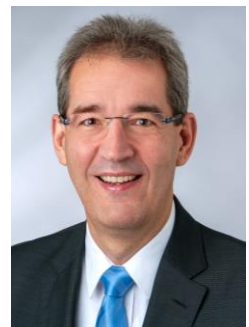


Potenzial KI-basierter Verfahren hinsichtlich Optimierung des Raum bzw. Gebäudeenergiebedarfs

Prof. Dr. Michael Krödel
Technische Hochschule Rosenheim
Rosenheim, Deutschland



Potenzial KI-basierter Verfahren hinsichtlich Optimierung des Raumenergiebedarfs

1. Einleitung

Der Begriff «KI – Künstliche Intelligenz» ist in aller Munde und wird auch im Umfeld von Gebäuden bzw. der Gebäudeautomation zunehmend verwendet. Dabei stellt sich die Frage, was das ist und welcher konkrete Nutzen damit ermöglicht wird. Ebenso sollte man sich vor Augen führen, welcher Aufwand mit der Einführung von KI verbunden ist – aufgrund von Konsequenzen an Systemarchitekturen sowie den Planungs- und Betriebsprozess. Denn erst bei gleichzeitiger Betrachtung von Aufwand und Nutzen kann individuell für eine Liegenschaft oder ein Bauvorhaben entschieden werden, ob die Einführung von KI sinnvoll ist.

Gebäude werden üblicherweise sehr «statisch» betrieben. Beispielhaft erfolgt der Betrieb von Komponenten der TGA (Technische Gebäudeausrüstung) wie z.B. Pumpen, Ventilatoren, Stellantriebe etc. oft auf Basis einfacher Regelparameter oder gemäß fester Zeitprogramme; die Raumtemperaturregelung orientiert meist an einem über den ganzen Tag identischen Sollwert; die Beleuchtung wird oft manuell oder auf Basis von einfachen Präsenzschaftungen betrieben; Jalousien und Rollläden werden über feste Zeitprogramme angesteuert. Das alles ist nicht wirklich «intelligent» und führt bei Nutzern oft zu Verärgerung und Abneigung gegenüber automatischen Vorgängen in Gebäuden. In der Anlagenautomation schaut es nicht besser aus. Pumpen und Ventilatoren sind oft im Dauerbetrieb und im besten Fall lediglich differenzdruckgeregelt; Pufferspeicher in Heiz- und Kühlkreisen werden so betrieben, dass ein möglichst konstantes Temperaturniveau vorliegt; Wärmeerzeuger wie z.B. Heizkessel oder Wärmepumpen orientieren sich im Betriebsverhalten am aktuellen, aber nicht am für den Rest des Tages vorhersagbaren Bedarf.

Der wichtigste Mehrwert bei der Einführung von KI im Umfeld der Gebäudeautomation ist die autonome Analyse von Daten als Grundlage für einen optimierten Betrieb sowie sogenannte Mehrwertdienste. Ein optimierter Gebäudebetrieb im Umfeld der Heizung liegt z.B. dann vor, wenn das Aufheiz- und Abkühlverhalten der Räume, Wetterprognosen, prognostizierte Raumbelegung im Tagesverlauf etc. berücksichtigt werden. Die Nutzungsintensität von Teeküchen, Kantinen und Toiletten wird erfasst, um Reinigungsintervalle anzupassen – ebenso nicht nur auf Basis von aktuellen Ist-Werten, sondern prognosegeführt aufgrund entsprechender Analysen zurückliegender Tage und Wochen. Durch die Analyse von Stromverbrauchswerten elektrischer Geräte kann auf deren Zustand geschlossen und bedarfsweise vorbeugende Wartung ausgelöst werden. Diese Art des vorrausschauenden Gebäudebetriebs lässt sich auf fast jeden Bereich der TGA übertragen. Die Vorteile sind vielfältig und reichen von erhöhter Energieeffizienz über reduzierte Betriebskosten bis hin zu optimierter Flächenauslastung

