 €, Ab 1000 Stück: 159 €, EDL21 Stromzähler mit „INFO Schnittstelle“ mittels LoRaWAN aus der Ferne ablesen – ohne Batterie oder externe Speisung Hinweis: ggf. den Lo-baro USB-Konfigurationsadapter mitbestellen. <a href="https://www.lobaro.com/iot-shop/?avia_forced_reroute=1">https://www.lobaro.com/iot-shop/?avia_forced_reroute=1</a></li> <li>8. iOKE868 LoRaWAN Smart Metering kit nutzt die große Reichweite und den geringen Stromverbrauch von LoRa®, um eine Echtzeit-Datenüberwachung des Energieverbrauchs und eine sichere Verbindung mit dem LoRaWAN® IoT-Netzwerk zu ermöglichen. Es ist mit den meisten modernen intelligenten Zählern kompatibel (konform mit IEC62056-21 und SML-Nachrichten), Preis: € 115,00/Stück, <a href="https://shop.imst.de/detail/index/sArticle/69/sCategory/7">https://shop.imst.de/detail/index/sArticle/69/sCategory/7</a></li> <li>9. Energy IoT Sensors s. Preise auf der Homepage beispielsweise Bridge ENL-MOD-32, RRP: £275.00+VAT, <a href="https://www.alliot.co.uk/products/sensors/energy-sensors/">https://www.alliot.co.uk/products/sensors/energy-sensors/</a></li> <li>10. Lite Gateway-Demonstration Platform for LoRa@Technology, Preis: 199,00/Stück. <a href="https://shop.imst.de/wireless-modules/loro-products/36/lite-gateway-demonstration-platform-for-lora-technology">https://shop.imst.de/wireless-modules/loro-products/36/lite-gateway-demonstration-platform-for-lora-technology</a> <a href="https://shop.imst.de/detail/index/sArticle/69/sCategory/7">https://shop.imst.de/detail/index/sArticle/69/sCategory/7</a></li> <li>11. Für maximale LoRaWAN Reichweite: Gateways und Sensoren richtig positionieren, <a href="https://www.linemetrics.com/de/praxistipps-noch-mehr-lorawan-reichweite/">https://www.linemetrics.com/de/praxistipps-noch-mehr-lorawan-reichweite/</a> <a href="https://www.linemetrics.com/de/plattform/loro-gateways/">https://www.linemetrics.com/de/plattform/loro-gateways/</a></li> <li>12. Geeignete Technologien für den Public Sector. Pkt. 3.6 Alle Technologien beschrieben: AR, VR, BIM 3D, Drohnen, KI, Dishtracker, IoT, LoRa, etc., <a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-60938-5_3">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-60938-5_3</a></li> <li>13. LoRa und LoRaWAN – alternative Funklösungen im IoT <a href="https://www.m2mgermany.de/wp-content/uploads/2021/02/White-Paper_LoRa_LoRaWAN_2021.pdf">https://www.m2mgermany.de/wp-content/uploads/2021/02/White-Paper_LoRa_LoRaWAN_2021.pdf</a></li> <li>14. Energiemessgeräte im Vergleich <a href="https://www.vergleich.org/energiemessgeraet/?qid=EAlaIqObChMirNDK0oTU9AlVjdd3Ch3QUg5_EAAYyAAE-glg9PD_BwE&amp;utm_source=google&amp;utm_medium=cpc&amp;utm_content=search&amp;utm_term=c-896970681-a106421410209-aud-464453447755%3Akwd-341934275209">https://www.vergleich.org/energiemessgeraet/?qid=EAlaIqObChMirNDK0oTU9AlVjdd3Ch3QUg5_EAAYyAAE-glg9PD_BwE&amp;utm_source=google&amp;utm_medium=cpc&amp;utm_content=search&amp;utm_term=c-896970681-a106421410209-aud-464453447755%3Akwd-341934275209</a></li> </ol>



	<p>15. LoRaWAN aus der Ferne ablesen – ohne Batterie oder externe Speisung Hinweis: ggf. den Lo-baro USB-Konfigurationsadapter mitbestellen. <a href="https://www.lobaro.com/iot-shop/?avia_forced_reroute=1">https://www.lobaro.com/iot-shop/?avia_forced_reroute=1</a></p> <p>16. iOKE868 LoRaWAN Smart Metering kit nutzt die große Reichweite und den geringen Stromverbrauch von LoRa, um eine Echtzeit-Datenüberwachung des Energieverbrauchs und eine sichere Verbindung mit dem LoRaWAN IoT-Netzwerk zu ermöglichen. Es ist mit den meisten modernen intelligenten Zählern kompatibel (konform mit IEC62056-21 und SML-Nachrichten), Preis: € 115,- proStück, <a href="https://shop.imst.de/detail/index/sArticle/69/sCategory/7">https://shop.imst.de/detail/index/sArticle/69/sCategory/7</a></p>
Gewähltes Vorgehen / Lösungsansatz	LoRaWAN-fähige Zähler in den Beispielgebäuden installieren und mit der Management Plattform open-HAB Geräte- und Dienste hersteller- und technologieübergreifend in die bestehende GLT einzubinden sowie die Software an Anforderungen von Bosch entsprechend anzupassen.
Risiken und Gegenmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>LoRaWAN-Funkabdeckung muss sichergestellt werden (beispielsweise Stahlgitter schirmen ab) – reduzierte Funktionsprüfung während der Pilotphase, ggf. Funkausleuchtung vor einem Roll-Out.</li> </ul>
Offene Fragen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gebäudeauswahl für Tests?</li> <li>Welche Zähler gibt es vor Ort?</li> <li>Was können sie?</li> <li>Wie können diese ausgelesen werden?</li> <li>Welche Schnittstellen sind vor Ort.</li> <li>Auf dieser Basis können passende Sensoren ausgesucht und empfohlen werden.</li> <li>Energiemonitoring: Was soll betrachtet werden, das Licht, Klimaanlage.</li> </ul>
Erweiterbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alle Gebäude, die nicht an die GLT (Mietgebäude) angeschlossen sind erfassen</li> <li>Einbindung der Open Source Software in die GLT</li> </ul>

## 5.5 Use Case 5: Ermittlung des Personenaufkommens mit People Countern

Name	Ermittlung des Personenaufkommens mit People Countern
Titel	Digitaler Zwilling „People Count“
Idee / Beschreibung	<p>Für die Ermittlung des Personenaufkommens sind verschiedenste Anwendungsfälle von Interesse, bspw. zur Ermittlung von Stoßzeiten im:</p> <p><b>Innenbereich:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cafeteria: Wie viele Personen sind zu welchen Zeiten vor Ort.</li> <li>Besprechungsräume : Welche Räume sind nicht nur gebucht, sondern auch belegt.</li> </ul> <p><b>Außenbereich zur besseren Steuerung des ÖPNVs:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bushaltestelle: Anzahl der ÖPNV-Teilnehmer an umliegenden Bushaltestellen (evtl. Shuttleverkehr).</li> <li>Fahrradkäfige/Fahrradfahrer: Korrelierend mit dem Wetter, Ein- und Ausgänge der Fahrradkäfige zählen, Käfige nachts leer</li> </ul>
Problemstellung	Welche Technologie ist für welche Funktionsweise in Verbindung mit der Distanz die Beste, bspw. mit LoRaWAN! Datenerfassung und Datenanalyse (DSGVO), Verknüpfung von Drahtlos-Sensorik mit Open Source Software (OSS) aus SH und GLT-basierter Datenerfassung
Ziele	Mehrwert durch Planung und Umsetzung neuer Services für Mitarbeitende durch eine zusammenhängende Infrastruktur. Bereitstellung der Informationen über die interne App sowie über Info-Terminals, bspw. in der Kantine.
Zielgruppen	Facility Managende, alle Mitarbeitenden
Nutzungsszenario	Herr M, Mitarbeiter der Firma Bosch geht um 12:45 Uhr in die Werkskantine und stellt sich in die Warteschlange. Zudem hat er aufgrund der Corona-Situation trotz Maske und Impfung ein ungutes Gefühl. Als er abends zur werkseigenen Bushaltestelle geht stehen auch hier schon viele Mitarbeitenden von Bosch und warten auf den nächsten Bus. Herr M möchte lieber vorab über die Auslastungen der Kantine und der Bushaltestelle informiert werden. Noch ist er sich unsicher, ob er lieber über eine entsprechende App oder eine stationäre Informationsstelle entsprechend informiert werden möchte. Er spricht mit dem Facility Management. Dieses installiert in der Kantine und an der Bushaltestelle Sensoren zur Erfassung von Personenströmen. Die Daten werden in einer Open Source Anwendung gespeichert. Die voraussichtlichen Wartezeiten werden berechnet. Herr M kann wählen, wie er über das Personenaufkommen und die Wartezeiten informiert werden möchte.

Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kostengünstige funkbasierte People Counter</li> <li>• kabellose Vernetzung über größere Distanzen und durch Gebäude/Etagen</li> <li>• auch für Kantinen und Lounges</li> </ul>
Status Quo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es gibt keine Zuschüsse für Bahntickets über die die Anzahl der ÖPNV-Teilnehmer ermittelt werden könnten</li> <li>• Es gibt kein Jobfahrrad</li> <li>• Es gibt 400 Stellplätze, 1300 Spinde, Realzahlen sind nicht bekannt</li> <li>• Per App buchbare Fahrradstellplätze gibt es nicht</li> <li>• Zahlen auf Basis von Ultraschallsensoren z. B. in der Kantine: Evtl. auch über die Stückzahl der Essensausgabe oder EK-Materialbeschaffung, Stoßzeiten sind nicht bekannt!</li> </ul>
Mögliche Technologien	Funkkommunikation: LoRaWAN, WLAN, BLE Sensorik: Paxcounter, RFID-Gateways, ...
Beispiele aus der wissenschaftlichen Literatur (Linksammlung)	<p>Grundlagen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bestandsaufnahme/Überblick Mobilitätssituation am Campus Charlottenburg in Bezug auf verkehrliche Erschließung, Verkehrsaufkommen, ÖPNV-Angebot, Infrastruktur für Rad- und Fußverkehr, ruhenden Verkehr, Lärm- und Luftbelastung, Verkehrssicherheit sowie Barrierefreiheit, <a href="https://www.depositonce.tu-berlin.de/handle/11303/12901">https://www.depositonce.tu-berlin.de/handle/11303/12901</a></li> <li>2. Real-time people counting: Algorithm People Counting Based on an IR-UWB Radar Sensor, <a href="https://ieeexplore.ieee.org/document/7968432">https://ieeexplore.ieee.org/document/7968432</a></li> <li>3. Potenziale der Verkehrsverlagerung von MIV zum ÖPNV Beispielhafte Analyse von Park- und Rideanlagen und Mobilitätsverhalten von Pendlern im Raum Jena, <a href="https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=9ZGEDwAAQBAJ&amp;oi=fnd&amp;pg=PA8&amp;dq=park-platzsensorik+wissenschaftlich+relevanz&amp;ots=GFY1h1VbT5&amp;sig=p4YA-sgFJVAocJl63B5dyiWkzml&amp;redir_esc=y#v=onepage&amp;q&amp;f=false">https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=9ZGEDwAAQBAJ&amp;oi=fnd&amp;pg=PA8&amp;dq=park-platzsensorik+wissenschaftlich+relevanz&amp;ots=GFY1h1VbT5&amp;sig=p4YA-sgFJVAocJl63B5dyiWkzml&amp;redir_esc=y#v=onepage&amp;q&amp;f=false</a></li> <li>4. Praxis kommunale Verkehrswende, Ein Leitfaden: <a href="https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7537/file/7537_Verkehrswende.pdf">https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7537/file/7537_Verkehrswende.pdf</a></li> </ol> <p>Spezifische Literatur:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Tang, C., Li, W., Vishwakarma, S., Chetty, K., Julier, S., &amp; Woodbridge, K. (2020, September). Occupancy Detection and People Counting Using WiFi Passive Radar. In 2020 IEEE Radar Conference (RadarConf20) (pp. 1-6). IEEE. <a href="https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9266493">https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9266493</a></li> <li>6. Violatto, G., &amp; Pandharipande, A. (2020). Anomaly Classification in People Counting and Occupancy Sensor Systems. <i>IEEE Sensors Journal</i>, 20(12), 6573-6581. <a href="https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9017929">https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9017929</a></li> <li>7. Sun, K., Zhao, Q., &amp; Zou, J. (2020). A review of building occupancy measurement systems. <i>Energy and Buildings</i>, 216, 109965. <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778819332918">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778819332918</a></li> <li>8. Sobron, I., Del Ser, J., Eizmendi, I., &amp; Vélez, M. (2018). Device-free people counting in IoT environments: New insights, results, and open challenges. <i>IEEE Internet of Things Journal</i>, 5(6), 4396-4408. <a href="https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8293759">https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8293759</a></li> <li>9. Cahyadi, N., &amp; Rahardjo, B. (2021, April). Literature Review of People Counting. In <i>2021 International Conference on Artificial Intelligence and Mechatronics Systems (AIMS)</i> (pp. 1-6). IEEE. <a href="https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9466029">https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9466029</a></li> <li>10. Shallari, I., Krug, S., &amp; O'Nils, M. (2020). Communication and computation inter-effects in people counting using intelligence partitioning. <i>Journal of Real-Time Image Processing</i>, 1-14. <a href="https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11554-020-00943-6.pdf">https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11554-020-00943-6.pdf</a></li> <li>11. Ilyas, N., Shahzad, A., &amp; Kim, K. (2020). Convolutional-neural network-based image crowd counting: Review, categorization, analysis, and performance evaluation. <i>Sensors</i>, 20(1), 43. <a href="https://www.mdpi.com/1424-8220/20/1/43/htm">https://www.mdpi.com/1424-8220/20/1/43/htm</a></li> <li>12. Perri, D., Simonetti, M., Bordini, A., Cimarelli, S., &amp; Gervasi, O. (2021, September). IoT to Monitor People Flow in Areas of Public Interest. In <i>International Conference on Computational Science and Its Applications</i> (pp. 658-672). Springer, Cham. <a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-87016-4_47">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-87016-4_47</a></li> </ol>
Beispiele von Technologieanbietern und Integratoren	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verschiedene Technologien im Vergleich <a href="https://programm.corp.at/cdrom2010/papers2010/CORP2010_256.pdf">https://programm.corp.at/cdrom2010/papers2010/CORP2010_256.pdf</a></li> <li>2. Zugangskontrolle zählt ein- und ausgehende Besucher, Einfache Installation im Türrahmen, Belegung in Gebäuden erkennen Statistiken über Besucherzahlen aufstellen LoRaWAN Lösungen, Besucher erfassen: erkennen und visualisieren Sie Besucherströme, Kennzahlen für Besucher aufstellen Zugangskontrolle zählt ein- u. ausgehende Besucher, einfache Installation im Türrahmen, Belegung in Gebäuden erkennen, Statistiken über Besucherzahlen aufstellen, Parkplatzmonitoring: Erkennt Parkplatzbelegung, Aufstellung von Kennzahlen für Verweildauer, Ermitteln Sie unerlaubtes Dauerparken, Basis für die Aufstellung eines Leitsystems, <a href="https://datacake.co/solutions/people-counting-de">https://datacake.co/solutions/people-counting-de</a></li> <li>3. Smarter Workspace, Auslastung von Büroflächen und Anwesenheit von Personen im Raum, unabhängig von einer Bewegung Personenzählung in definierten Zonen, FlexDesk etc. → Innenbereich, <a href="https://i-magazin.com/einsparpotential-bei-bueroflaechen-erkennen/">https://i-magazin.com/einsparpotential-bei-bueroflaechen-erkennen/</a></li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Vicodis Visualisierungssystem für Besucherzahlen → Anzahl Anwesender wird in Echtzeit angezeigt → Innenbereich <a href="https://www.besucherzaehlen.com/">https://www.besucherzaehlen.com/</a></li> <li>5. Das Portfolio von XOVIS bietet für jedes Einsatz-Szenario den optimalen Sensor. Dabei ist es unerheblich ob es um Personenzählung, die Ermittlung des Personenaufkommens, der Verweildauer und der Wartezeiten oder um die Erstellung von Heatmaps. <a href="https://personenzählung.info/xovis-technologie.html">https://personenzählung.info/xovis-technologie.html</a></li> <li>6. Kantine oder Ihr Betriebsrestaurant mit Echtzeitsensoren von sensalytics ausgestattet, behalten den aktuellen Füllstand stets im Blick, um Anforderungen an die Maximalbelegung einhalten zu können. Unsere API erlaubt es Ihnen, die Daten in Echtzeit in Apps, das Intranet und in Webseiten zu integrieren, um auch Ihre Mitarbeiter über die aktuelle Situation zu informieren. <a href="https://sensalytics.net/de/loesungen/occupancy-management">https://sensalytics.net/de/loesungen/occupancy-management</a></li> </ol>
Gewähltes Vorgehen / Lösungsansatz	Auf dem Markt gängige People Counter testen. Getestet werden soll, welche Technologie für welche Funktionsweise in Verbindung mit der Reichweite die Beste ist, bspw. mit LoRaWAN. Herausfordernd: Datenerfassung und Datenanalyse (DSGVO), Verknüpfung von Drahtlos-Sensorik mit Open Source Software (OSS) aus SH und GLT-basierter Datenerfassung.
Risiken und Gegenmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datenschutz: KI liefert statistische Trendinformationen zu menschlichem Verhalten <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ anonymisierte Erfassung sicherstellen, Betriebsrat einbeziehen</li> </ul> </li> <li>• Fehlerhafte Zählungen oder Prognosen (Wartezeiten) <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Testreihen, iterative Optimierung</li> </ul> </li> </ul>
Offene Fragen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie viele Gebäude sollen ausgestattet werden?</li> <li>• Welche Technologie wird seitens Bosch bevorzugt: Infrarot, Ultraschall, ...</li> <li>• LoRaWAN-Anbindung möglich?</li> </ul>
Erweiterbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weitere Bosch-interne Anwendungen (z.B. große Veranstaltungsräume)</li> </ul>

