

The background image shows a control room or server room with multiple computer monitors displaying data, a keyboard, and various cables. The scene is dimly lit with blue and yellow tones, suggesting a technical or industrial environment.

Intelligente Gebäude: Die Zukunft der Gebäudeautomation mit KI

Potentiale, Herausforderungen und praktische Anwendungen

Mischa Wolanin
Sektionsleiter Gebäudeautomation
12.09.2024, Stuttgart



Agenda

1. Kurzer Einstieg ins Thema
2. Erfahrungen mit KI in der GA
3. Was kann die KI heute in der Gebäudeautomation?
4. Weitere Potentiale der KI in der Gebäudeautomation
5. Schlusswort und Fragen



Kurzer Einstieg ins Thema

Ohne geht es nicht

Begrifflichkeiten

Künstliche Intelligenz (KI / AI)

Maschinelles Lernen (ML)

Generative KI (GenAI)

Large Language Models (LLM)





Maschinelles Lernen (ML)

- Maschinelles Lernen: Das Gehirn intelligenter Gebäude
 - Lernen aus Daten
 - Intelligente Entscheidungen
 - Proaktive Optimierung
- Beispiel Energieverbrauchsoptimierung in einem Gebäude
 1. Daten sammeln
 2. Daten aufbereiten
 3. Modell trainieren
 4. Vorhersagen treffen
 5. System anpassen

Mit ML gestalten wir die Gebäudeautomation effizienter, sicherer und nachhaltiger.



Generative KI (GenAI)

- Was ist Generative KI?
- Beispiel Lüftungsplanung im Gebäude
 1. Datensammlung und Training
 2. Anforderungen eingeben
 3. Generierung von Designvorschlägen
 4. Bewertung der Entwürfe
 5. Auswahl und Anpassung
 6. Implementierung

Generative KI kann die Planung von Lüftungsanlagen erheblich verbessern, indem sie effizientere, kostengünstigere und maßgeschneiderte Lösungen bietet. Durch die Analyse umfangreicher Daten und die Generierung innovativer Designvorschläge hilft sie dabei, Lüftungsanlagen zu entwerfen, die den spezifischen Anforderungen und Bedingungen eines Gebäudes optimal entsprechen.



Large Language Models (LLM)

- Was ist ein LLM?
 - Versteht und erzeugt menschliche Sprache
- Wie funktioniert ein LLM?
 1. Training
 2. Verständnis
 3. Generierung
- Beispiel aus der Praxis: Im Sitzungszimmer OCT H19 Klemmt die Türe und es Pfeift, wenn die Türe geschlossen ist.

Ein LLM ist wie ein sehr schlauer Assistent, der aus riesigen Mengen an Texten gelernt hat, wie man natürliche Sprache versteht und sinnvoll darauf reagiert. In der Gebäudeautomation kann ein LLM genutzt werden, um intelligente und kontextbezogene Anweisungen zu geben, die den Betrieb von Systemen wie Lüftungsanlagen optimieren. Es versteht die eingegebenen Bedingungen und Anforderungen und generiert darauf basierend Empfehlungen, die zu Energieeinsparungen und höherem Komfort führen.

Large Language Models (LLM)



Link gültig bis 14.9.2025

Passwort: GTL2024

Von den Daten zum („KI“-)Modell: Ein simples Beispiel zum Einstieg

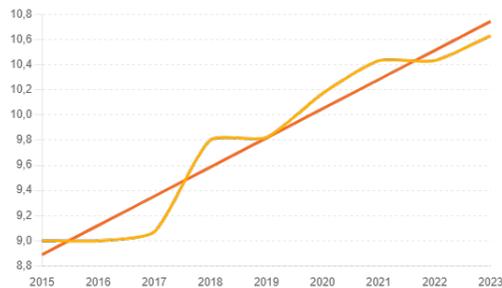
Eingabe und Verarbeitung

- Die Daten

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
FTE	9	9	9.07	9.8	9.82	10.17	10.43	10.43	10.63
Datenpunkte	123238	140979	160728	182637	202613	222589	242565	297307	305618
Prozessbilder	5930	6'028	6'092	6123	6225	6335	6554	11209	11804
Automationsstationen							2634	2565	3750