Ergänzend lassen sich eine Vielzahl weiterer Dienste zum Wohle des Menschen umsetzen: Wenn z.B. ein Bürogebäude berücksichtigt, wie viele oder gar welche Mitarbeiter an einem Arbeitstag zu welchem Zeitbereich anwesend sind, kann das zur bedarfsgerechten Flächenbereitstellung und Konditionierung des Gebäudes verwendet werden und leistet einen Beitrag zur Steigerung von Mitarbeiterzufriedenheit und -produktivität. So können z.B. Buchungen von Besprechungsräumen in Bezug auf die Anzahl der Teilnehmer, deren Wegstrecke und Vorlieben zu technischer Ausstattung des Raumes oder Nähe zu Teeküche oder Toiletten optimiert werden. Ebenso können Prognosen von Wartezeiten im Kantinenbereich genutzt werden, um Mitarbeitern die Möglichkeit zu geben, den Zeitpunkt des Mittagessens zu optimieren.

2. «Building Automation», «Smart Building» und «Cognitive Building»

2.1. Building Automation

Unter dem Begriff «Gebäudeautomation» bzw. **«Building Automation»** versteht man die Teilbereiche der Raum- und Anlagenautomation und somit die Disziplin, den Betrieb unterschiedlicher technischer Gewerke zu automatisieren.

Die klassische Gebäudeautomation ermöglicht die raumseitige Betriebsoptimierung von u.a. Beleuchtung, Verschattung und Lüftung sowie den bedarfsoptimierten Betrieb der entsprechenden Anlagentechnik. So wichtig dieser erste Schritt an Automation auch ist, so ist dieser doch relativ «un-intelligent». Bei der Programmierung werden meist einfache Regeln hinterlegt, um eine Inbetriebnahme zügig durchführen zu können und die Anforderungen an die spätere Betreuung möglichst einfach zu halten. Auch ist es so, dass ein komplexeres, adaptives oder gar lernendes Verhalten durch die üblichen Technologien nicht bzw. kaum unterstützt wird. Bei den sogenannten Bus-Systemen ergibt sich das Gesamtverhalten aus der Kombination von Geräteparametern sowie funktionalen Verknüpfungen zwischen Sensoren und Aktoren. Das ist vermeintlich einfach umzusetzen, ermöglicht aber keine echte Gebäudeintelligenz. Bei höherem funktionalem Anspruch sind Controller (auch als DDC¹ bezeichnet) erforderlich, die entsprechend programmiert werden. Auch wenn die Art der Programmierung in der Gebäudeautomation nicht verbindlich festgeschrieben ist, so orientieren sich die meisten Hersteller an der Norm IEC 61131 – einer Norm zur Programmierung von speicherprogrammierbaren Steuerungen, die ihren Ursprung in der Prozessautomation hat. Die dort aufgeführten Programmiervarianten erlauben eine freie, kreative Programmierung, aber bei (zu) komplexen Anforderungen wird die Programmierung sehr schnell unübersichtlich und ist somit für eine Nachbetreuung ungeeignet. Im besten Fall hat man sich für einen Hersteller mit sehr funktionalen Programm-Bibliotheken entschieden, aber ist damit an den Hersteller gebunden und von dessen Weiterentwicklung der Bibliotheken abhängig. Die Begriffe Gebäude-, Raum- und Anlagenautomation sind dabei normativ geregelt – so z.B. in der VDI 3814 oder der DIN EN ISO 16484.

2.2. Smart Building

Das **«Smart Building»** baut auf der klassischen Gebäudeautomation auf und erweitert es um intelligentere Regelstrategien. Abbildung 1 zeigt die übliche Struktur der Gebäudeautomation mit drei Ebenen. In dieser Abbildung ist bereits zu sehen, dass ein Teil der «Intelligenz» von den Bus-Systemen (Feld-Ebene) bzw. den Controllern (Automations-Ebene) in die Management-Ebene verlagert wird. In dieser Ebene ist im klassischen Sinn die GLT (Gebäude-Leittechnik) zu finden, die zur Überwachung der Gesamtanlage, Optimierung oder Steuerung von Betriebsabläufen sowie allgemeiner Visualisierung zuständig ist. Diese ist gemäß ihrer Historie nicht dafür geeignet, die anstehenden Steuerungsaufgaben zu übernehmen und somit bilden sich derzeit am Markt neue Systeme – hier als BMS (Building Management System) bezeichnet. Im Vergleich zu klassischen GLT-Systemen erlauben BMS-Systeme die beliebige Programmierung von Gebäudeintelligenz mit modernen IT-Sprachen bzw. -Werkzeugen, beliebige Kopplungen mit anderen IT-Systemen wie Raumbuchungssystemen oder Datenbanken, Visualisierungen auch für «normale» Nutzer und nicht nur Facility-Manager, standortbezogene Dienste wie z.B. Indoor-Navigation etc.