## 6 Eingrenzung der Use Cases

Aus der Zielfestlegung der in Punkt 5 entwickelten Use Cases, ergibt sich, dass eine differenzierte Befragung je nach ausgewählten Nutzerkreis erfolgen soll. Das Ziel der Befragung ist, herauszufinden, welche drei der fünf Use Cases die größte Nutzerakzeptanz erhält und damit zur Projektumsetzung infrage kommt. Die technischen Mitarbeitenden aus dem Facilitymanagement sollen hierfür eine inhaltlich tiefergreifende Bewertung der Use Cases vornehmen. Zudem soll ein größerer ausgewählter Teilnehmerkreis die Befragung mit einfacher Skalenauswahl vornehmen. In beiden Befragungen soll die Chance genutzt werden, in offenen Fragen neue „intelligente“ Ideen zu sammeln, um neue Anwendungsmöglichkeiten zu generieren.

### 6.1 Konzeption und Aufbau der Online-Befragung

Die Konzeption des Fragebogens erfolgt mit, dem an der HFT Stuttgart im Studiengang Wirtschaftspsychologie verwendeten Online-Befragungstool von UNIPARK<sup>9</sup>, der Software EFS Survey. Der Konzeption liegt die Mixed-Methods-Methode zugrunde. Allgemein versteht man darunter den kombinierten Einsatz von qualitativen und quantitativen Forschungsmethoden. Bei der quantitativen Forschung handelt es sich um ein standardisiertes und geschlossenes Verfahren. Bei einer Befragung sind die Antworten vorgegeben und ein bestimmtes Raster definiert den Aufbau und die Reihenfolge der Bearbeitung. In diesem Fall wird ein deduktives Vorgehen gewählt. Qualitative Forschung hingegen ist ein offenes Verfahren. Die Befragten

<sup>9</sup> <https://www.unipark.com/>

können ihre Antworten frei formulieren und die Kategorisierung erfolgt erst später im Zuge der Auswertung. Das Vorgehen ist hierbei induktiv (Kuckartz 2014).

Die Umfrage erfolgt anonym, bis auf die Abfrage nach der Unternehmensposition und des Unternehmensbereiches werden keine personenbezogenen Daten erhoben. Somit können in der Auswertung keine Rückschlüsse auf Teilnehmende gezogen werden.

Im Laufe der Konzeption stellte sich heraus, dass ein Fragebogen nicht dem Kenntnisstand aller Mitarbeitenden gerecht werden konnte. Als Konsequenz wurden zwei verschiedene Fragebögen erarbeitet. Somit sollen die Mitarbeitenden in der Gebäudetechnik, gemäß ihres tieferen Wissenstandes einen ausführlicheren Fragebogen beantworten, während für die breite Belegschaft von Bosch ein knapperer, leicht verständlicherer Fragebogen entwickelt wurde. Die Unterschiede der beiden Fragebogen liegen in der Bewertung der Use Cases.

Die Fragebogengestaltung für die breite Belegschaft erfolgt auf Basis einer Likert-Skala, bei der folgende Aussage beurteilt werden soll:

- Bewerten Sie bitte aus Ihrer Sicht den Nutzen dieses Use Cases

Die Antwortmöglichkeiten der Items des Fragebogens haben ein ordinales Skalenniveau von:

sehr gering – gering – mittel – hoch – sehr hoch

Pro Use Case können zusätzliche Anmerkungen oder Ideen vermerkt werden.

Zusätzlich zu den an der HFT Stuttgart geltenden Regelungen für Umfragen müssen auch die vom Bosch Konzern bestimmten Grundsätze mitberücksichtigt werden. Die Zustimmung zu einer Mitarbeitendenbefragung wird erst nach Beantwortung eines Standard-Fragenkatalogs, wie

- Titel der Befragung?
- Zweck und Zielsetzung der Befragung?
- Wer soll befragt werden? (Personenkreis bitte näher definieren, einschließlich der möglich betroffenen Standorte)
- Wie soll die Befragung durchgeführt werden? (elektronisch per Mail, Link ins Intranet zu einem Befragungstool, Papier, ...)
- I.d.R. bestehen wir auf eine anonyme Befragung. Wie ist das in diesem Fall vorgesehen?
- Wer soll die Befragung auswerten? (interne Stelle/externe Fa.)
- Wann soll diese Befragung durchgeführt werden? (Einmalig in einem bestimmten Zeitraum oder kontinuierlich in einem gewissen Rhythmus?)
- Die vorgesehenen Fragen.

erteilt.

## **6.2 Festlegung der Datenerhebung und Kriterien**

Für die Mitarbeitenden in der Gebäudetechnik wird ein ausführlicherer Fragebogen mit einem tiefergreifenden Kriterien-Schema zur Bewertung zugrunde gelegt.

Die Festlegung der Kriterien basiert auf dem Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit, welches auf Ökonomie, Ökologie und Soziales aufbaut. Diese Aspekte werden zur langfristigen Existenzsicherung einer Organisation zu Grunde gelegt. Veränderungsmöglichkeiten sollen möglichst objektiv erkannt und bewertet werden. Auf dieser Grundlage können anschließend Veränderungsprozesse in Gang gebracht werden (Wellbrock und Ludin 2021).

Die Abfrage aller drei Dimensionen der sogenannten Triple Bottom Line (TBL) muss im Fragebogen für jeden Use Case, wie in der folgenden Abbildung dargestellt, bewertet werden.

Bewerten Sie bitte aus Ihrer Sicht das Potenzial dieses Use Cases in Bezug auf die unten genannten Kriterien.					
	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
Wirtschaftlicher Nutzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wirtschaftliche Lasten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ökologischer Nutzen (z.B. CO2-Einsparung)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ökologische Lasten (z.B. durch Batterien, Stromverbrauch, geringe Nutzungsdauer)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Positive soziale Auswirkungen (z.B. Komfortsteigerung, Nutzerakzeptanz, Reduzierung der Arbeitslast)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Negative soziale Auswirkungen (z.B. Datenschutz)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Technische Risiken (z.B. fehlender technischer Reifegrad, unsicherer Standardisierungsgrad)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zukunftspotenziale (Erweiterbarkeit, Übertragbarkeit, Kompetenzerwerb, strategische Konsistenz, Verwertbarkeit)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*Kriterienauswahl nach der TBL*

### 6.3 Gewichtung der Kriterienauswahl

Zur Bestimmung der Use Cases wird, zusätzlich zum Ergebnis der Befragung noch eine Nutzwertanalyse, nach dem Scoring Modell durchgeführt. Bei einem Scoring Modell wird, gegenüber der klassischen Kosten-Nutzen-Analyse, neben der Effizienz auch die Effektivität berücksichtigt (Schuhknecht Felix 2020, S. 88). Die Balanced Scorecard (BSC) ist ein Instrument zur Messung von Geschäftsstrategien. Ursprünglich besteht die Gesamtstrategie der BSC aus einer Kundenperspektive, einer Finanzperspektive, einer internen Perspektive und einer Innovationsperspektive (Piesold 2021, S. 144). Nach Festlegung der Kriterien nach der TBL erfolgt im nächsten Schritt die Abstimmung und Einigung der Gewichtung. Für jedes Kriterium

wird eine Kennzahl festgelegt. Der Stellenwert der Gewichtung wird hier von den Projektverantwortlichen (PV), wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt, entschieden.

