

Künstliche Intelligenz in der Gebäudeautomation

*Professor Dr. Michael Krödel,
Leiter Institut für Gebäudetechnologie, Ottobrunn
Professor für Gebäudeautomation und -technologie, Technische Hochschule Rosenheim*

und

*Graham Martin
Chairman & CEO, EnOcean Alliance*

Der Begriff "KI – Künstliche Intelligenz" wird in zunehmendem Maße mit Gebäuden und Gebäudeautomation in Verbindung gebracht. Die Frage ist: Was ist künstliche Intelligenz, wo liegen ihre konkreten Vorteile für die Gebäudeautomation, und wie muss die Gebäudeinfrastruktur angepasst werden, um diese Vorteile zu nutzen?

Moderne Gebäudeautomationssysteme arbeiten in der Regel "statisch" – als Antwort auf feste Zeitprogramme oder einfache Steuerungsparameter. So basiert die Raumtemperaturregelung auf einer vorgegebenen Temperatur, die den ganzen Tag über konstant bleibt. Die Beleuchtung wird manuell, mit Schaltern oder auf Basis einfacher Präsenztaster betrieben. All das ist nicht wirklich "intelligent". Die neue Perspektive, die die KI der Gebäudeautomation eröffnen kann, ist die autonome Analyse der Daten als Grundlage für einen optimierten Betrieb. So lassen sich etwa die Heiz- und Kühltendenz von Räumen, Wettervorhersagen oder erwartete Raumbelegung im Tagesverlauf in den Heizungsbetrieb miteinbeziehen. Ebenso können sich Reinigungspläne nicht nur auf die aktuellen Ist-Werte bezüglich Nutzungsintensität von Küchen, Kantinen und Toiletten und anderen Bereichen beziehen, sondern auch auf Vorhersagen, die sich aus einer Analyse der Nutzungsmuster der vergangenen Tage und Wochen ableiten lassen. Dieses zukunftsorientierte Gebäudemanagement lässt sich in fast allen Bereichen der Gebäudetechnik anwenden. Es verbessert die Energieeffizienz sowie Raumnutzung und senkt Betriebskosten.

All dies – und noch viel mehr – ist möglich, wenn Daten über Zustand und Beschaffenheit des Gebäudesystems intelligent ausgewertet werden. Dies erfordert eine umfangreiche Verarbeitung großer Datenmengen, wobei viele Variablen berücksichtigt werden müssen. Künstliche Intelligenz (KI) schafft die Grundlage für innovative, maßgeschneiderte Lösungen, die sich hervorragend für ein effizientes Gebäudemanagement eignen.

"Gebäudeautomation", "Smart Building" und "Cognitive Building"

Anfänglich war "Gebäudeautomation" vergleichsweise "unintelligent". Die Systeme waren so programmiert, dass sie einfachen Regeln folgten, die eine schnelle Inbetriebnahme und später eine einfache Wartung ermöglichten.

Das "Intelligente Gebäude" („Smart Building“) baut typischerweise auf dieser klassischen Gebäudeautomation mit IT-basierten Managementsystemen auf. Diese bieten eine flexible Programmierung unter Verwendung moderner IT-Sprachen und -Werkzeuge, eine einfache Integration in andere IT-Systeme wie Arbeitsplatz- bzw. Raumreservierungssysteme oder Datenbanken sowie eine Datenvisualisierung für Facility-Manager und "normale" Benutzer.

Die zunehmende Einbindung sensorgenerierter Daten in die IT-basierte Steuerungsebene öffnet den Weg für fortschrittlichere Datenverarbeitungslösungen – wie z.B. KI-Tools. Dies wiederum schafft die Voraussetzung für die Implementierung jeder prognosegestützten Form von Gebäudemanagement. Die ausgeklügelte Verarbeitung sensorgenerierter Daten macht das intelligente zu einem "kognitiven Gebäude".