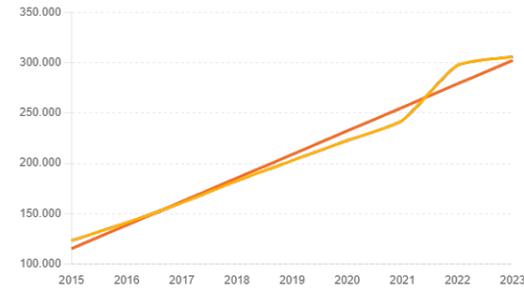
- KI verarbeitet die Daten und erstellt Modelle

FTE



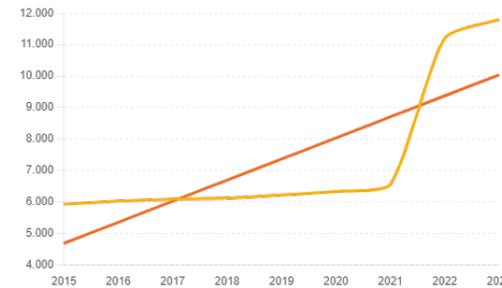
$$f(x) = 0.2317x - 457.9183$$

Datenpunkte



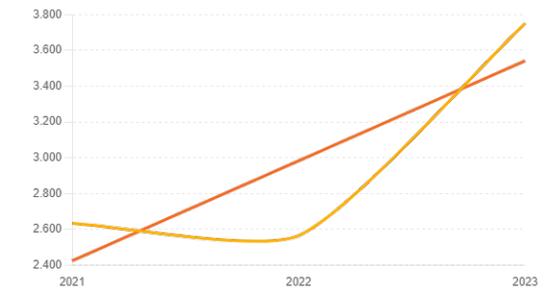
$$f(x) = 23368.87x - 46973044.52$$

Prozessbilder



$$f(x) = 669.58x - 1344522.08$$

Automationsstationen



$$f(x) = 558x - 1125293$$



Von den Daten zum („KI“-)Modell: Ein simples Beispiel zum Einstieg Abfragen

- Abfragen der Daten über eine Schnittstelle zur Generative KI
- Oder gleich über ein LLM

Von den Daten zum („KI“-)Modell: Ein simples Beispiel zum Einstieg Abfragen



Link gültig bis 14.9.2025

Passwort: GTL2024



Erfahrungen mit KI in der Gebäudeautomation

Fluch oder Segen?

2024
ETH Zurich

Wir reisen zurück ins Jahr 2019

Mein erster Kontakt mit KI in der Gebäudeautomation

Erstellt mit: Dall-E3



Projekt: Betriebsoptimierung 4.0 (2019-2021)

Das Angebot

- Amerikanische Firma mit KI-Modell zur Energieeinsparung
- Verspreche: 30 % Energieeinsparung
- Ziel: Optimierung der Anlagen am Campus Höggerberg

Der Start

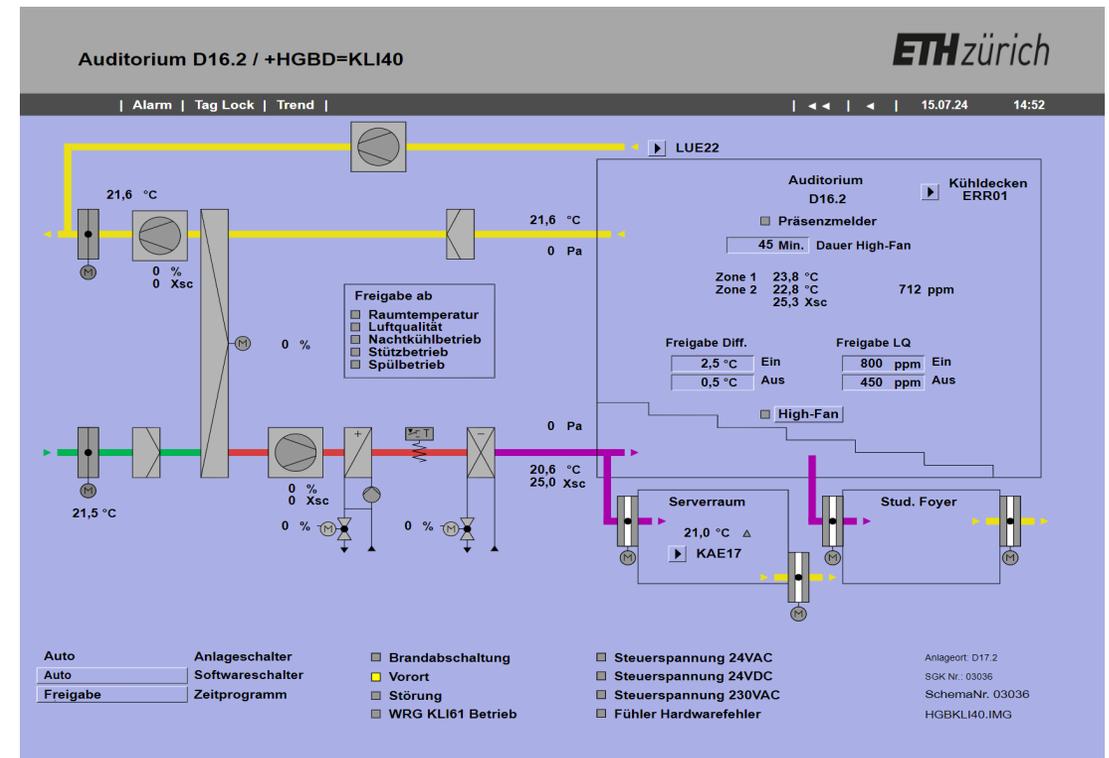
- Pilotprojekt nach Verhandlungen
- Testlauf in einem Hörsaal