Kriterium (K)	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	Summe
<b>Abstimmung Gewichtung</b>	%	%	%	%	%	%	%	%	100%
PV1	20	5	20	10	15	10	5	15	
PV2	10	10	10	10	10	10	20	20	
PV3	10	10	20	10	15	20	5	10	
PV4	5	5	20	10	20	20	10	10	
PV5	10	10	20	20	10	5	10	15	
<b>Summe</b>	<b>55</b>	<b>40</b>	<b>90</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>65</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	
<b>Durchschnitt</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	100%
<b>Wichtigkeit Reihenfolge</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>Platz</b>

Das Ergebnis der Ermittlung der prozentualen Gewichtung der Kriterien wird in der folgenden Tabelle dargestellt:

Kriterium	Gewichtung 100%
<b>(K1)</b> Wirtschaftlicher Nutzen	12 %
<b>(K2)</b> Wirtschaftliche Lasten	8 %
<b>(K3)</b> Ökologischer Nutzen (z.B. CO2-Einsparung)	18 %
<b>(K4)</b> Ökologische Lasten (z.B. durch Batterien, Stromverbrauch, geringe Nutzungsdauer)	12 %
<b>(K5)</b> Positive soziale Auswirkungen (z.B. Komfortsteigerung, Nutzerakzeptanz, Reduzierung der Arbeitslast)	14 %
<b>(K6)</b> Negative soziale Auswirkungen (z.B. Datenschutz)	12 %
<b>(K7)</b> Technische Risiken (z.B. fehlender technischer Reifegrad, unsicherer Standardisierungsgrad)	10 %
<b>(K8)</b> Zukunftspotenziale (Erweiterbarkeit, Übertragbarkeit, Kompetenzerwerb, strategische Konsistenz, Verwertbarkeit)	14 %

## 6.4 Ergebnisse der Online-Befragungen

Vor der Umfrage im Hause Bosch wird zur weiteren Analyse und für spätere Vergleichszwecke eine HFT-interne Online-Umfrage durchgeführt. Die Ergebnisse der Use Case Auswahl seitens des Kooperationspartners Bosch liegen zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht vor. Bosch-interne Genehmigungsverfahren zur Stakeholderbefragung benötigen einen großen zeitlichen Vorlauf. Die im Projektantrag kalkulierten 6 Monate konnten somit nicht eingehalten werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse der HFT-internen Befragung präsentiert.

### 6.4.1 Interne Online-Umfrage zur Auswahl der Use Cases

Für die interne Online-Umfrage wird als Teilnehmerkreis die Forschungsgruppe Digitalisierung und Informationsmanagement bestimmt. Die Mitglieder sind in den Forschungsprojekten DigiLab4U<sup>10</sup> und iCity2<sup>11</sup> beschäftigt und gewährleisten damit eine hohe Vertrautheit mit der Materie. Es kommt der für eine breite Belegschaft entwickelte Fragebogen zum Einsatz, in der der Nutzen aus Ihrer Sicht beurteilt werden soll.

Die Umfrage fand im Zeitraum vom 03.11.2021 bis 15.11.2021 statt.

### 6.4.2 Auswertung der internen Online-Umfrage

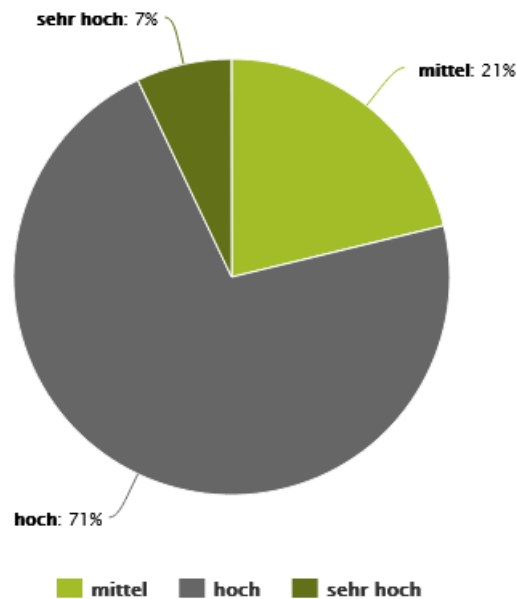
Der Fragebogen wurde an 16 Teilnehmende der Forschungsgruppe versandt. Von den Mitarbeitenden wurden insgesamt 14 Fragebögen vollständig beantwortet. Im folgendem

<sup>10</sup> <https://digilab4u.com/>

<sup>11</sup> <https://www.hft-stuttgart.de/forschung/i-city>

werden die Ergebnisse der qualitativen und quantitativen Umfrage der Use Case Auswahl dargestellt.

#### 6.4.2.1 Use Case 1: Intelligentes Raumbuchungs-Belegungsmonitoring



Use Case 1: Prozentuale Auswertung

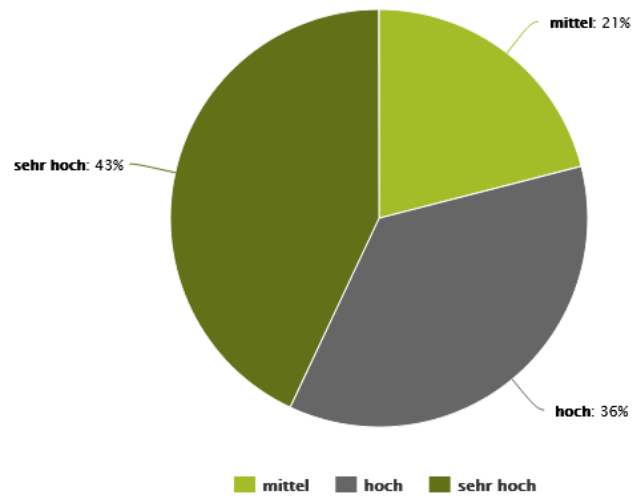
71 % der Befragten bewerten das Potenzial des Use Cases 1 mit „hoch“ und 7% sogar als „sehr hoch“, was sicherlich dem Wissen über der Interoperabilität der Systeme geschuldet ist. Keiner der Befragten schätzte das Potenzial dieses Use Cases als gering bzw. als sehr gering ein.

Anmerkungen und Ideen:

- Arbeitsplatz buchen (Homeoffice)
  - Konsequenz: Einsparung und Rückbau von Büroräumen
- Gerade auch in Zeiten von Pandemien ein wichtiges Thema. Damit wird nicht die Überwachung oder Kontrolle der sich im Raum befindlichen Personen gemeint, sondern eine gute Auslastung der Räume. Damit trotzdem viele Räume (entsprechend den Vorgaben) genutzt werden können.



#### 6.4.2.2 Use Case 2: Raumlufthkonzept mit CO<sub>2</sub>-Ampeln



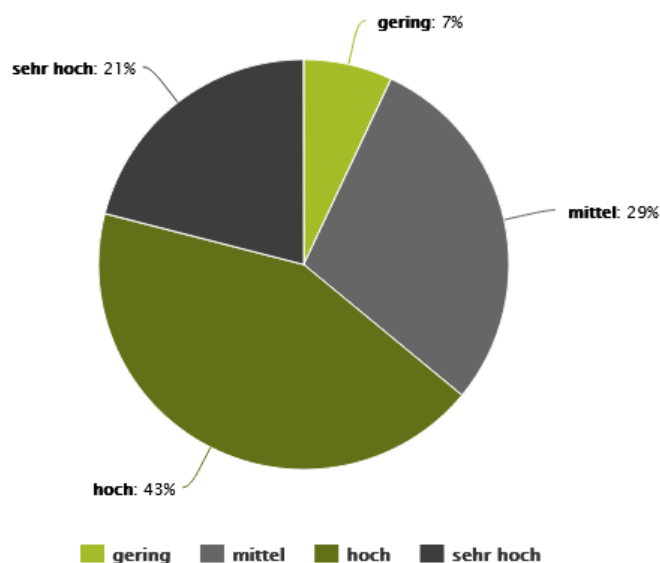
Use Case 2: Prozentuale Auswertung

Das Potenzial des Use Case 2 fanden 43% der Teilnehmenden als sehr hoch, 36% als hoch und 21% bewerteten ihn mit „mittel“.

