



NACHHALTIGE IMMOBILIENWIRTSCHAFT DURCH KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Prof. Dr.-Ing. habil.
Jörn Plönnigs

> MOTIVATION

KI GRUNDLAGEN

BEISPIELE

SCHLUSSFOLGERUNG



38% der Treibhausgase
aus Bau und Betrieb

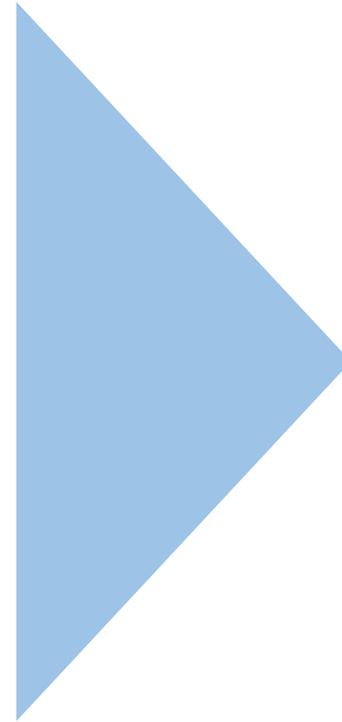
Quelle: IEA: World Energy Outlook 2023

78% der Firmen haben
Fachkräftemangel

Quelle: Bauindustrie Verband: Bauwirtschaft im Zahlenbild, 2024

-14% Produktivitäts-
zuwachs in 20J

Quelle: Statistisches Bundesamt, Themenbereich 81000, 2024



Digitalisierung
im Baugewerbe
ist unumgänglich

*Quelle: McKinsey - Delivering on
construction productivity is no longer
optional, 2024*

28% der Treibhausgase
aus dem Betrieb

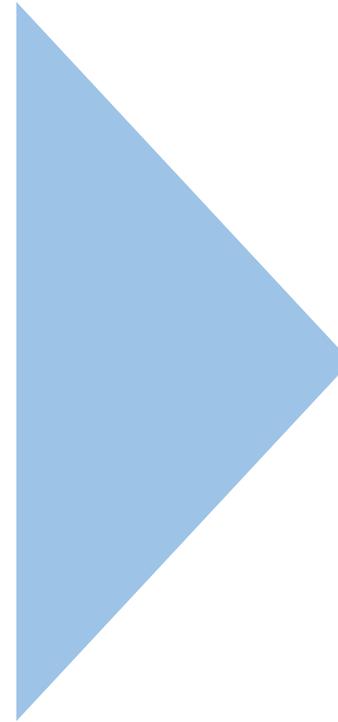
Quelle: IEA: World Energy Outlook 2023

66% der Firmen haben
Fachkräftemangel

Quelle: EBZ Verband: EBZ HR Monitor, 2024

16% Produktivitäts-
zuwachs in 20J

Quelle: Statistisches Bundesamt, Themenbereich 81000, 2024



79%
sprechen KI die
Fähigkeit zu, dem
Fachkräftemangel
entgegenzuwirken.

Quelle: ZIA Digitalisierungsstudie 2024

Immobilienwirtschaft

28%

Treibhausgase

Quelle: IEA: World Energy Outlook 2023

ICT

3%

66%

Fachkräftemangel

*Quelle: Ahlers, Elke; Quispe Villalobos, Valeria:
Fachkräftemangel in Deutschland, 2022*