Der Begriff «Smart Building» ist nicht genormt, wird aber in der Branche zunehmend als Synonym für eine um Funktionalität erweiterte Gebäudeautomation verwendet.

¹ Direct Digital Control

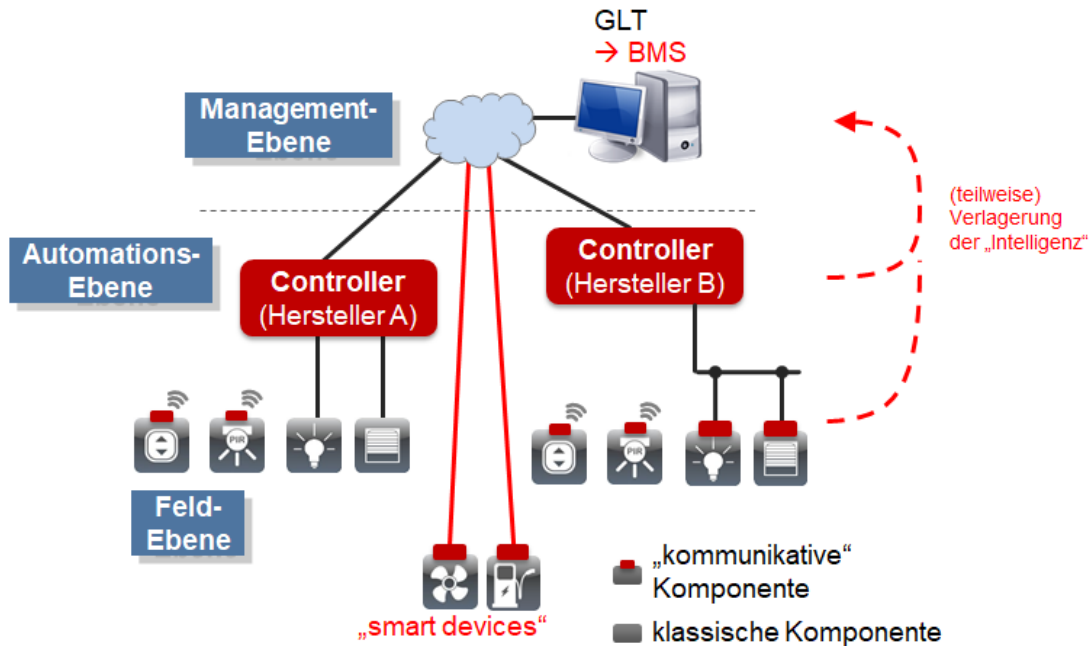


Abbildung 1: Ebenen der Gebäudeautomation inklusive Verlagerung der «Intelligenz»

2.3. Cognitive Building

Mit der zunehmenden Kommunikation von Sensordaten in die IT-basierte Management-Ebene stehen sehr funktionale Auswertungsmöglichkeiten zur Verfügung – bis hin zu verfügbaren Werkzeugen der KI. Dies ist wiederum die Voraussetzung für jeglichen prognosegeführten Gebäudebetrieb. Der Begriff «Cognitive Building» ist nicht genormt und wird bisher nur von wenigen Firmen wie z.B. IBM verwendet – dabei bezeichnet der Begriff sehr gut die Abgrenzung vom zuvor aufgeführten «Smart Building». D.h. ein «Cognitive Building» setzt auf einem funktionalen «Smart Building» auf und ergänzt dieses um die intelligente Auswertung von Daten.