Anmerkungen und Ideen:

- Automatisches Öffnen und Schließen von Fenstern zur Lüftung
- Potential sehr hoch in Pandemiezeiten, sonst hoch bis mittel um Mitarbeitenden zu visualisieren, dass gelüftet werden sollte
- Sehr wichtige Thematik, da es hierbei um die Gesundheit und Konzentrationsfähigkeit der Mitarbeitenden geht. Oft das Lüften vernachlässigt. Jeder Raum, der häufig in Anspruch genommen wird, sollte durch CO<sub>2</sub>-Sensoren unterstützt werden.

#### 6.4.2.3 Use Case 3: Überwachung kritischer Infrastrukturen wie Feuerwehruzufahrten



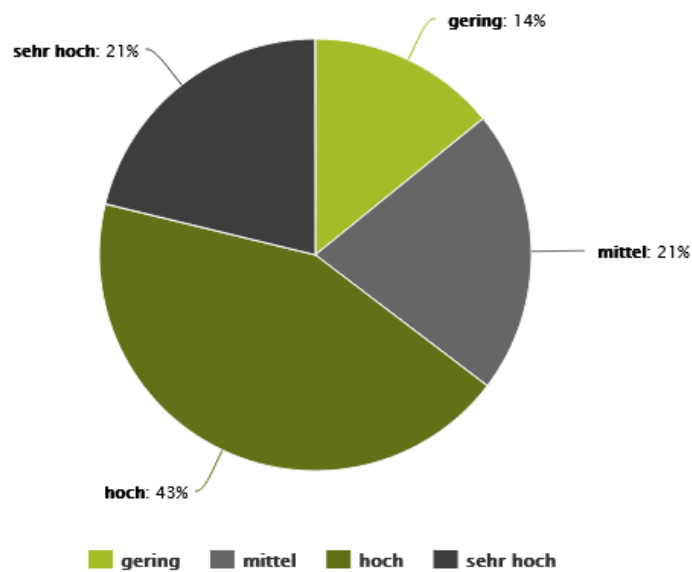
Use Case 3: Prozentuale Auswertung

Die im Use Case 3 ausgewählte prozentuale Verteilung von 21% sehr hoch, 43% hoch, 29% mittel und 7% geringes Potenzial, weist auf eine geringere Tauglichkeit zur Umsetzung dieses Use Case hin.

Anmerkungen und Ideen:

- Generell interessant für Zufahrten
- Auslastung von Parkplätzen
- Stoßzeiten ermitteln

#### 6.4.2.4 Use Case 4: Intelligente funkbasierte Stromzähler



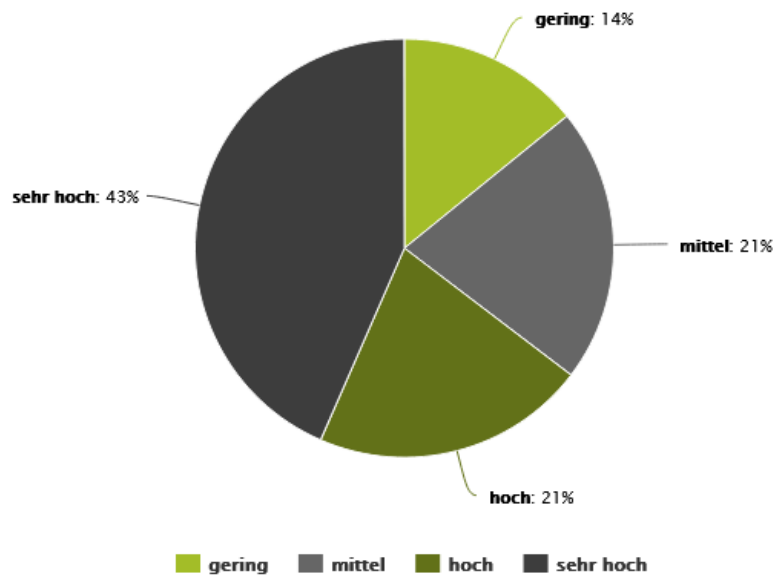
Use Case 4: Prozentuale Auswertung

Ein ähnliches Bild weist auch Use Case 4 auf. Hier wird ebenfalls mit 21% ein sehr hohes und mit 43% eine hohe Geeignetheit gesehen. 21% der Teilnehmenden sahen noch eine mittlere und nur 14% einen geringen Nutzen des Use Cases.

Anmerkungen und Ideen:

- Verbrauch kontinuierlich und dezidiert checken
- Konsequenzen ableiten
- Welche Verbraucher verbrauchen wann wieviel Strom?

#### 6.4.2.5 Use Case 5: Ermittlung des Personenaufkommens mit People Countern



Use Case 5: Prozentuale Auswertung

Das Potenzial des Use Case 5 zur Ermittlung von Personenaufkommen wird von 43% als sehr hoch und mit 21% als hoch angegeben. 21% bewerten den Use Case als mittel und 14% sehen darin nur eine geringe Tauglichkeit zur Umsetzung.

Anmerkungen und Ideen:

- Stoßzeiten können flexible Arbeitszeitmodelle Abhilfe schaffen

#### 6.4.2.6 Weitere Anmerkungen und Wünsche

Welche smarte Komfortfunktion, die Sie zu Hause schätzen, würden Sie sich im Unternehmen wünschen?

- Automatische Rollladensteuerung
- Automatische Türöffnung
- Meldung über offene Fenster
- Gebäudeeintritt mit Fingerabdruck zur Sicherstellung der Sicherheit
- Automatische Beleuchtung der Büroräume
  - Automatisches Licht einschalten bei Betreten eines Raumes
  - Bei zu geringer Helligkeit am Arbeitsplatz eine automatische Erhöhung der Lichtintensität
- Alexa im Büro
- WiFi-basiertes Screen Sharing
- Bewegungsmelder an den Lichtschaltern
- Abends ein Zentralaus
- Sensoren für Offene Fenster einhergehend mit intelligenten Thermostaten

Haben Sie weitere Wünsche oder Ideen für smarte Anwendungen in Ihrem Gebäude oder auf dem Betriebsgelände? Beschreiben Sie Ihren individuellen Use Case.

- Zufriedenheitsbarometer anhand Bewertungsbuttons.
- Bewegungssensoren für die Lichtsteuerung in allen Räumen. Automatische (mechanische) Türöffnung an allen Ein- und Ausgängen.
- Flächendeckendes System für die Indoor-Ortung / Navigation

#### 6.4.3 Ergebnisse der quantitativen Inhaltsanalyse

Die quantitative Inhaltsanalyse bringt nach der prozentualen Auswertung der Use Cases mit den fünf Items keine eindeutige Entscheidung. Deshalb wird das Ergebnis der Skalen „sehr hoch“ und „hoch“ addiert, um so eine klare Auswahl zur Umsetzung von drei Use Cases zu treffen. Wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt, können Use Case 1 und 2 somit klar bestimmt werden.

Bewertung des Nutzens:	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering	Addition: sehr hoch und hoch	Auswahl Use Case 1 - 3
Umfrageergebnis	%	%	%	%	%	%	
Use Case 1	7	71	21			78	2
Use Case 2	43	36	21			79	1
Use Case 3	21	43	29	7		64	3
Use Case 4	21	43	21	14		64	3
Use Case 5	43	21	21	14		64	3

Die Use Cases 3 bis 5 erreichen auch nach dieser Vorgehensweise keine eindeutige Auswahl. Aus den Vorrecherchen und Kooperationstreffen ist allerdings bekannt, dass Use Case Nummer 4 für das Facility Management den größten Vorteil brächte. Wie in Tabelle 4 dargestellt fällt deshalb die Entscheidung zur Umsetzung des dritten Use Case bei dieser Methodik auf Use Case 4.

#### 6.4.4 Weitere quantitative Ergebnisdarstellungen

Eine weitere Möglichkeit der quantitativen Inhaltsanalyse, mittels einer gewichteten prozentualen Auswertung zeigt das Potenzial eines weiteren Use Cases. In der nachfolgenden Tabelle ist klar zu erkennen, dass neben den bereits ermittelten Use Cases 1 und 2, ebenfalls ein großes Potenzial der Umsetzung bei Use Case 5 liegt. Bei der Ermittlung werden die Ergebnisse der Auswahlmöglichkeiten absteigend mit 5 bis 1 multipliziert.