52%

16%

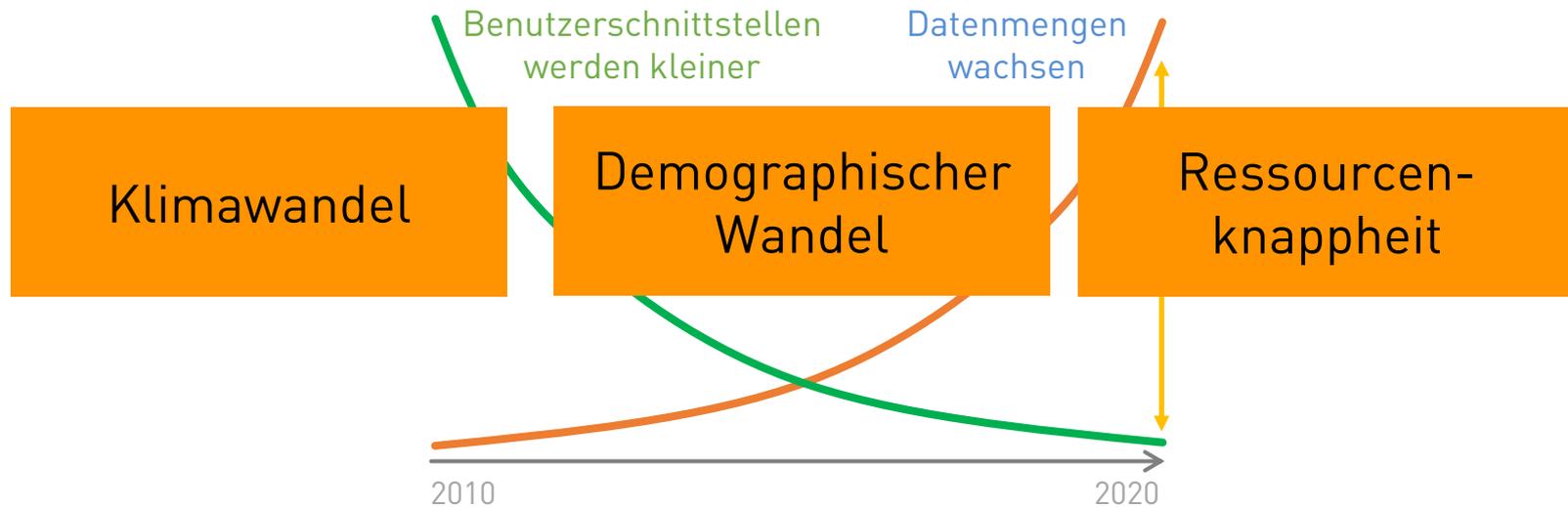
Produktivität

*Quelle: Statistisches Bundesamt,
Themenbereich 81000, 2024*

71%

DER BEDARF AN KÜNSTLICHER INTELLIGENZ IN ZUKUNFT

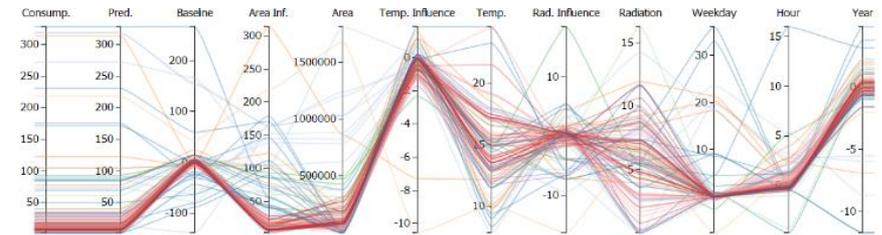
- Die Digitalisierung erzeugt immer mehr Daten
- Gleichzeitig werden unsere Bildschirme mobil und kleiner
- KI-Algorithmen sind der wichtige Schritt, um die Daten auf das Wesentliche zusammenzufassen



Ref.: *The Future of IoT, IEEE IoT Magazine, 2018*

DAS SKALLIERUNGSPROBLEM

- Für multinationale Unternehmen erfolgt das Gebäudemanagement in globalem Maßstab
- Ein Gebäude liefert oft mehrere tausende Datenpunkte
- Die Lösungen müssen für mehrere Standorte und weltweit verteilte Gebäude skalierbar sein
- Große Datenmengen, die integriert und verarbeitet werden müssen
- Die Fähigkeit, unstrukturierte Daten zu analysieren
- Die Analyse von Daten an der Schnittstelle ist entscheidend



Site ID	Consump.	Pred.	Baseline	Area Inf.	Area	Temp. Influence	Temp.	Rad. Influence	Radiation	Weekday	Hour	Year	
766	327.6	327.6	266.2	55.50	1.226e+4	1.137	9.033	5.594	2.842e-14	4.461	15.97	3.166	Shopping Center/Shopping
45	318.6	318.6	153.0	164.6	1.200e+6	-0.4459	17.18	1.897	5.069	19.85	3.151	-5.957	Food Processing
10	318.2	318.2	156.1	163.8	1.030e+6	0.8632	13.93	-9.399	7.091	23.61	5.221	-8.666	Manufacturing
716	313.6	313.6	-0.9890	313.6	8.603e+5	-7.296	12.18	1.706	9.222	20.34	2.391	-6.890	Grocer/Market
55	271.9	271.9	165.8	104.3	6.251e+5	-1.132	13.00	-1.330	2.842e-14	19.76	2.733	-5.509	Primary/Secondary School
786	230.6	230.6	59.02	170.6	3.173e+4	0.6703	8.369	1.256	2.606	0.0000	0.02876	3.785	Business Services
14	218.0	218.0	43.08	218.0	1.676e+6	-10.56	10.14	-16.30	6.971	-7.748	0.8709	-2.019	Commercial Real Estate
654	175.2	175.2	-27.80	179.1	3.360e+4	0.1915	16.98	-3.773	5.762	33.04	-0.001393	4.858	Bank/Financial Services
718	171.2	171.2	-0.6577	146.2	2.814e+4	-0.7418	13.15	0.02082	8.181	36.09	0.3268	0.1731	Corporate Office
755	122.7	122.7	-7.626	122.7	2.260e+5	1.569	9.844	4.438	11.93	21.43	0.9377	1.856	Other Light Industrial