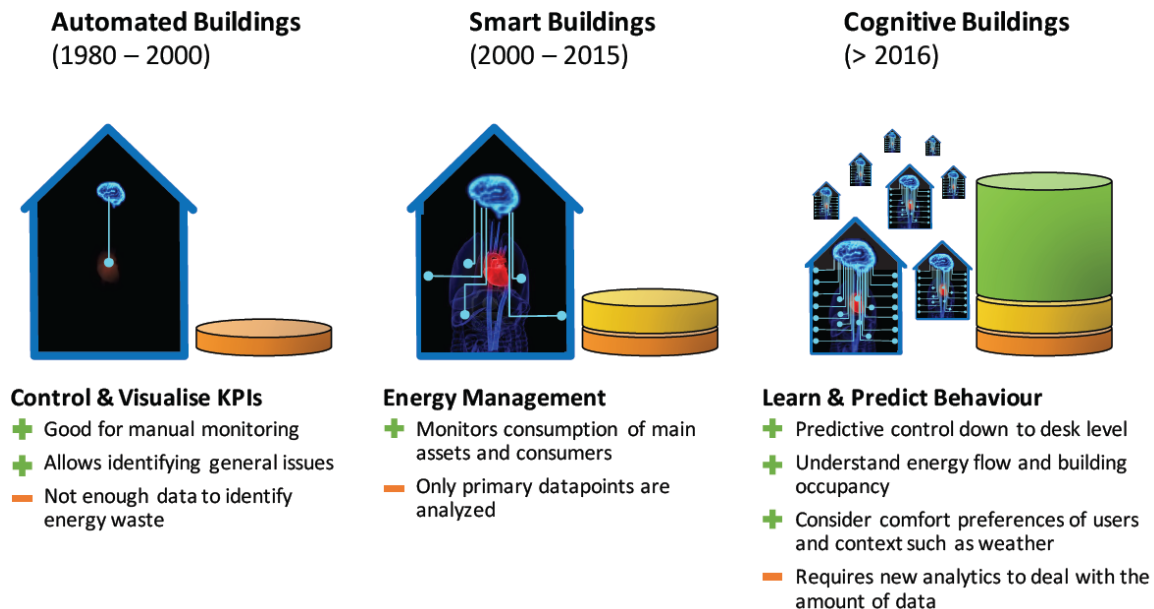


Abbildung 2: Building Automation - Smart Building - Cognitive Building (Quelle: IBM)

Bei der Erweiterung des Smart Building zum Cognitive Building sollte beachtet werden, dass nicht jeglicher Entscheidungsprozess in die Management-Ebene verlagert wird. Für viele Anwendungen genügen weiter einfache Regelprozesse, die in der Automations-Ebene oder in Bus-Systemen der Feld-Ebene ausgeführt werden. Ein ganz wesentlicher erster

Schritt bei der Einführung eines Cognitive Building ist somit, zu Beginn die konkreten Anforderungen an die KI-basierten Verfahren festzulegen. Dies wird deshalb betont, weil das Schlagwort «KI» derzeit häufig als Synonym für Problemlösungen jeglicher Art verwendet wird. Ohne konkrete Aufgabenstellung an KI-basierte Verfahren und in Konsequenz an die erforderlichen und korrekt aufbereiteten Daten wird sich aber kein Erfolg einstellen. KI-basierte Verfahren sind auch im Umfeld von Gebäuden kein Wundermittel für alles, sondern eine sinnvolle punktuelle Erweiterung der Funktionalität. Auch in Bezug auf die Architektur muss beachtet werden, dass die Ausführung der KI-basierten Verfahren üblicherweise nicht auf den klassischen Computern der Gebäudeleittechnik (GLT) oder Building Management Systemen (BMS) stattfindet. Dies liegt daran, dass GLT-/BMS-Systeme und KI-Plattformen unterschiedliche Softwareprodukte sind. Somit gilt es, beide Plattformen zu koppeln und Daten strukturiert auszutauschen. Dies alles gilt es bei der Planung der KI-basierten Software-Architektur zu berücksichtigen. Dabei besteht schon heute die Wahl zwischen cloud-basierten Systemen oder Software zur Installation im eigenen Rechenzentrum.