Bewertung des Nutzens:	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering	Ergebnis	Auswahl Use Case 1 - 3
Multiplikator	5	4	3	2	1	5 - 1	
Umfrageergebnis	%	%	%	%	%	%	
Use Case 1	5x7	4x71	3x21			382	3
Use Case 2	5x43	4x36	3x21			422	1
Use Case 3	5x21	4x43	3x29	2x7		378	4
Use Case 4	5x21	4x43	3x21	2x14		368	5
Use Case 5	5x43	4x21	3x21	2x14		390	2

Die folgenden quantitativen Inhaltsanalyse basiert auf einer gewichteten absoluten Auswertung der Teilnehmenden und ihrer Abstimmungsergebnisse. Bei der Ermittlung werden die absoluten Zahlen der Teilnehmenden absteigend mit 5 bis 1 multipliziert. Die Ermittlung der Use Case Auswahl zeigt allerdings keine Veränderung zur vorherigen gewichteten

prozentualen Auswertung der Ergebnisse. In der nachfolgenden Tabelle wird erneut klar sichtbar, dass neben Use Case 1 und 2, Use Case 5 ein großes Potenzial der Umsetzung aufweist.

Bewertung des Nutzens:	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering	Ergebnis	Auswahl Use Case 1 - 3
Multiplikator	5	4	3	2	1	5 - 1	
Umfrageergebnis	%	%	%	%	%	%	
Use Case 1	1x5	10x4	3x3			54	3
Use Case 2	6x5	5x4	3x3			59	1
Use Case 3	3x5	6x4	4x3	1x2		53	4
Use Case 4	3x5	6x4	3x3	2x2		52	5
Use Case 5	6x5	3x4	3x3	2x2		55	2

#### 6.4.5 Ergebnis der qualitativen Inhaltsanalyse

Durch die eingegrenzte Teilnehmerzahl der internen Umfrage erfolgt eine Kategorisierung mit detaillierter Auswertung der Freitextantworten erst zusammen mit den Ideen und Anmerkungen der Bosch Belegschaft. Das zu definierende Material wird nach den Empfehlungen von Mayring<sup>12</sup> analysiert und beschrieben. Um einen Mehrwert für das Projekt zu erhalten wird eine induktive Kategorienbildung gewählt. Die Erzeugung der Kategorien erfolgt auf Teile der Antworten und werden auf Basis der Fragestellung entwickelt. Eine detailliertere Potenzialanalyse wird ebenfalls erst nach Vorliegen des Bosch Ergebnisses erfolgen.

### 7 Geplantes Vorgehen bei der technischen Umsetzung

Aufgrund der noch ausstehenden Stakeholderbefragung, seitens des Kooperationspartners konnte derzeit noch keine abschließende technische Umsetzung geplant werden. Durch persönliche Gespräche bei den Kooperationstreffen entstanden allerdings fachliche Eingrenzungen der umzusetzenden Use Cases. Es konnte bereits erörtert werden, welche Use Cases die höchste Priorität für den Kooperationspartner haben. Folgende Use Cases wurden durch einzelne Stakeholder am Bosch Standort Schwieberdingen für eine voraussichtliche Umsetzung benannt:

1. Use Case 4: Intelligente funkbasierte Stromzähler
2. Use Case 2: Raumlufthkonzept mit CO<sub>2</sub>-Ampeln
3. Use Case 5: Ermittlung des Personenaufkommens mit People Countern

Diese Auswahl deckt sich zum Teil mit der HFT-internen Befragung zur Auswahl der Use Cases. Insbesondere Use Case 2 wurde in allen quantitativen Ergebnisanalysen ausgewählt. Auch Use Case 5 konnte unter Berücksichtigung der weiteren Analysen konkret ermittelt werden. Use Case 4 wurde vom Kooperationspartner bereits zu Beginn der Zusammenarbeit als der Use Case benannt, der dem Facility Management den größten Vorteil brächte. Es ist somit davon auszugehen, dass bei der noch ausstehenden Auswertung der Bosch-internen Befragung genau dieses Ergebnis zu erwarten ist.

<sup>12</sup> <https://www.scribbr.de/methodik/qualitative-inhaltsanalyse/>

## **7.1 Use Case 4: Intelligente funkbasierte Stromzähler**

In den meisten Gebäuden der Liegenschaft gibt es noch keine detaillierten Stromzähler. Sowohl in älteren, als auch in neueren Gebäuden. Für die verschiedenen Stromnutzungsarten, wie Lichtsteuerung, Lüftungsanlagen, aber auch den allgemeinen Stromverbrauch von Verbrauchern, bspw. an Prüfständen gibt es mit der vorhandenen Technik noch keine Möglichkeit der Unterscheidung. Daher besteht großes Interesse an der Aufrüstung von Stromzählern mit Funkmodulen, um Betriebskostenunterschiede aufzudecken. Für die Umsetzung des Use Cases sind vom Kooperationspartner insgesamt 2 Gebäude vorgesehen. Es handelt sich hierbei um die Gebäude Si116 und Si514.

### **7.1.1 Gebäude Si116**

Dieses Gebäude gehört zu den älteren Gebäuden der Liegenschaft. Da sich in den letzten Jahrzehnten die Nutzung der Räumlichkeiten häufig änderte, mussten immer wieder neue Stromverteiler installiert werden. Dies hat zur Folge, dass die Stromverteiler nicht systematisch angeordnet sind und immer wieder Verzweigungen der einzelnen Verbraucher in verschiedenen Stromverteilern auftauchen. Zudem sind die Stromverteilerschränke in der Regel bereits voll ausgelastet und bieten selten Platz für zusätzliche Module. Bei den Kooperationstreffen vor Ort konnten bereits Ziele definiert werden, welche Verbraucher dezentral gemessen werden sollen. Es konnten zudem bereits genaue Plätze festgelegt werden, an denen möglichst kleine Zusatzmodule installiert werden können. Auch die Phasen der Zuleitungen konnten bereits lokalisiert werden. Diese liegen an allen geplanten Messstellen offen, sodass die geplanten Stromwandler problemlos installiert werden können.

Sollte das geplante Vorhaben nicht realisierbar sein, ist geplant die bereits vorhandenen Stromzähler (Janitza UMG 96s) mit den bereits integrierten Schnittstellen zu nutzen. Im Gebäude wurden verschiedene Modelle des Stromzählers (23 und 25) verbaut. Das Modell 23 weist eine Modbus-Schnittstelle auf, mit der unproblematisch passende Funkmodule installiert werden können. Voraussichtlich müssten allerdings Middleware-Applikationen entwickelt werden, welche die richtige Datenübergabe gewährleisten. Beim Modell 25 gibt es keine Modbus-Schnittstelle. An dieser Stelle müsste noch eine geeignete Lösung gefunden werden.

### **7.1.2 Gebäude Si514**

Das Gebäude Si514 gehört zu den neueren Gebäuden der Liegenschaft. Planerisch ist dieses gut durchdacht. Das spiegelt sich unter anderem in den gut erreichbaren Stromschienen wieder, die zudem bereits in KraftVolt und MessVolt unterteilt werden. Aber auch die Stromverteilerschränke weisen einen großen Spielraum für Zusatzmodule auf, sodass es keine Schwierigkeiten bei der Installation der Stromzähler, inkl. Stromwandler und Funkmodule geben sollte. Ein weiterer Vorteil, den dieses Gebäude bietet ist, dass die zu messenden Prüfstellen bereits in einzelne Prüfräume gruppiert sind. Somit können in einem ersten Schritt die einzelnen Prüfräume problemlos ermittelt werden und im zweiten Schritt diese feingranulierter auf die Prüfstände heruntergebrochen werden.

### **7.1.3 Prototyp am Standort Schwieberdingen**

Mit Beginn des Folgeprojektes „Smart Wireless Solutions for Industrial Buildings“ ist geplant, einen ersten Prototypen am Standort Schwieberdingen zu installieren. Um eine einfache

Installation zu gewährleisten, ist geplant diesen im Gebäude Si514 einzurichten. Hierfür wurden bereits folgende Komponenten beschafft:

#### 7.1.3.1 Stromzähler

Es wird ein Stromzähler vom Typ BME 461<sup>13</sup> eingesetzt. Dieser bietet die Schnittstellen M-Bus, Modbus RTU, Modbus TCP und BACnet. Da der Stromzähler bereits eine Schnittstelle des BACnet-Protokolls aufweist und die GLT am Standort Schwieberdingen diese ebenfalls bereitstellt, wird eine Dateneinspeisung problemlos und ohne Zusatzaufwand realisierbar sein.