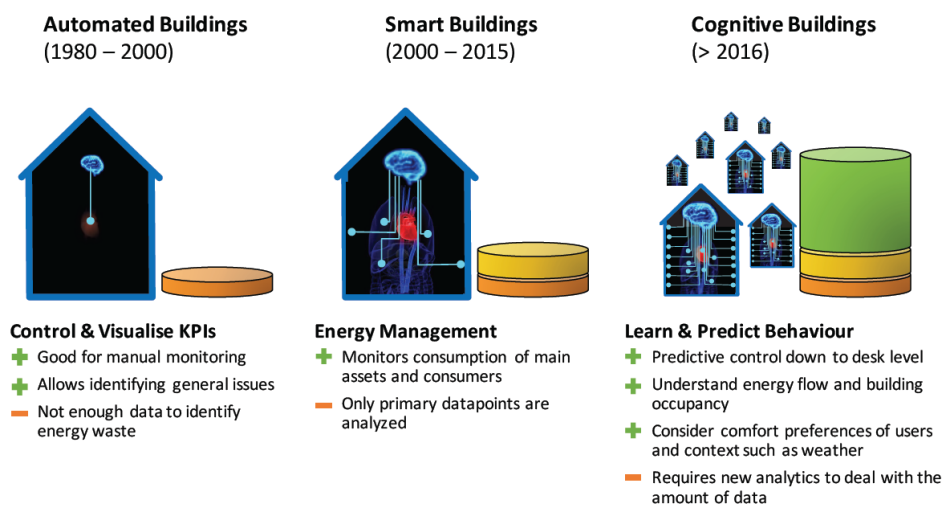


Abb. 1: Gebäudeautomation – Smart Building – Cognitive Building (Quelle: IBM)

KI-Lernprozess

Der erste Schritt in jedem KI-Prozess ist das Systemlernen. Dies kann drei Formen annehmen.

- Unbeaufsichtigtes Lernen
- Beaufsichtigtes Lernen
- Verstärkendes Lernen

"Unbeaufsichtigtes Lernen" kommt zum Einsatz, wenn große Datenmengen verarbeitet und gruppiert werden müssen. Diese Gruppierung ermöglicht es, Abweichungen von Normen und Abhängigkeiten zu erkennen. Beispielsweise lassen sich Sensordaten identischer Umwälzpumpen zusammenfassen. Weichen die Daten einer bestimmten Pumpe oder Pumpengruppe von der Norm ab, kann ein Defekt vorliegen. In diesem Falle muss ein Techniker zur Überprüfung herangezogen werden.

Beim "Beaufsichtigten Lernen" kommen häufig neuronale Netze zum Einsatz. Sie bestehen aus Eingangs- und Ausgangsknoten sowie weiteren Knoten in den Zwischenschichten. Zwischen den verschiedenen Knoten (Neuronen) bestehen mathematisch gewichtete Beziehungen. Um diese Beziehungen zu optimieren, wird das neuronale Netz einer Trainingsphase mit bekannten

Ein- und Ausgangsmustern unterzogen. Im Bereich der Gebäudeautomation kann ein neuronales Netz z.B. "lernen", welche Stromverbrauchsprofile verschiedene Geräte haben und welche Geräte wann aktiv sind. Diese Informationen lassen sich zum Vermeiden von "Spitzen" im Energieverbrauch von Gebäuden nutzen, indem einige Geräte abgeschaltet und die Betriebszeit anderer verlängert wird.

Eine weitere Form künstlicher Intelligenz stellen Prozesse dar, die selbstständig bestimmen, welche Handlungen in einer gegebenen Situation angemessen sind. Sie ahmen menschliches Verhalten nach, wobei verschiedene Lösungen ausprobiert werden, um in einer bisher unbekannten Situation den besten Lösungsansatz zu ermitteln und im Nachhinein Schlussfolgerungen zu ziehen. Die Lernaufgabe wird um so herausfordernder, je später das Feedback erfolgt und je weiter die Referenzereignisse zurückliegen. Dies gilt für den Menschen ebenso wie für den Computer. Das bekannteste Beispiel in dieser Kategorie ist "Verstärkungslernen". Man denke zum Beispiel an die Bestimmung der optimalen Start- und Stoppzeiten der Heizung, um bei der Öffnung des Gebäudes eine möglichst angenehme Temperatur zu gewährleisten. Auf der einfachsten Ebene erhält der Lernalgorithmus den Wert vom Raumtemperatursensor und kann auf den Heizkörperregler zugreifen. Durch einen Trial and Error-Prozess kann der Algorithmus die notwendige Vorlaufzeit ermitteln. Dieses einfache Beispiel blendet jedoch die Tatsache aus, dass z.B. die Aufheizgeschwindigkeit auch von der Außentemperatur abhängt. Deshalb muss der Messwert eines Außentemperatursensors ebenfalls Berücksichtigung finden. Anstatt eine voreingestellte Zieltemperatur zu erzeugen, kann der Algorithmus im Tagesverlauf Auswertungen erhalten (gut / OK / kalt). Das Lernen erfolgt dann als Rückmeldung daraus. Darüber hinaus kann der Algorithmus eine zusätzliche Monatsauswertung auf Grundlage der Gesamtenergiekosten erhalten: Förderung effizienten Verhaltens und Vermeidung ineffizienter Rückkopplung. So lässt sich eine "stabile" Reaktion ermitteln, die Komfort und Effizienz ausgleicht. Zugleich sollte die Exploration weitergehen, um Änderungen im Verhalten und in der Umwelt zu berücksichtigen.