3. Konkrete Einsatzmöglichkeiten

Die Einsatzmöglichkeiten von KI-basierten Verfahren im Bereich der Gebäudeautomation sind sehr vielfältig. Einige Beispiele wurden bereits erwähnt. Im Folgenden werden weitere Einsatzmöglichkeiten beschrieben und sind nach Art des Einsatzes abschnittsweise gruppiert.

Dabei kann dies nur eine Momentaufnahme sein – Ideen zu weiteren Einsatzmöglichkeiten entwickeln sich fortlaufend auf Basis von Pilotprojekten und der Erfahrung von umgesetzten Installationen.

3.1. Optimierter Gebäudebetrieb

Viele elektrische Komponenten in Gebäuden werden unnötig bzw. falsch betrieben – weil diese entweder im Dauerbetrieb sind oder unnötig lange/oft betrieben werden. Dies ist z.B. der Fall, wenn morgens im Büro das Licht eingeschaltet wird und in diesem Status den ganzen Tag verbleibt – unabhängig vom Tageslichteinfall oder Präsenz im Raum. Als anderes Beispiel sind Umwälzpumpen zu nennen, die oft im Dauerbetrieb sind. Wenn man diese unnötigen Betriebszeiten erkennen und melden könnte, könnten Mitarbeiter informiert und sensibilisiert werden bzw. das technische Betriebspersonal könnte Anpassungen an Betriebsparametern vornehmen.

Die besondere Komplexität liegt in der Vielzahl an Sensorwerten sowie Handlungsoptionen. Wie in einem Beispiel zuvor erwähnt, sollte zur optimierten Raumtemperaturregelung nicht nur die aktuelle Raumtemperatur, sondern auch die Außentemperatur, die prognostizierte Belegung und Belegungsdauer sowie die Energieverbrauchskennwerte aller beteiligten Komponenten berücksichtigt werden; zur Ansteuerung sollte nicht nur ein einzelnes Ventil am raumseitigen Heizkörper, sondern alle am Heizprozess beteiligten Stellantriebe, Umwälzpumpen und Wärmeerzeuger ganzheitlich optimiert angesteuert werden.

Die europäische Norm DIN EN 15232 beziffert das energetische Einsparpotenzial auf 20 % im thermischen Bereich und 8 % im elektrischen Bereich, wenn von der GA-Effizienzklasse C (Standard-GA) auf die GA-Effizienzklasse B (erweitertes GA-System) übergegangen wird. Dies setzt allerdings voraus, dass die Gebäudeautomation korrekt eingerichtet ist und ebenso korrekt betrieben wird. Es müsste somit auch der ordnungsgemäße Betrieb der Automation regelmäßig untersucht werden, was in der Praxis üblicherweise nicht erfolgt. Eine manuelle Auswertung scheitert meist am Umfang und damit an der Komplexität der auszuwertenden Daten. Dort wo computergestützte Auswertungen verwendet werden, ist ein großes Problem die Individualität von jedem Gebäude. D.h. die Optimierungsmaßnahmen für ein Gebäude lassen sich üblicherweise nur mit viel Aufwand auf andere Gebäude übertragen – und wird wegen des hohen Aufwands nur selten durchgeführt.

Viele Gebäude werden somit – selbst bei Nutzung von Gebäudeautomation – sehr «statisch» betrieben. D.h. auf Basis von einfachen Schwellwerten oder Zeitprogrammen. Insbesondere deshalb wären in diesem Umfeld Verfahren sinnvoll, die möglichst autonom die optimierten Betriebsparameter jeder einzelnen Komponente ermitteln und dann dynamisch, d.h. in regelmäßigen Zeitabständen, an die Controller der Gebäudeautomation übertragen.

Auf diese Art und Weise kann jedes Gebäude individuell so betrieben werden, dass es die übergeordneten Anforderungen an z.B. Heizung, Lüftung, Beleuchtung unter Berücksichtigung von Nutzerzufriedenheit und gleichzeitig möglichst geringen Kosten erreicht.