#### 7.1.3.2 Kabelumbau-Stromwandler

Zum Messen der einzelnen Phasen wird ein Kabelumbau-Stromwandler des Typs KBR 18 50/1A<sup>14</sup> verwendet. Dieser Wandler hat einen Rundleiter von 18 Millimeter, was ausreichend ist, für alle Zuleitungen, die in den Gebäuden verbaut sind. Der Wandler ist für einen Primärstrom von bis zu 50 Ampere ausgelegt, was ebenfalls für die vorhandene Zuleitung ausreichend ist. Alternativ gäbe es noch größere Wandler vom gleichen Typ für einen Primärstrom bis zu 250 Ampere.

#### 7.1.3.3 LoRaWAN Modul

Für die Funkübertragung der ermittelten Daten wird ein RS485 auf LoRaWAN-Konverter<sup>15</sup> eingesetzt. Mit Hilfe des Moduls können alle Komponenten, wie vom Kooperationspartner gewünscht mit einander drahtlos vernetzt werden, um die Energiedaten in das Gebäudemanagement mit einzubinden.

## 7.2 Use Case 2: Raumlufthkonzept mit CO<sub>2</sub>-Ampeln

Bereits während der COVID-19-Pandemie wurden im Gebäude Si130 CO<sub>2</sub>-Sensoren für die Mitarbeitenden beschafft. Es handelt sich hierbei um das Modell „AL-602-02-868 EnoPuck CO<sub>2</sub>“<sup>16</sup> der Firma Deuta Controls. Die CO<sub>2</sub>-Ampel bietet die Möglichkeit, sowohl als Einzellösung als auch in Verbindung mit einer Gebäudeautomation eingesetzt zu werden. Zurzeit wird sie lediglich für die Mitarbeitenden zur Überwachung ihrer eigenen Raumlufth im Büro eingesetzt. Durch das Leuchten in den Farben grün, gelb und rot werden die Mitarbeitenden auf eine ggf. zu hohe CO<sub>2</sub>-Konzentration hingewiesen und hierdurch ermutigt ihren Arbeitsplatz zu lüften. Der EnoPuck CO<sub>2</sub> bietet zudem die Möglichkeit alle Messwerte per EnOcean zu übertragen. Dies erfolgt drahtlos mit Hilfe der Software BL-PC-FLEX-2.

Ziel der Use Case Umsetzung wäre an dieser Stelle anzusetzen und die bisher Stand-alone genutzten CO<sub>2</sub>-Ampeln zu vernetzen und entsprechend in die GLT einzubinden, um eine lückenlose Überwachung der Luftqualität sicherzustellen und im Zuge dessen das Wohlbefinden der Mitarbeitenden ersichtlich zu verbessern. Es ist geplant, die einzelnen Komponenten per EnOcean auf einen Netzwerkschalter im Gebäude aufzuschalten. Vom Switch werden die Daten anschließend per WLAN durch das Bosch-interne Netzwerk auf einen VPN-Tunnel zur

<sup>13</sup> [https://www.berg-energie.de/wp-content/uploads/2021/09/Datenblatt\\_BME\\_461.pdf](https://www.berg-energie.de/wp-content/uploads/2021/09/Datenblatt_BME_461.pdf)

<sup>14</sup> [https://www.berg-energie.de/wp-content/uploads/2021/02/Datenblatt\\_KBR\\_18.pdf](https://www.berg-energie.de/wp-content/uploads/2021/02/Datenblatt_KBR_18.pdf)

<sup>15</sup> <https://www.berg-energie.de/produkt/konverter-rs485-auf-lorawan/>

<sup>16</sup> <https://deuta-controls.net/geraete-peripherie/enopuck-co2mic/>



Auswertesoftware gesendet. Als Switch wird ein IoT-Controller vom Typ „VL-700 BASE 1“<sup>17</sup> verwendet werden.

### 7.3 Use Case 5: Ermittlung des Personenaufkommens mit People Countern

Für die Ermittlung des Personenaufkommens sind die verschiedensten Anwendungsfälle denkbar. Konkret wurden bisher keine mit den Kooperationspartnern besprochen. Es wurde bisher lediglich eine erste Idee geäußert, die Eingänge der Gebäude Si101, Si125, Su150 und Si225 mit unsichtbaren Schranken auszustatten, um ermitteln zu können, wie viele Personen diese Gebäude zu welchen Zeiten betreten bzw. verlassen. Die einzusetzende Technologie wurde derzeit noch nicht besprochen. Denkbar wären hierbei sowohl Ultraschall-, als auch Infrarot-Lösungen oder sogar Laser-Technologien. Die Sensoren werden in den Türrahmen der Gebäudezugänge installiert. Um unterscheiden zu können, ob eine Person das Gebäude betritt oder verläßt, wird es zudem notwendig sein mindestens 2 Sensoren in kurzen Abständen zu platzieren.

Geplant ist Sensoren einzusetzen die LoRaWAN-Schnittstellen bereitstellen, um die bereits vorhandene Funk-Infrastruktur zu nutzen.

### 7.4 Auswahl des Funkstandards

Als Funkstandard für die Umsetzung der Use Cases wird LoRaWAN gewählt. Das Long Range Wide Area Network ist ein Low-Power-Wireless-Netzprotokoll bietet die Möglichkeit die großen Entfernungen, ohne großen Leistungsaufwand auf dem Bosch Campus zu überbrücken. Am Standort Schwieberdingen ist bereits ein lauffähiges LoRaWAN-Gateway, auf dem Dach des Gebäudes Si521 wieder in Betrieb genommen worden. Hierbei handelt es sich um das Modell „WISE-6610-E500C-A“<sup>18</sup> von Advantech. Dieses wurde, da es einige Zeit nicht genutzt wurde bereits bei einem Kooperationstreffen vor Ort in das „The Things Network“<sup>19</sup> eingebunden und auf den mittlerweile gängige V3 STACK upgedated.

Als nächster Schritt ist geplant bei einem weiteren Kooperationstreffen vor Ort die Signalstärken des LoRaWAN-Gateways in den Gebäuden Si116 und Si514 zu messen. Hierdurch soll sichergestellt werden, dass das Senden der Daten nicht durch die weiten Entfernungen, oder auch eventuelle Abschirmungen innerhalb der Gebäude beeinträchtigt wird.

## 8 Fazit und Ausblick

Die in diesem Projekt entwickelten Use Cases bieten das Potenzial, mit Hilfe von drahtlosen Technologien und Open-Source-Anwendungen aus dem Smart-Home-Bereich die Bestandsgebäude des Bosch Standortes in Schwieberdingen nachträglich zu vernetzen. Sowohl bereits bestehende Energieverbrauchszähler und CO<sub>2</sub>-Ampeln, als auch neu zu installierende People-Counting-Systeme, die nicht an die GLT angebunden sind werden im Folgeprojekt „Smart Wireless Solutions for Industrial Buildings“ in diese integriert, um die ermittelten Daten, bspw. für einen bedarfsgerechten Einsatz bereitzustellen.

<sup>17</sup> <https://deuta-controls.net/bediengerate-und-controller/controller-iot/vl-700-base-1-kompaktsteuerung/>

<sup>18</sup> [https://advdownload.advantech.com/productfile/PIS/WISE-6610-E500/file/WISE-6610\\_DS\(1022221\)20210223090825.pdf](https://advdownload.advantech.com/productfile/PIS/WISE-6610-E500/file/WISE-6610_DS(1022221)20210223090825.pdf)

<sup>19</sup> <https://www.thethingsnetwork.org/>

Durch den Aufbau und die Evaluation der Pilotanwendungen im realen Umfeld soll so ermittelt werden, ob sich diese Technologien zur längerfristigen Anwendung eignen und welche Chancen sich insbesondere für die Effizienzsteigerung daraus ergeben.

Geplant ist zudem der Aufbau einer standortübergreifenden LoRaWAN-Infrastruktur, die bspw. eine Mitnutzung durch die Kommune Schwieberdingen ermöglicht. Hierdurch soll ein völlig neues Potenzial für öffentliche, gewerbliche, industrielle und private Zwecke entstehen. Anhand der Evaluierung der technischen Bewertung der Pilotanwendungen und der Gegenüberstellung der erwarteten Mehrwerte soll so eine Potenzialanalyse neuer Geschäftsmodelle erstellt werden, um so auch eine spätere wirtschaftliche Verwertung zu ermöglichen.