POTENTIAL VON KI IN DER IMMOBILIENWIRTSCHAFT

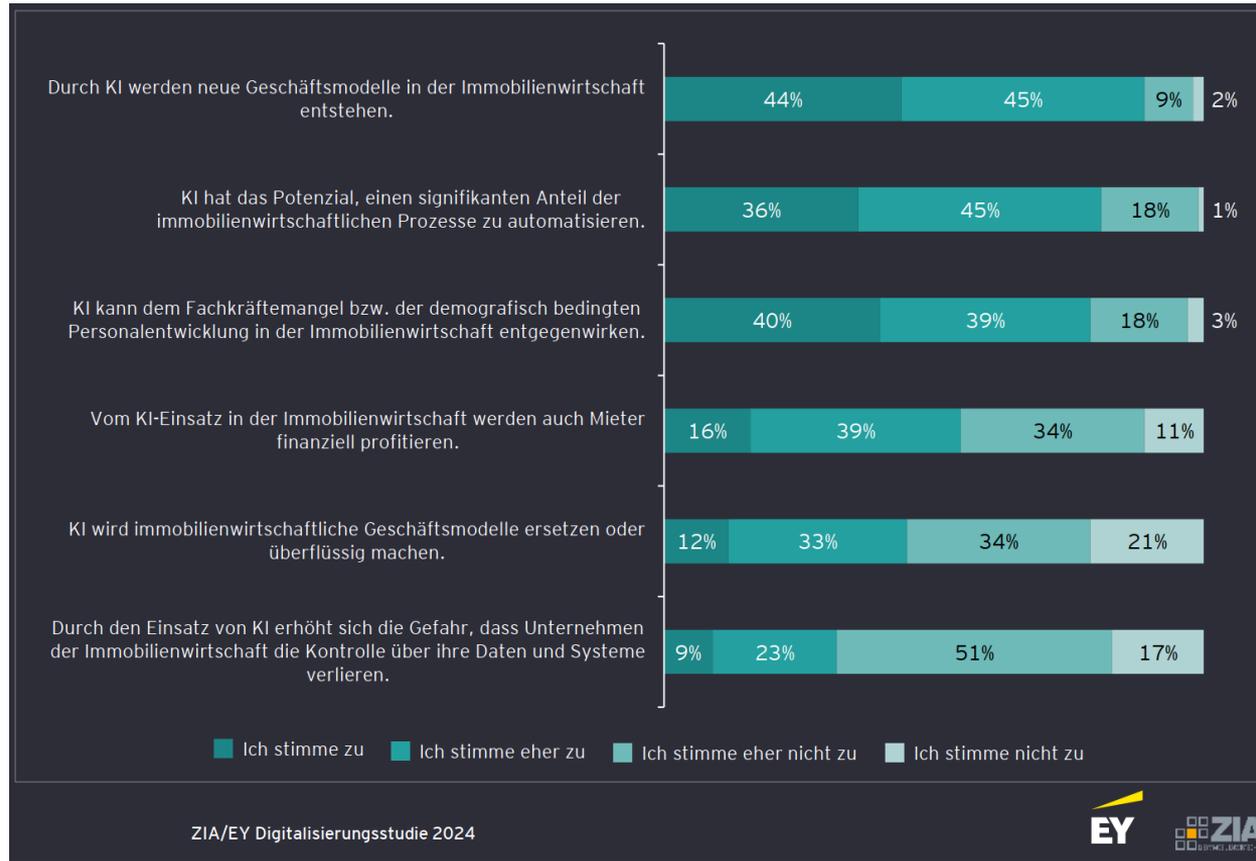
89% sehen eine Chance, dass neue Geschäftsmodelle durch KI entstehen

81% erwarten eine verstärkte Prozessautomatisierung

79% erwarten, dass KI dem Fachkräftemangel entgegenwirken kann.