Fazit: Die drei Ansätze ergänzen sich. Welche Lernmethode am besten passt, hängt von der jeweiligen Aufgabe ab. Jede hat ihre Vorzüge.

Konkrete Anwendungsfelder

Für die Gebäudeautomatisierung sind viele verschiedene KI-basierte Anwendungen verfügbar. Sie lassen sich grob wie folgt unterteilen:

- Optimiertes Gebäudemanagement: bedarfsgerechte Steuerung von Heizungsanlagen, Umwälzpumpen, Beleuchtung usw. (im Gegensatz zur Steuerung auf Basis einfacher Parameter oder durch Zeitschaltuhr).
- Optimierte Nutzung von Räumen und Infrastruktur: Kapazitätsanalyse und -prognose, z.B. für Besprechungsräume, Kantinen, Durchgangsbereiche, Toiletten und Parkplätze sowie die kurzfristige (für Gebäudenutzer) und langfristige (für Facility Manager, z.B. in Form von Beratung bei Gebäudesanierungen) Bereitstellung von Informationen.
- Lastmanagement: Vorausschauender Betrieb der elektrischen Anlagen zur Vermeidung von (kostspieligen) Lastspitzen.
- Vorbeugende Instandhaltung und optimierte Wartung: Analyse der Ausfallwahrscheinlichkeit, rechtzeitige Wartung und konsequente Vermeidung technischer Ausfälle.

- Mitarbeiterorientierte Mehrwertdienste: Mit mobilen Geräten können z.B. Raumnutzungsprognosen erstellt, die Nutzungsintensität von Kantinen eingesehen oder die Parkplatzverfügbarkeit abgefragt werden.
- Kompensation von Fachkräftemangel: Effektiver Einsatz von Wartungspersonal bei der Verwaltung der technischen Gebäude-Systeme.
- Konzentration auf aussagekräftige Sensordaten: Möglichst große Datenmengen werden mit möglichst wenigen Sensoren gesammelt. Das reduziert Redundanzen, senkt Investitions- und Betriebskosten.

Anforderungen an die Systemarchitektur

Zur Einführung intelligenter Lernprozesse wie oben beschrieben ist eine KI-Plattform unverzichtbar. Diese kann cloud- oder serverbasiert sein. Cloud-basierte Serverfarmen bieten mehr Rechenleistung, während Cloud-basierte KI-Frameworks ein breiteres Spektrum an Funktionen aufweisen, so dass dies derzeit gängige Praxis ist.

Die KI-Plattform baut auf einer Smart Building Infrastruktur auf. Die technischen Systeme sollten idealerweise mit einem BMS (Building Management System) verbunden sein. Das BMS muss die Gebäude- und Raumautomationssysteme steuern können.