Projekt: Betriebsoptimierung 4.0 – Pilot light

- 3 Monate Analyse durch KI
- Beobachtete: Temperaturprofile, Belegungszeiten, Energieverbrauch
- Ergebnis: Konkrete Optimierungsvorschläge

Beleuchtung schaltet unabhängig von Raum Belegung
Empfehlung: Beleuchtung ausschalten wenn niemand im Raum ist.

Lüftung läuft nicht trotz schlechter ppm
Empfehlung: Regulierung Lüftung überprüfen



Projekt: Betriebsoptimierung 4.0 – Pilot Höggerberg

Initialisierung

- Größerer Pilot auf Campus Höggerberg gestartet
- Definition: Welche Anlagen von KI nicht analysiert werden dürfen
- 6 Monate Analyse der definierten Anlagen durch KI
- Benutzer nicht informiert



Projekt: Betriebsoptimierung 4.0 – Pilot Höggerberg Aktivierung

Übergang in den Generativen Betrieb

- Frühjahr 2021: Lernphase der KI abgeschlossen
- Übergang in generativen Betrieb
- KI generierte mehrere tausend Handlungsanweisungen (unterschiedlich sinnvoll)
- **Kontrollierte Implementierung**
- KI erhielt Kontrolle über Sollwerte für Lüftung und ERR in einem Gebäude
- Aktionen wurden eng überwacht
- Nutzer/innen blieben weiterhin uninformiert



Erstellt mit: Dall-E3

Projekt: Betriebsoptimierung 4.0 – Pilot Hönnggerberg

Temperatursollwert

Anfängliche Herausforderungen

- KI benötigte Zeit, um komplexe ERR-Dynamiken zu verstehen
- Ziel: Effektive Energieeinsparungsmaßnahmen vorschlagen

Unerwartete Entwicklungen

- KI regelte Raumtemperatur extrem präzise (bis zur 5. Nachkommastelle)
- Andere Sollwerte änderten sich unerwartet, wie gesteuert von „unsichtbarer Hand“

	Raumtemp	RT XSC Kuehlen	RT XSC heizen	Poti	PIR	Taster	Betriebszustand	WL IST in m3/h	WL SOLL in m3/h	KL IST in m3/h	KL SOLL in m3/h	CO2 Raum ppm	Sollwerte
E009	ER531	22,9 °C	23,0 °C	18,0 °C	-2,0 K	<input type="checkbox"/>	Standby	0	0	0	0	292	
E008	ER532	22,4 °C	23,2 °C	18,2 °C	-1,8 K	<input type="checkbox"/>	Standby	0	0	0	0	406	
E47.2	ER501	22,5 °C	26,0 °C	23,0 °C	2,0 K	<input checked="" type="checkbox"/>	Spülbetrieb Heizen	369	300	0	0		
E47.1	ER502	26,1 °C	27,0 °C	22,0 °C	2,0 K	<input type="checkbox"/>	Aus	0	0	0	0		
E46.3	ER503	22,9 °C	23,1 °C	18,1 °C	-1,9 K	<input type="checkbox"/>	Standby Kuehlen	0	0	239	270		
E46.2	ER504	24,3 °C	27,0 °C	22,0 °C	2,0 K	<input type="checkbox"/>	Standby	0	0	0	0		
E46.1	ER505	24,0 °C	27,0 °C	22,0 °C	2,0 K	<input type="checkbox"/>	Standby	0	0	0	0		
E45.2	ER506	23,1 °C	26,0 °C	23,0 °C	2,0 K	<input checked="" type="checkbox"/>	Komfort Heizen	502	74	0	0		
KLI11 Etage													
E45.1	ER508	23,3 °C	23,9 °C	20,9 °C	-0,1 K	<input checked="" type="checkbox"/>	Komfort Heizen	119	119	0	0		H
E43.4	ER509	23,1 °C	26,0 °C	23,0 °C	2,0 K	<input checked="" type="checkbox"/>	Komfort Heizen	87	119	0	0		G
E43.3	ER510	23,6 °C	23,2 °C	20,2 °C	-0,8 K	<input checked="" type="checkbox"/>	Komfort Kuehlen	0	0	122	154		F
E48.0	ER511	24,0 °C	24,1 °C	19,1 °C	-0,9 K	<input type="checkbox"/>	Standby	0	0	0	0		E
													D
													C