3.2. Optimierte Flächennutzung und Infrastrukturausstattung

Insbesondere in Bürogebäuden existieren viele gemeinsam genutzten Flächen. Darunter fallen u.a. Besprechungsräume, Kantine, Teeküchen, Verkehrswege, Toiletten und Parkplätze. Eine Zunahme ist bei den Arbeitsplätzen zu verzeichnen – aufgrund des zunehmenden Wandels von fest zugeordneten Schreibtischen zu Wechselarbeitsplätzen.

Eine übermäßige Flächenbereitstellung ist betriebswirtschaftlich unsinnig; eine zu geringe Bereitstellung hingegen sehr ärgerlich für die betroffenen Mitarbeiter. In Konsequenz ist eine möglichst optimierte Auslastung anzustreben. Dies wiederum ist ein sehr dynamisches Szenario und deshalb ebenso ein sinnvolles Einsatzgebiet für KI-basierte Verfahren. Ein Smart Building kann bereits den Ist-Zustand visualisieren aber mit Hilfe von KI-basierten Verfahren können verlässliche Prognosen für zukünftige Tage für Flächenanforderungen auf Basis von historischen Daten erstellt werden. Das gilt wohlbemerkt nicht nur für Arbeitsplätze und Besprechungsräume, sondern auch für z.B. Parkplätze, den Kantinenbereich, Toiletten sowie Platzbedarf in den Fluren.

Engpässe, d.h. Überbelegungen, müssen rechtzeitig erkannt und gemeldet werden, um zu kurz- und langfristigen Maßnahmen zu führen. Als kurzfristige Maßnahmen sind Statusinformationen an Mitarbeiter denkbar, um diese bei z.B. mehreren verfügbaren Liegenschaften auf ein anderes Gebäude umzulenken. Alternativ können Informationen zur Belegungsdichte auch verwendet werden, um z.B. auf verstärkte Nutzung von Web-Konferenzen und/oder Home-Office auszuweichen. Parallel zu den kurzfristigen Maßnahmen können auch langfristige Maßnahmen abgeleitet werden. Das umfasst zum einen Flächenerweiterung oder -reduktion, aber ebenso auch Veränderungen in der örtlichen Lage von Infrastruktur wie z.B. Teeküchen, Scanner/Drucker, Snack-Automaten, Schließfächer etc.

3.3. Lastverschiebung

Durch den gleichzeitigen und nicht aufeinander abgestimmten Betrieb elektrischer Verbraucher ergeben sich Lastspitzen in Bezug auf elektrische Energie. Dies führt zu Problemen für zwei Parteien. Für den Energieversorger sind Lastspitzen eine zusätzliche Herausforderung. Elektrische Energie kann nur in Grenzen zwischengespeichert werden. Die Notwendigkeit, kurzfristig auf Lastspitzen reagieren zu müssen, lässt sich nur mit hohem Aufwand bewerkstelligen («Ausgleichsenergie» bzw. «Regelenergie»). Aus diesem Grund bieten Energieversorgungsunternehmen für Großverbraucher so genannte Leistungspreis-Tarife an. Dabei wird zusätzlich zu der genutzten Energiemenge (dem sogenannten Arbeitspreis) ein Leistungspreis berechnet, der sich an der höchsten Lastspitze innerhalb z.B. eines Jahres orientiert. Dies wiederum bedeutet für Kunden dauerhaft höhere Kosten, wenn sie kurzfristige Lastspitzen erzeugen. Im Umkehrschluss lassen sich sowohl Energiekosten für Nutzer als auch technischer Aufwand für Ausgleichsenergie beim Energieversorger reduzieren, wenn Lastspitzen reduziert werden.

Im einfachen Fall wird eine Lastspitze erst dann erkannt, wenn diese eintritt und führt zur unmittelbaren Abschaltung von weniger relevanten Verbrauchern. Deutlich besser ist die Erstellung von Lastprognosen zur vorausschauenden Steuerung. Ersteres ist ein einfacher Steuerungsprozess – letzteres eine anspruchsvolle Aufgabe für KI-basierte Verfahren.