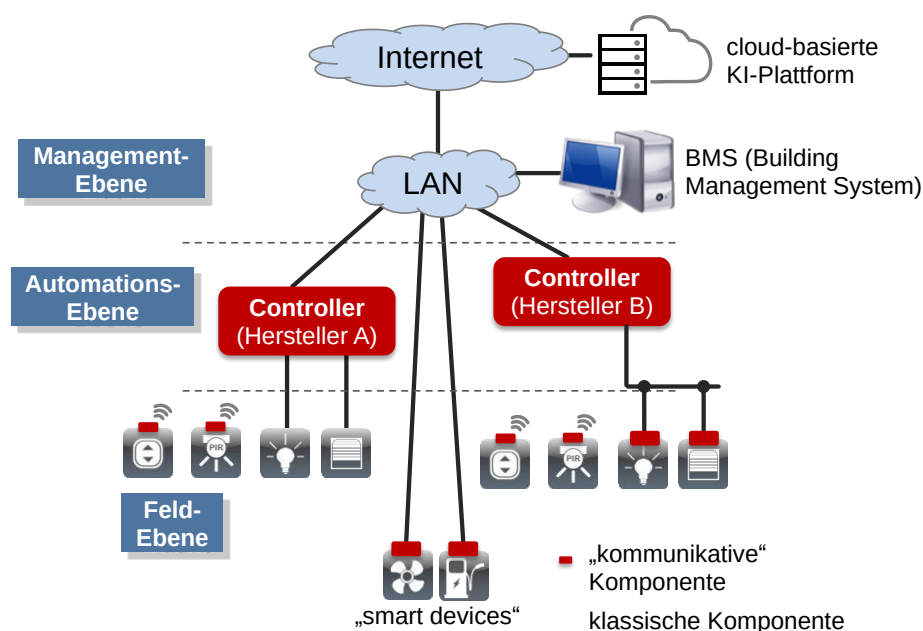


Abb. 2: Verbindung von Gebäudeautomation mit (cloud-basierter) AI-Plattform

Anforderungen an Gebäudeinfrastruktur

Die KI-Plattform benötigt für ihren effektiven Betrieb riesigen Datenmengen verschiedenster Sensoren überall im Gebäude. Herkömmliche intelligente Gebäudesysteme verwenden ein Sensornetzwerk, um den aktuellen Zustand eines Gebäudes zu bestimmen. Kognitive Gebäude hingegen speichern und analysieren die bisherigen Sensordaten, um Vorhersagen für

die Zukunft zu treffen. Aus diesem Grund sind solche Gebäude noch stärker von den Daten abhängig, die sie erhalten. Kognitive Gebäude müssen durchgängig mit IoT-Sensoren ausgestattet sein, die die Algorithmen mit unterschiedlichsten Daten versorgen: Umgebung, Bewohner, Energie- und Dienstleistungsbedarf, Sicherheit und Schutz. Je reichhaltiger die Daten, desto vollständiger und intelligenter die Rückmeldung der KI. Die Verkabelung der benötigten Anzahl von Sensoren in einem bestehenden Gebäude ist enorm teuer. Zudem entsteht eine unflexible Architektur, die sich nicht einfach anpassen lässt, wenn neue Anwendungen hinzukommen und das Lernen sich weiterentwickelt. Die einzige gangbare Lösung sind batterie- und wartungsfreie Energy-Harvesting-Sensoren, die im Handumdrehen eingebaut und beliebig versetzt werden können. Drahtlose Energy-Harvesting-Geräte nutzen kleinste Energiemengen aus ihrer Umgebung. Kinetische Bewegung, Druck, Licht, Temperaturunterschiede werden in Energie umgewandelt, die in Kombination mit der drahtlosen Ultra-Low-Power-Technologie wartungsfreie Sensorlösungen für den Einsatz in intelligenten Gebäuden und im Internet der Dinge ermöglicht.

Das Ökosystem der EnOcean Alliance besteht aus über 5.000 herstellerunabhängigen, interoperablen Energy-Harvesting-Sensoren. Diese ermöglichen eine Datenerfassung für verschiedene Anwendungen, wie z.B. Raum- oder Schreibtisch-/Stuhlbelegung, Temperatur und Luftqualität, Energieverbrauch und Toilettennutzung. Zusätzlich zur herkömmlichen Erfassung und Analyse der Daten über das BMS (Building Management System), kann dies nun auch über das bestehende Wi-Fi-Netzwerk innerhalb des Gebäudes erfolgen. Durch die sichere Verbindung dieser IoT-Geräte mit neuen und vorhandenen Wi-Fi 5 und Wi-Fi 6 Access Points von Aruba über einen 800/900-MHz-Funk-USB-Stick können Gebäudesteuerungs- und Geschäftsanwendungen ihre jeweiligen Betriebsumgebungen detailliert erfassen. Diese Informationen lassen sich dann verwenden, um Cloud-basierte digitale Zwillinge („Digital Twins“) zu erstellen und das Monitoring von Aktivitäten, Arbeitsumgebung, Augmented Reality, Produktivität sowie Gesundheit und Sicherheit der Gebäudenutzer weiter zu verbessern.

Fazit

KI-basierte Prozesse ermöglichen ein breites Spektrum von Anwendungen im Bereich der Gebäudeautomation. Die konkreten Vorteile, die von KI-basierten Lösungen erwartet werden, sollten vor der Implementierung klar definiert werden. Dies nämlich spielt eine entscheidende Rolle bei der Wahl des Lernprozesses und seiner Modellierung sowie der Wahl der KI-Plattform bzw. Art, Anzahl und Lage der zur Datensammlung benötigten Energy-Harvesting-Sensoren.

Haftungsausschluss

Die Informationen in diesem Dokument wurden von Prof. Dr. Michael Kroedel von IGT erstellt und von der EnOcean Alliance unterstützt. Die EnOcean Alliance ist nicht verantwortlich und übernimmt keinerlei Verantwortung für den Inhalt dieses Dokuments.

www.igt-institut.de

www.enocean-alliance.org