Projekt: Betriebsoptimierung 4.0 – Pilot Hönnggerberg

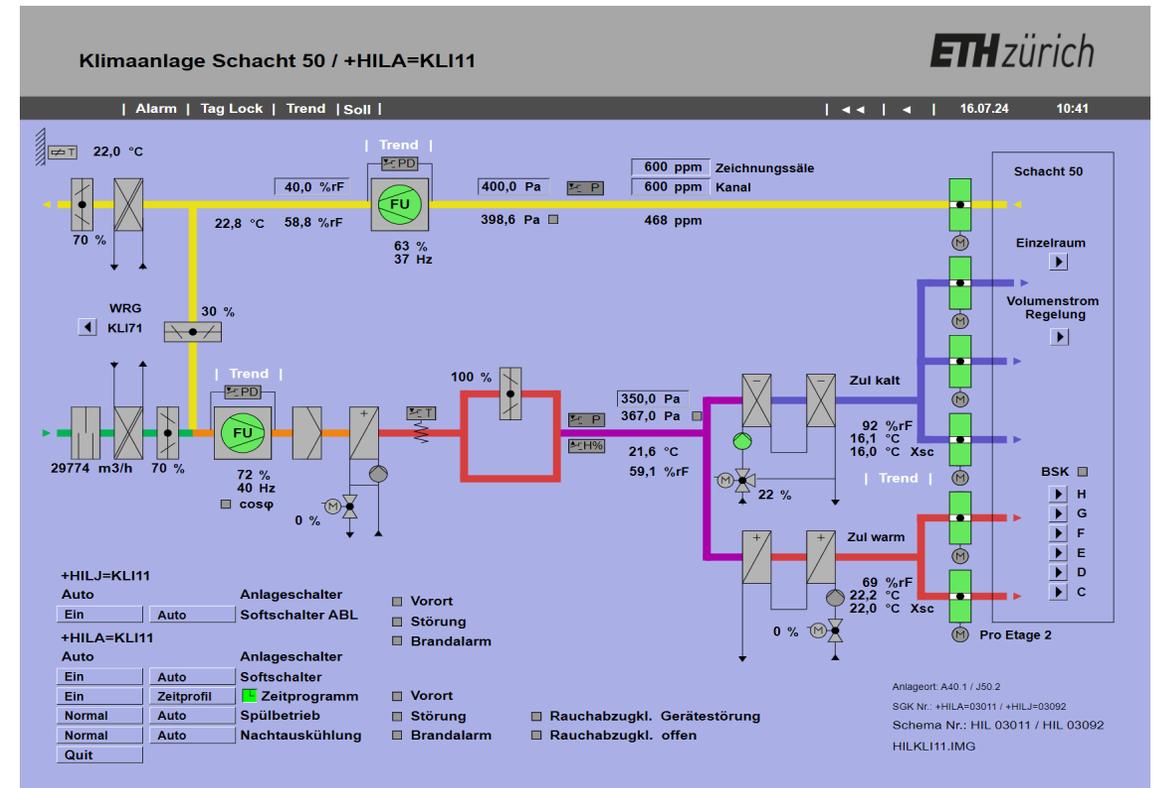
Regelung VAV

Übernahme der VAV-Regelung

- KI übernahm Regelung der Volumenstromregelung (VAV)
- Kaum Unterschiede in Luftmengen zwischen belegten und unbelegten Räumen
- Hinweis auf ineffiziente Anpassung