45% glauben das etablierte Geschäftsmodelle ersetzt werden

32% sehen eine erhöhte Gefahr die Kontrolle über Daten und Systeme zu verlieren



Quelle: ZIA Digitalisierungsstudie 2024

MOTIVATION

> KI GRUNDLAGEN

ANWENDUNGSGEBIETE

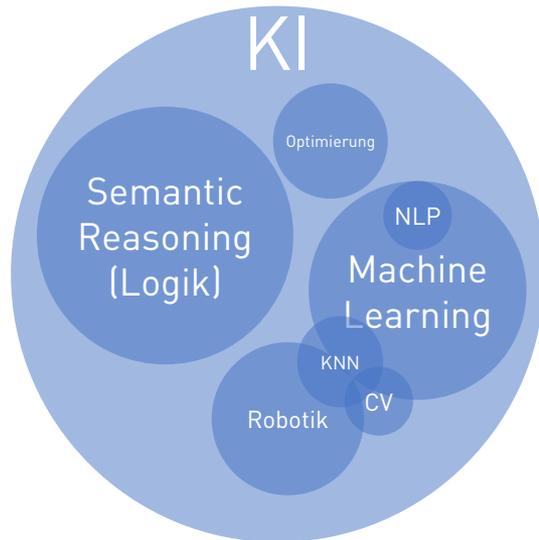
BEISPIELE

SCHLUSSFOLGERUNG

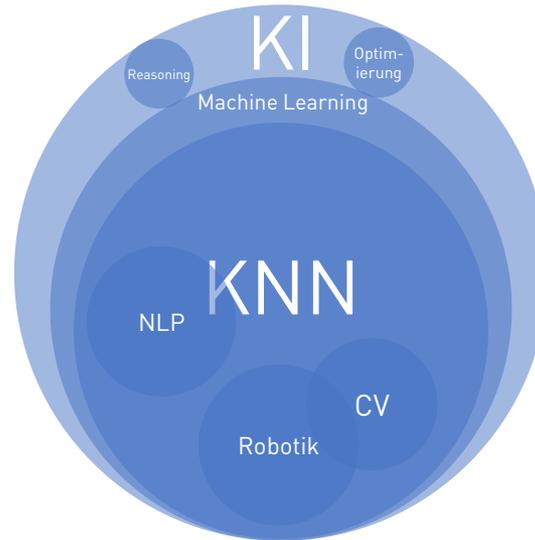


Midjourney - Digital Twin with AI of a Real Building

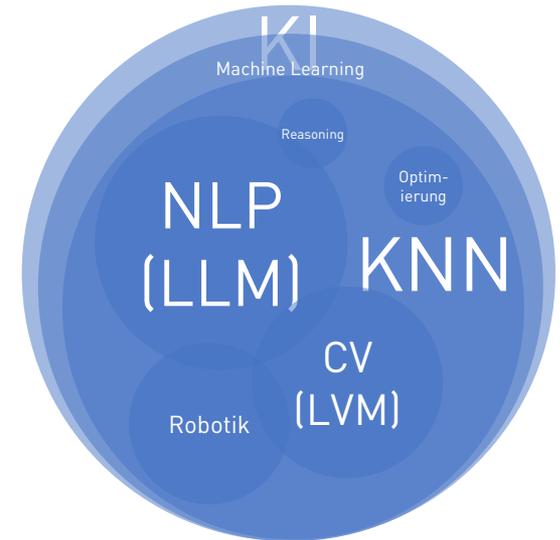
Semantic and Machine Learning Age (2012)



Neural Network Age (2018)



Large Foundation Model Age (2022)
(a.k.a. Generative Models)

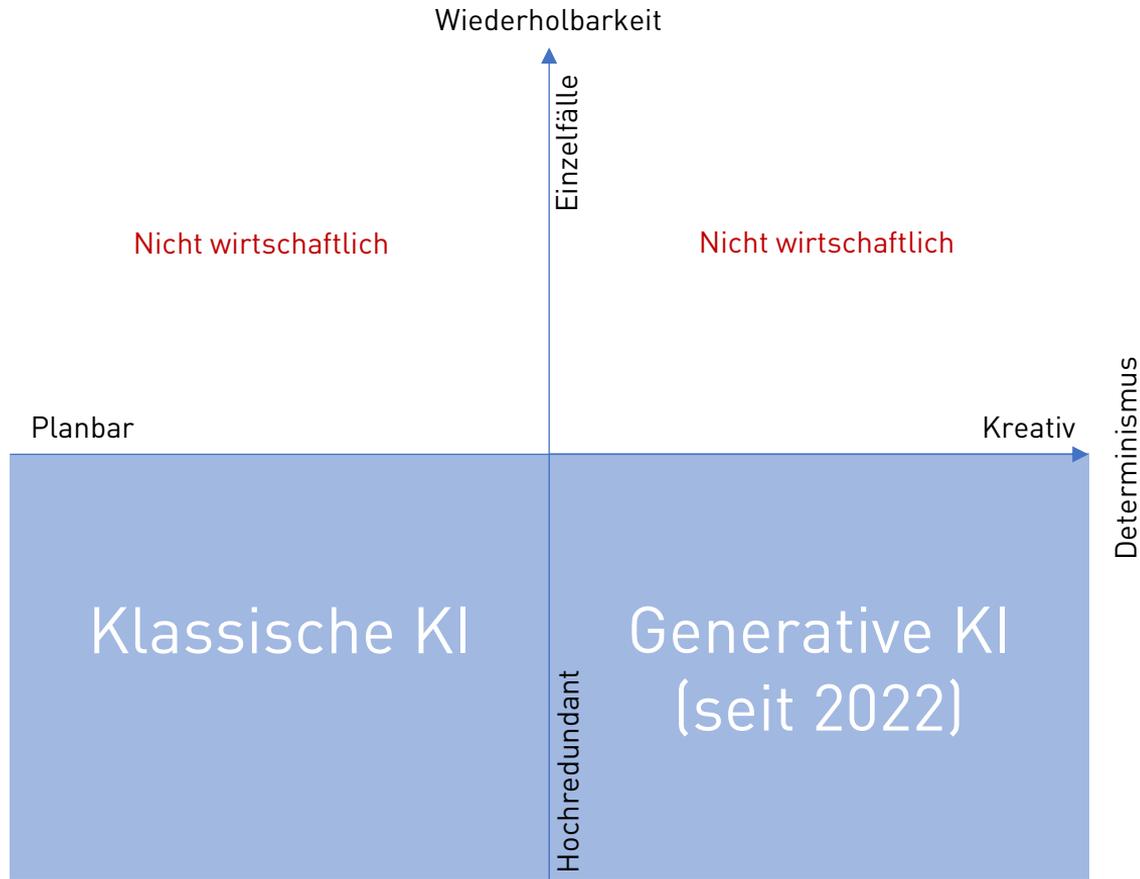


KNN – Künstliche Neuronale Netzwerke

CV – Computer Vision (Bildverarbeitung) und Large Vision Models (LVM)