3.4. Vorbeugende Wartung und Serviceoptimierung

Ein für den Liegenschaftsbetrieb sehr wichtiger Aspekt ist die vorbeugende Wartung. Mit diesem Verfahren, technische Komponenten bedarfsgerecht zu warten bzw. im Falle eines wahrscheinlichen Ausfalls vorher auszutauschen, wird deren Verfügbarkeit erhöht. Eine Indikation für den Wartungsbedarf einer Komponente kann das Verlaufsprofil der elektrischen Energieaufnahme sein. Im Umkehrschluss ist es sinnvoll, Anomalien in den Lastkurven der elektrischen Energie zu erkennen und auf einen Wartungs- bzw. Austauschbedarf einer entsprechenden Komponente zu schließen. Idealerweise berücksichtigen Wartungs- und Austauschempfehlungen auch die Auslastung von Facility Manager bzw. Hausmeister.

Dabei gilt das nicht nur für die konventionellen Komponenten der Technischen Gebäudeausrüstung wie Pumpen, Ventilatoren, Stellantriebe, Leuchten etc., sondern auch für Komponenten wie Beamer, LCD-Panels, Kühlschränke usw.

3.5. Mitarbeiterorientierte Mehrwertdienste

Bereits beim Übergang zum «Smart Building» kommt es zur Einführung von Bedienmöglichkeiten für Mitarbeiter über mobile Endgeräte wie Smartphone oder Tablet (siehe Abschnitt 2.2). Im einfachsten Fall ist das die Bedienung von raumseitigen Funktionen wie Beleuchtung, Verschattung oder Raumtemperatur unter Berücksichtigung von individuellem Aufenthaltsort und Berechtigungen. Auch Aspekte wie Indoor-Navigation samt Anzeige von standortbezogenen Diensten (d.h. Nähe zu z.B. Kantine, Teeküche, Toilette oder IT-Infrastruktur) lassen sich bereits ohne KI-basierte Verfahren umsetzen.

Bei der Erweiterung zum Cognitive Building kann die Nutzung über die mobilen Endgeräte deutlich angereichert werden. So können Mitarbeiter nicht nur den aktuellen Status, sondern auch Prognosen zu Flächenbelegungen (Besprechungsräume, Kantine, Parkplätze etc.) einsehen. Gegebenenfalls erhält der Mitarbeiter Optimierungsvorschläge für z.B. Raum oder Zeitpunkt von Besprechungen bis hin zu Hinweisen für Menüvorschläge der Kantine auf Basis von persönlichen Präferenzen bei gleichzeitiger Berücksichtigung einer ausgewogenen Ernährung.

In Bezug auf die Raumkonditionierung (Lichtszenarien, Verschattung, Raumtemperatur) aber auch zugewiesene Gebäudebereiche können Mitarbeiterpräferenzen bzgl. Lage des Arbeitsplatzes, Nähe zu gebäudeseitiger Infrastruktur, Vorlieben beim Parkplatz berücksichtigt werden (idealerweise in Kombination mit der zuvor erwähnten Indoor-Navigation).

3.6. Fokus auf bedeutungstragende Sensorik

Ein letzter Punkt betrifft die optimierte Einführung eines «Cognitive Building». Jedes KI-basierte Lernverfahren benötigt Daten. In Konsequenz sollten im Gebäude möglichst viele Sensoren installiert sein, um diese Daten zu liefern. Dabei können mit Hilfe von KI-basierten Verfahren die Anzahl der Sensoren reduziert werden: Aus Daten eines Sensors können die Daten anderer Sensoren abgeschätzt werden. Statt z.B. Stromzähler für einzelne Geräte oder Stromkreise zu installieren, können diese aus den Stromverlaufskurven zentraler Zähler abgeschätzt werden («Disaggregation»). Aus den Daten raumseitiger Aktivitäten-zähler und Fensterkontakte kann z.B. die Luftqualität abgeschätzt werden. Dies bedeutet, dass die Anzahl der Sensoren mit Hilfe von KI-basierten Auswertungen reduziert werden kann, was eine deutliche Senkung von Investitions- und Betriebskosten ermöglicht.