Probleme bei der Primäranlage

- Unregelmäßigkeiten führten zu massiven Schwingungen in der Primäranlage
- Ergebnis: Erhebliche Betriebsstörungen
- Betriebsdienst, nicht informiert, intervenierte
- Versuch, Anlage in normalen Betriebszustand zu versetzen



Projekt: Betriebsoptimierung 4.0 – Pilot Höggerberg

Abschaltung der KI

Verlängerung des Pilotversuchs

- Verlängerung des Pilotprojekts um mehrere Wochen
- Erhoffte Energieeinsparungen und Optimierungen blieben aus
- KI lieferte nicht die erwarteten Ergebnisse
- Entscheidung: Versuch beenden

Probleme bei der Abschaltung

- Abschaltung der KI verlief nicht planmäßig
- Manuelle Wiederherstellung der angepassten Sollwerte erforderlich
- Zusätzliche Arbeit für GA Techniker



Erstellt mit: Dall-E3

Projekt: Betriebsoptimierung 4.0 – Pilot Höggerberg

Abschaltung der KI

Lösung und Abschluss

- Stabilität erst durch Isolieren und Herunterfahren der KI-Server im Rechenzentrum wiederhergestellt
- Manuelle Systemwiederherstellung brachte den Betrieb zur Ruhe
- Projekt hinterließ wertvolle Lehren für zukünftige KI-Integrationen



Erstellt mit: Dall-E3

Projekt: Betriebsoptimierung 4.0 – Pilot Höggerberg

Fazit

Mensch oder KI

- Unklarheit, ob Eingriffe von Menschen oder KI generiert wurden
- Ergebnis: Verwirrung und Unsicherheit

Erkenntnisse und Herausforderungen:

- Projekt zeigte Potenzial von KI zur Gebäudeoptimierung
- Potenzial nicht vollständig ausgeschöpft
- Technologie war noch nicht ausgereift für unser Umfeld
- Unattraktive Vertragsbedingungen stoppten weitere Zusammenarbeit mit der amerikanischen Firma



Erstellt mit: Dall-E3

Projekt: Betriebsoptimierung 4.0 – Pilot Hönningerberg

Fazit

Lehren für die Zukunft:

- Sorgfältige Planung bei Einführung solcher Technologien notwendig
- Unüberlegte Implementierung kann mehr Probleme schaffen als lösen
- Einbeziehung zukünftiger Nutzer/innen und ihrer Ängste essenziell
- Gefahr des Scheiterns bei fehlender Nutzerintegration
- Projektspezifisches Change Management erforderlich
- Bedenken der Nutzer/innen aufgreifen und durch Veränderungsprozess begleiten



Erstellt mit: Dall-E3

Was kann die KI heute in der Gebäudeautomation?

Ersetzt sie uns bald?



Programmcode Analysieren

- LLMs wie GPT-4 analysieren komplexe textbasierte Codes
- Tests mit ST waren erfolgreich.
- Präzise Antworten und tiefgehende Erklärungen zu Code-Abschnitten und Algorithmen
- Hilft den Betreiber, Systeme besser zu verstehen und im Störfall rascher eine fundierte Lösung zu finden
- Unterstützung bei Wartung und Erweiterung bestehender Systeme

Programmcode Analysieren



Link gültig bis 14.9.2025

Passwort: GTL2024



Programmcode Optimieren

Code-Optimierung

- Vorschläge zur Verbesserung von Algorithmen und Struktur
- Reduktion von Redundanzen und ineffizientem Code

Fehlererkennung und Debugging

- Früherkennung von syntaktischen und logischen Fehlern
- Unterstützung beim Schreiben von Tests und bei der Fehlerbehebung

Verbesserung der Code-Dokumentation

- Automatische Erstellung von Kommentaren und Dokumentationen
- Verbesserung der Verständlichkeit für andere Entwickler

Programmcode Optimieren



Link gültig bis 14.9.2025

Passwort: GTL2024



Programmcode Erstellen

Erstellung von Programmcodes durch LLM

- Erstaunliche Qualität möglich
- Hohe Prompt-Qualität entscheidend
- Import von Systembeschreibungen: noch nicht zuverlässig

Erzeugung textbasierte Programmiersprachen

- Guter Erfahrungen mit ST, oder sogar AWL
- Übernahme des generierten Codes in die Programmiersoftware mit wenig Anpassungen möglich

Grafikbasierte Codes

- Erstellung möglich, aber nur textbasierte Beschreibung

Programmcode Erstellen



Link gültig bis 14.9.2025

Passwort: GTL2024



Zusammenführen von LLM und Programmiersoftware

Beckhoff und TwinCat-Chat

- Entwicklung eines spezialisierten LLM für TwinCat
- Kommentiert, Optimiert, Erweitert Code
- Soll zukünftig in der TwinCat Software integriert werden und ohne Verbindung zum Internet funktionieren.
- Erstellt aus dem Programmcode eine Visualisierung

Mit Freuden darf ihnen hier Exklusiv einen kurzen Einblick in die Funktionen von TwinCat-Chat geben.