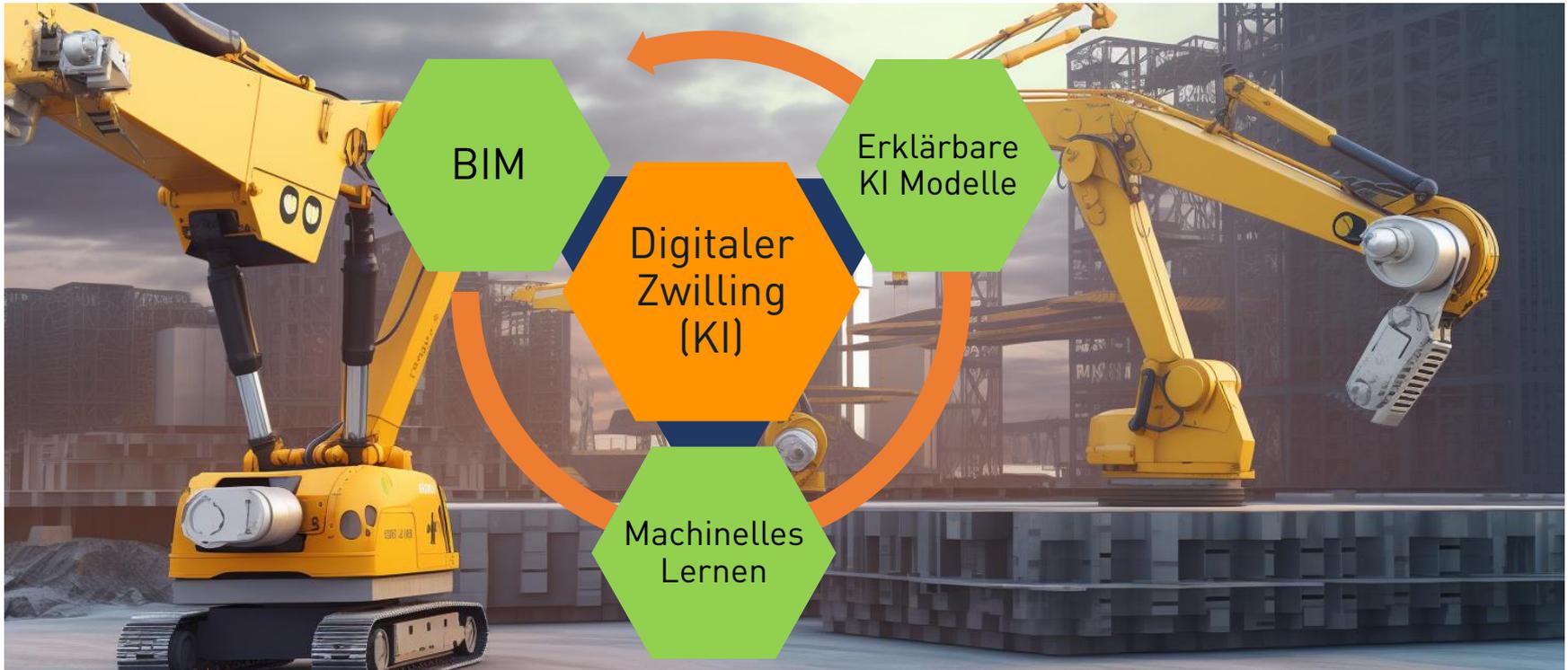
NLP – Natural Language Processing (Sprachverarbeitung) und Large Language Models (LLM)

WELCHE AUFGABEN KÖNNEN DURCH KI UNTERSTÜTZT WERDEN





Ein digitales Modell einer Zielentität mit **Datenverbindungen**, die eine **Konvergenz** zwischen den physischen und digitalen Modellen mit einer geeigneten Synchronisationsrate ermöglichen. Der digitale Zwillung kann eine **integrierte Ansicht** über den **gesamten Lebenszyklus** der Zielentität bieten. Er verfügt über einige oder alle Fähigkeiten der: Verbindung, Integration, Analyse, Vorhersage, Visualisierung, Optimierung, Kollaboration, usw. (ISO/IEC 30173)