Die Ergebnisse des Projektes werden in einem anwendungsorientierten Leitfaden aufbereitet, der sie für andere Unternehmen in der Region Stuttgart und darüber hinaus nutzbar macht.

## Literaturverzeichnis

- Abdullin, V. Vildan; Shnayder, A. Dimitry; Khasanov R. Aleksey; Tselikanov, F. Danila (2020): IIoT-Based Approach to Industrial Equipment Condition Monitoring: Wireless Technology and Use Cases. In: 2020 Global Smart Industry Conference (GloSIC). 2020 Global Smart Industry Conference (GloSIC), S. 399–406. Online verfügbar unter <https://ieeexplore.ieee.org/document/9267842/metrics#metrics>, zuletzt geprüft am 02.11.2021.
- AMEV (2019): Hinweise für Planung, Ausführung und Betrieb der Gebäudeautomation in öffentlichen Gebäuden. Gebäudeautomation 2019. Hg. v. AMEV. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat. Berlin. Online verfügbar unter [https://www.amev-online.de/AMEVInhalt/Planen/Gebaeudeautomation/GA%202019/AMEV\\_GA2019\\_2019-03-29.pdf](https://www.amev-online.de/AMEVInhalt/Planen/Gebaeudeautomation/GA%202019/AMEV_GA2019_2019-03-29.pdf), zuletzt geprüft am 08.06.2021.
- Ammon, Norman; Siemens, Eilert (2012): Gebäudeleittechnik. SecuPedia. Online verfügbar unter <https://www.secupedia.info/wiki/Geb%C3%A4udeleittechnik>, zuletzt aktualisiert am 12.01.2012, zuletzt geprüft am 25.11.2021.
- Becker, Birger (2014): Interaktives Gebäude-Energiemanagement. Zugl.: Karlsruhe, Karlsruher Inst. für Technologie (KIT), Diss., 2014. Print on demand. Karlsruhe: KIT Scientific Publ.
- Coors, Volker (2021): Urbane Energiesysteme und Ressourceneffizienz ENsource. Online verfügbar unter [https://www.researchgate.net/profile/Denise-Meyer/publication/350111216\\_Geschäftsmodellkonfigurator/links/6051fd3aa6fdccbfcae791b7/Geschäftsmodellkonfigurator.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Denise-Meyer/publication/350111216_Geschäftsmodellkonfigurator/links/6051fd3aa6fdccbfcae791b7/Geschäftsmodellkonfigurator.pdf), zuletzt geprüft am 01.07.2021.
- Domingues, Pedro; Carreira, Paulo; Vieira, Renato; Kastner, Wolfgang (2016): Building automation systems: Concepts and technology review. In: Computer Standards & Interfaces 45, S. 1–12. DOI: 10.1016/j.csi.2015.11.005.
- Eichstädt-Engelen, Thomas; Kreuzer, Kai (2014): Welten verbinden. Einführung in die Heimautomatisierung mit openHAB. Hg. v. S&S Media Verlag ("Internet of Things"). Online verfügbar unter <https://www.innoq.com/de/articles/2014/11/welten-verbinden/>, zuletzt aktualisiert am 10.11.2014, zuletzt geprüft am 25.11.2021.
- Erbstößer, Anne-Caroline (2018): Smart Buildings im Internet der Dinge. Die digitale Zukunft von Gebäuden. Hg. v. TSB Technologiestiftung Berlin. Berlin. Online verfügbar unter [https://www.technologiestiftung-berlin.de/fileadmin/user\\_upload/smart-building-im-internet-der-dinge-studie.pdf](https://www.technologiestiftung-berlin.de/fileadmin/user_upload/smart-building-im-internet-der-dinge-studie.pdf), zuletzt geprüft am 23.06.2021.
- Exner, Julia; Flore, Philipp; Hefner, Martin; Hofmann, David, B.; Brandao, Kruse, Tanja; Mattes, Katharina et al.: Smart Buildings. Erfolgskritische Trends und Anwendungsfälle für Gebäudeplanung und Betrieb. Hg. v. BVDW. Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V. Online verfügbar unter <https://atpinfo.de/wp-content/uploads/2021/03/Studie-2021-Smart-Buildings-Erfolgskritische-Trends-und-Anwendungsaefaele-fuer-Gebaeudeplanung-und-Betrieb.pdf>, zuletzt geprüft am 23.06.2021.
- Gerl, Sabrina (2020): Innovative Geschäftsmodelle für industrielle Smart Services. Ein Vorgehensmodell zur systematischen Entwicklung. 1st ed. 2020. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint: Springer Gabler (BestMasters). Online verfügbar unter <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-658-29568-4.pdf>, zuletzt geprüft am 27.07.2021.

- Kuckartz, Udo (2014): Mixed Methods. Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren. Wiesbaden: Springer VS (Springer eBook Collection). Online verfügbar unter <http://link.springer.com/978-3-531-93267-5>, zuletzt geprüft am 30.11.2021.
- Piesold, Ralf-Rainer (2021): Strategisches Management. In: Kommunales E-Government: Springer Gabler, Berlin, Heidelberg, S. 131–145. Online verfügbar unter [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-63094-5\\_9](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-63094-5_9).
- Röwaplan (2016): Nützliche GLT (Gebäudeleittechnik) oder doch „Smart FM“? Hg. v. Röwaplan AG. openPR. Online verfügbar unter <https://www.openpr.de/news/928928/Nuetzliche-GLT-Gebaeudeleittechnik-oder-doch-Smart-FM.html>, zuletzt aktualisiert am 25.11.2016, zuletzt geprüft am 25.11.2021.
- Schuhknecht Felix (2020): Performance Management in der digitalen Welt | SpringerLink. Die Digitalisierungsscorecard als Instrument für das Management digitaler Geschäftsmodelle. Hg. v. Universität Bamberg. Universität Bamberg. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-658-32177-2>, zuletzt aktualisiert am 07.09.2021, zuletzt geprüft am 07.09.2021.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin (2018): Leitfadenzum Technischen Monitoring von öffentlichen Gebäuden zur Betriebsoptimierung und Effizienzsteigerung. Hg. v. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin. Berlin. Online verfügbar unter [https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/nachhaltiges\\_bauen/download/technisches\\_monitoring/Leitfaden\\_zum\\_technischen\\_Monitoring-2018.pdf](https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/nachhaltiges_bauen/download/technisches_monitoring/Leitfaden_zum_technischen_Monitoring-2018.pdf), zuletzt geprüft am 29.06.2021.
- Stuckenholz, Alexander (2020): Kommunikation und Automation. In: Alexander Stuckenholz (Hg.): Basiswissen Energieinformatik. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 153–219.
- TSB Technologiestiftung Berlin (Hg.) (2014): Smart City Berlin. Urbane Technologien für Metropolen. Unter Mitarbeit von Anne-Caroline Erbstößer. Online verfügbar unter [https://www.technologiestiftung-berlin.de/fileadmin/daten/media/publikationen/140213\\_Studie\\_SmartCity.pdf](https://www.technologiestiftung-berlin.de/fileadmin/daten/media/publikationen/140213_Studie_SmartCity.pdf).
- Wellbrock, Wanja; Ludin, Daniela (Hg.) (2021): Nachhaltiger Konsum. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Wellsandt, Stefan; Anke, Jürgen; Thoben, Klaus-Dieter (2017): Modellierung der Lebenszyklen von Smart Services. In: Smart Service Engineering (pp.233-256). Hg. von Thomas, Oliver; Nüttgens, Markus; Fellmann, Michael. Edition: 1. Verlag: Springer Gabler. DOI:10.1007/978-3-658-16262-7\_11
- WILO SE (2015): Gebäudeautomation oder Smart Home. In: HEMagazin Das Hocheffizienz-Magazin von Wilo. Online verfügbar unter <https://silo.tips/download/das-hocheffizienz-magazin-von-wilo>, zuletzt geprüft am 25.11.2021.
- Yaici, Wahiba; Krishnamurthy, Karthik; Entchev, Evgueniy; Longo, Michela (2021): Recent Advances in Internet of Things (IoT) Infrastructures for Building Energy Systems: A Review. In: Sensors (Basel, Switzerland) 21 (6), S. 2152. DOI: 10.3390/s21062152.