Herausforderung mit KI in der Gebäudeautomation

Es wird spannend



Technische Herausforderungen



Erstellt mit: Dall-E3

Datenintegration

- Schwierigkeit, heterogene Datenquellen (Sensoren, IoT-Geräte, etc.) zusammenzuführen und zu analysieren

Systemkomplexität

- Umgang mit der Komplexität und Interoperabilität verschiedener Gebäudemanagementsysteme

Skalierbarkeit

- Herausforderungen bei der Skalierung von KI-Lösungen in großen Gebäudekomplexen oder über mehrere Standorte hinweg



Sicherheits- und Datenschutzbedenken

Cybersecurity-Risiken

- Gefahr von Cyberangriffen durch die erhöhte Vernetzung und Datenverfügbarkeit

Datenschutz und Compliance

- Einhaltung von Datenschutzrichtlinien bei der Nutzung und Verarbeitung sensibler Gebäudedaten

Manipulationsrisiken

- Risiko von fehlerhaften Entscheidungen oder Manipulationen durch fehlerhafte KI-Modelle oder -Daten

Betriebliche Herausforderungen

Akzeptanz bei Nutzern und Betreibern

- Widerstand gegen neue Technologien und die Notwendigkeit zur Schulung von Personal

Wartung und Überwachung

- Notwendigkeit einer kontinuierlichen Überwachung und Wartung von KI-Systemen zur Sicherstellung ihrer Leistungsfähigkeit

Kosten-Nutzen-Abwägung:

- Hohe Anfangsinvestitionen und Unsicherheiten hinsichtlich der langfristigen Rentabilität von KI-Lösungen



Erstellt mit: Dall-E3



Ethische Überlegungen

Transparenz und Erklärbarkeit

- Herausforderung, KI-Entscheidungen nachvollziehbar und erklärbar zu machen

Verantwortlichkeit

- Klärung der Verantwortlichkeit bei Fehlern oder Fehlentscheidungen durch KI-Systeme

POTENTIALE VON KI

Weitere Potentiale der KI in der Gebäudeautomation

Es wird spannend





Energieeffizienz und Nachhaltigkeit

KI-gestützte Analyse von Verbrauchsdaten

- Optimierung des Energieverbrauchs in Echtzeit
- Dynamisches Lastmanagement
- Integration erneuerbarer Energien

Verbesserung des Raumklimas und der Nutzerzufriedenheit

Anpassung der Heizungs-, Lüftungs- und Klimasysteme (HLK) an individuelle Bedürfnisse

- Personalisierte Raumklimaregelung
- Adaptives Beleuchtungsmanagement
- Verbesserte Luftqualität
- Proaktive Fehlerbehebung



Erstellt mit: Dall-E3



Vorausschauende Wartung und Instandhaltung

Früherkennung von Systemausfällen

- Reduktion von Ausfallzeiten
- Optimierte Wartungsplanung
- Fehlervorhersage durch Machine Learning

Sicherheitsmanagement und Risikoerkennung



Erstellt mit: Dall-E3

KI-basierte Überwachungssysteme

- Frühzeitige Erkennung von Sicherheitsrisiken
- Automatisierte Alarm- und Notfallprotokolle
- Intelligente Zugangskontrollen



Optimierung des Facility Managements

Automatisierte Verwaltung von Gebädefunktionen

- Integration von IoT und KI
- Effizientere Nutzung von Ressourcen

Zukunftsausblick und Visionen

Integration von Smart Cities und KI

- Langfristige Auswirkungen auf die Bau- und Immobilienbranche
- Vision einer autonomen Gebäudeinfrastruktur



Erstellt mit: Dall-E3

Schlusswort und Fragen



Erstellt mit: Dall-E3

ETH zürich

Mischa Wolanin
Sektionsleiter
mischawolanin@ethz.ch

ETH Zürich
Engineering und Systeme
Gebäudeautomation
OCT H 19
Binzmühlestrasse 130
8092 Zürich

www.ethz.ch/es