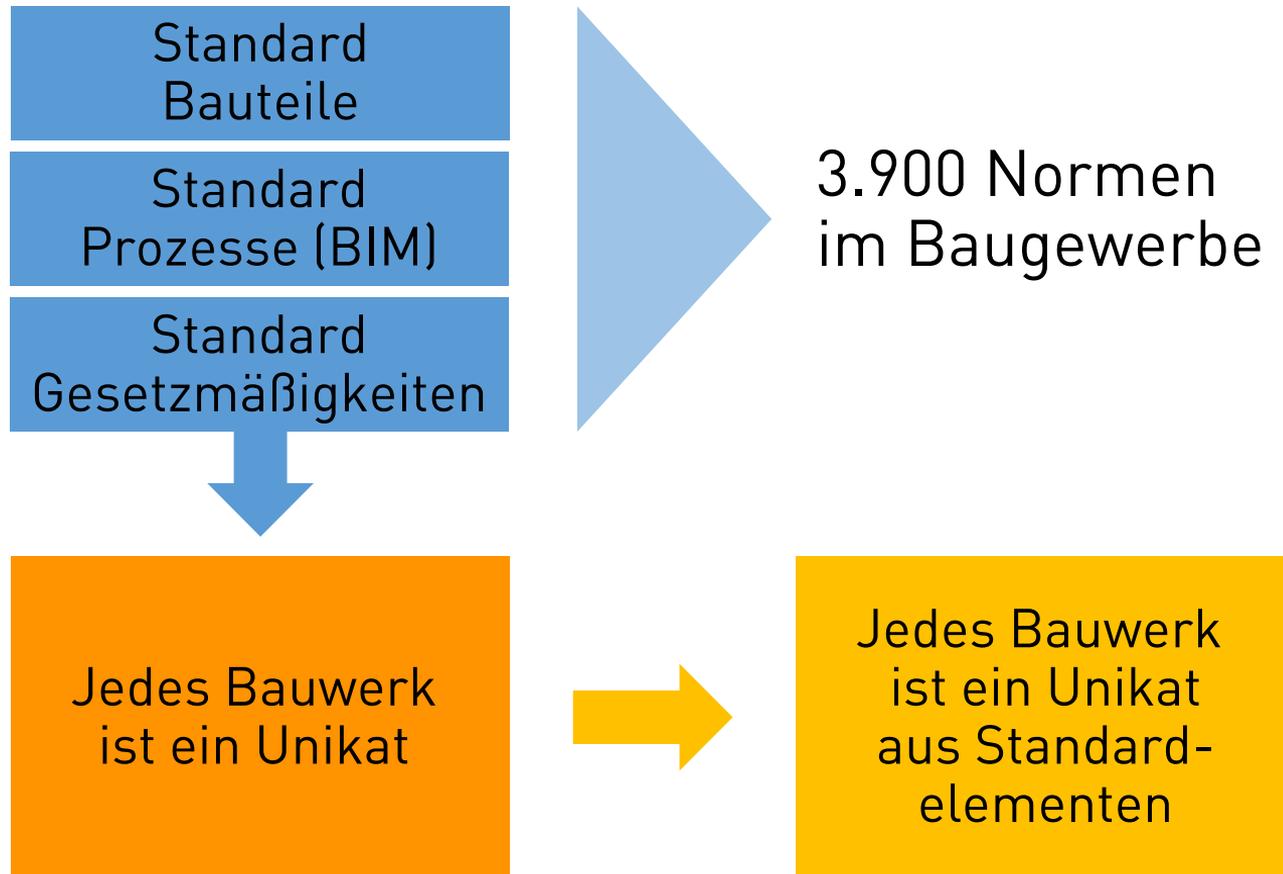
Ein digitales Modell einer Zielentität mit **Datenverbindungen**, die eine **Konvergenz** zwischen den physischen und digitalen Modellen mit einer geeigneten Synchronisationsrate ermöglichen. Der digitale Zwilling kann eine **integrierte Ansicht** über den **gesamten Lebenszyklus** der Zielentität bieten. Er verfügt über einige oder alle Fähigkeiten der: Verbindung, Integration, Analyse, Vorhersage, Visualisierung, Optimierung, Kollaboration, usw.(ISO/IEC 30173)

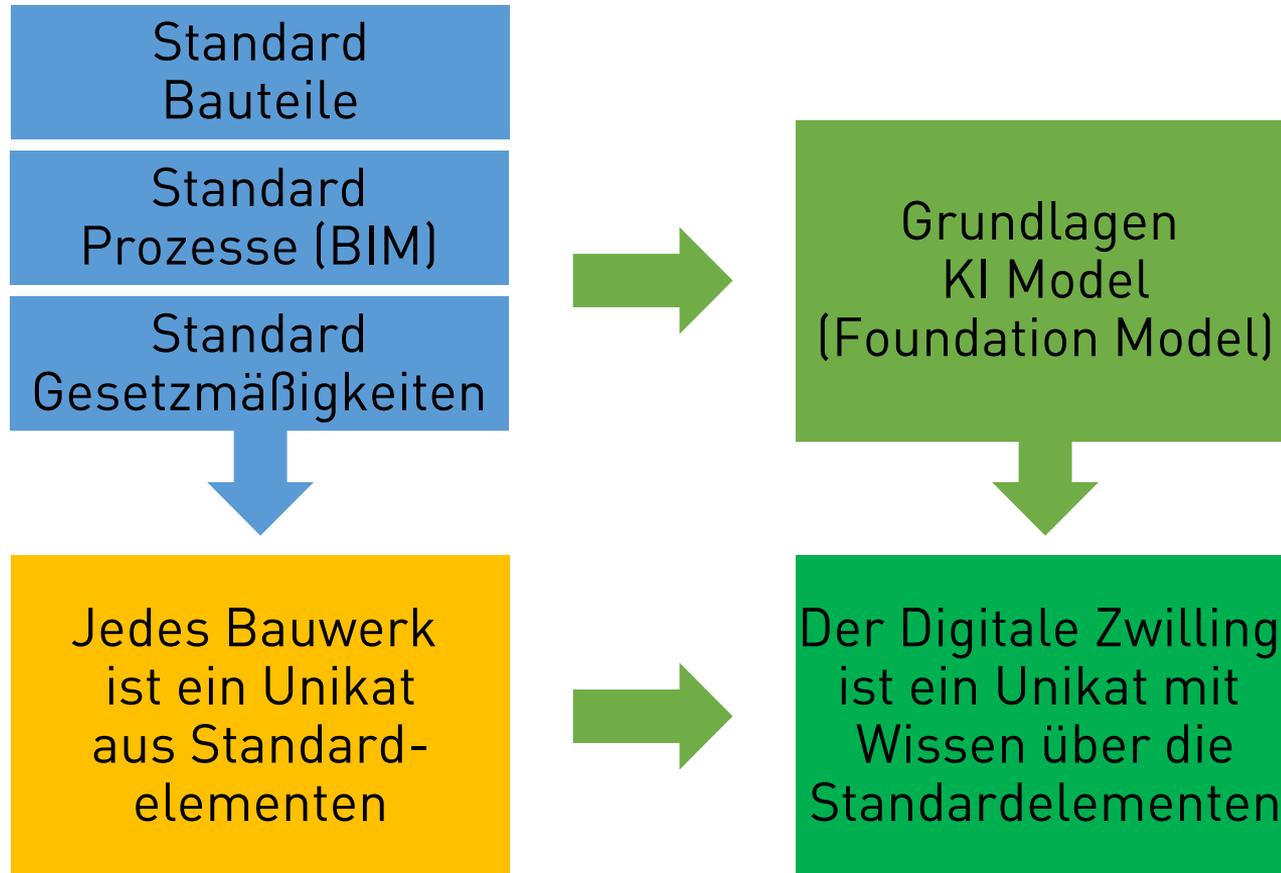
Jedes Bauwerk
ist ein Unikat

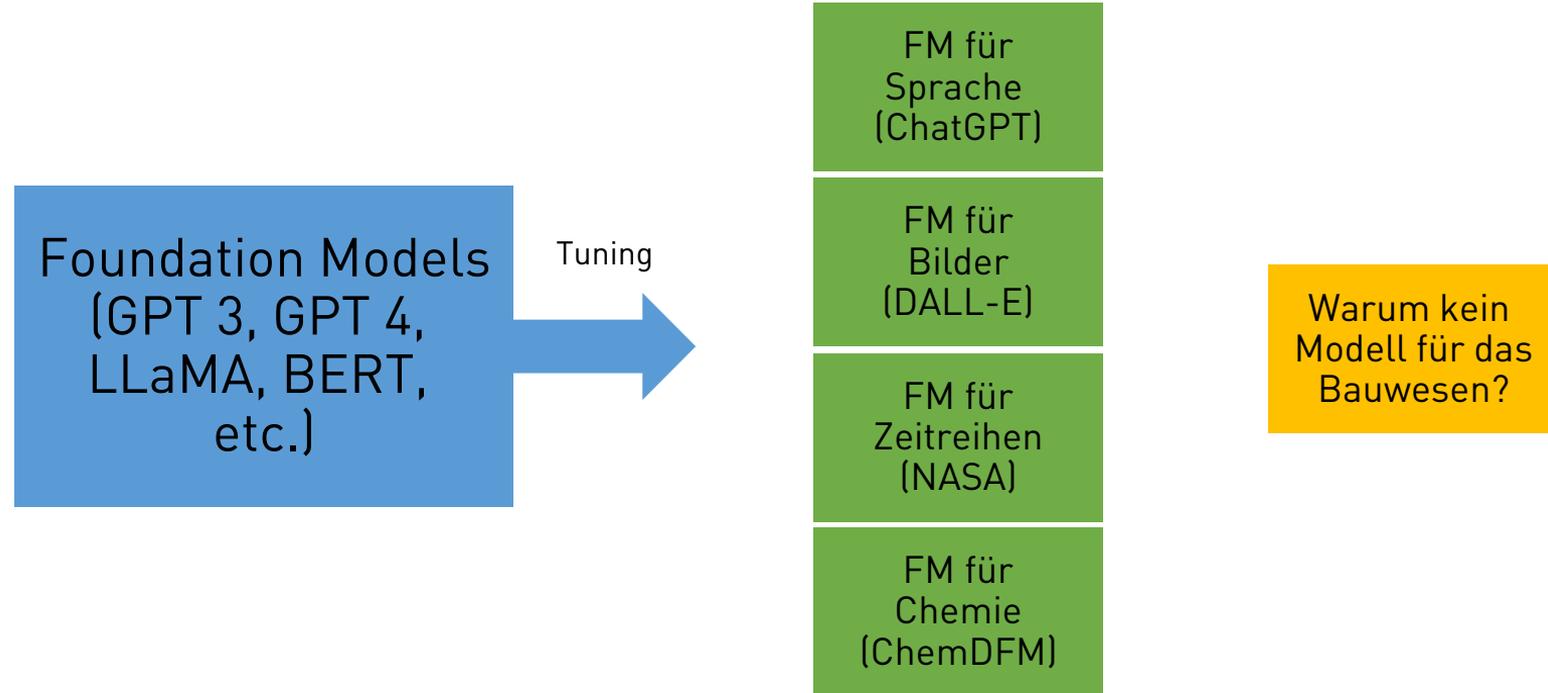


KI kennt nicht
meinen Einzelfall
und ist unwirt-
schaftlich







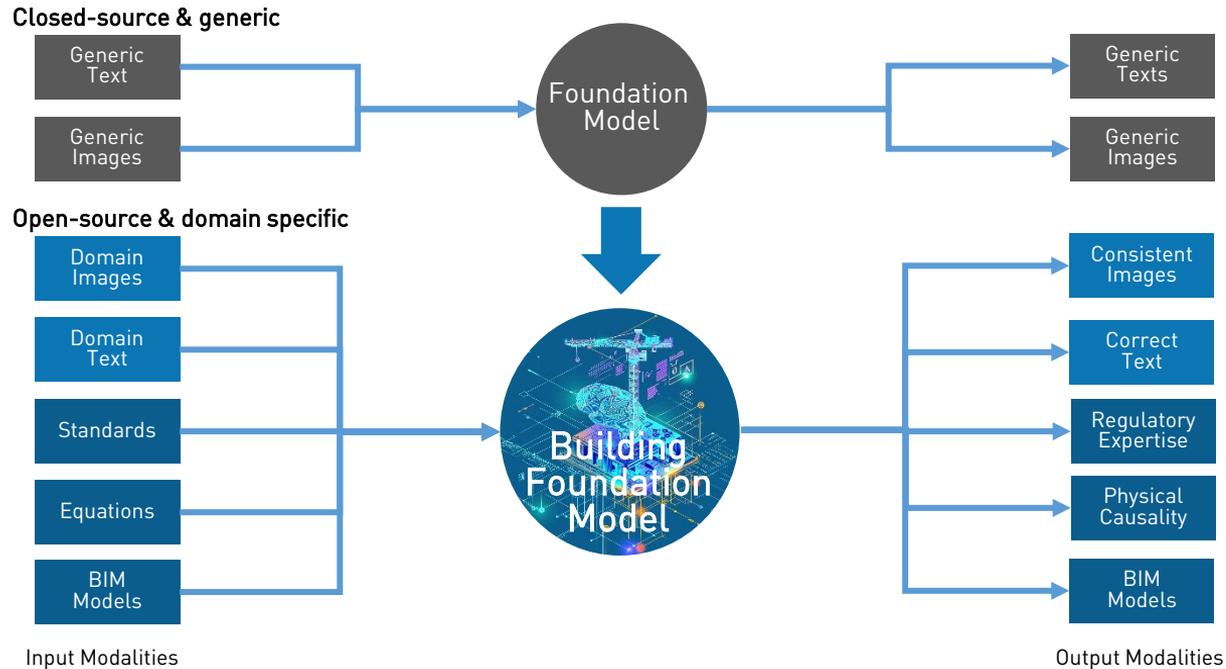


Foundation Modell

- Sehr viele Daten zum trainieren
- Sehr teuer zu trainieren

Domänen Modelle

- Wenige Daten zum trainieren (Few-shot learning)
- Viel preiswerter zu trainieren



	VERSTEHEN	GENERIEREN	ANPASSEN
ENTWURF	 <p>Analyse bestehender Dokumente & Normen</p>	 <p>Erzeugung korrekter BIM-Modelle</p>	 <p>Dynamische Anpassung mit Kunde</p>
BAU	 <p>Automatische Analyse des Baufortschrittes</p>	 <p>Projektplanung und Übersetzung</p>	 <p>Analyse der Projektkommunikation</p>
BETRIEB	 <p>Digitaler Zwilling des Bauwerks</p>	 <p>Spezifische Anleitungen zur Wartung</p>	 <p>Energieeffizienter Betrieb</p>

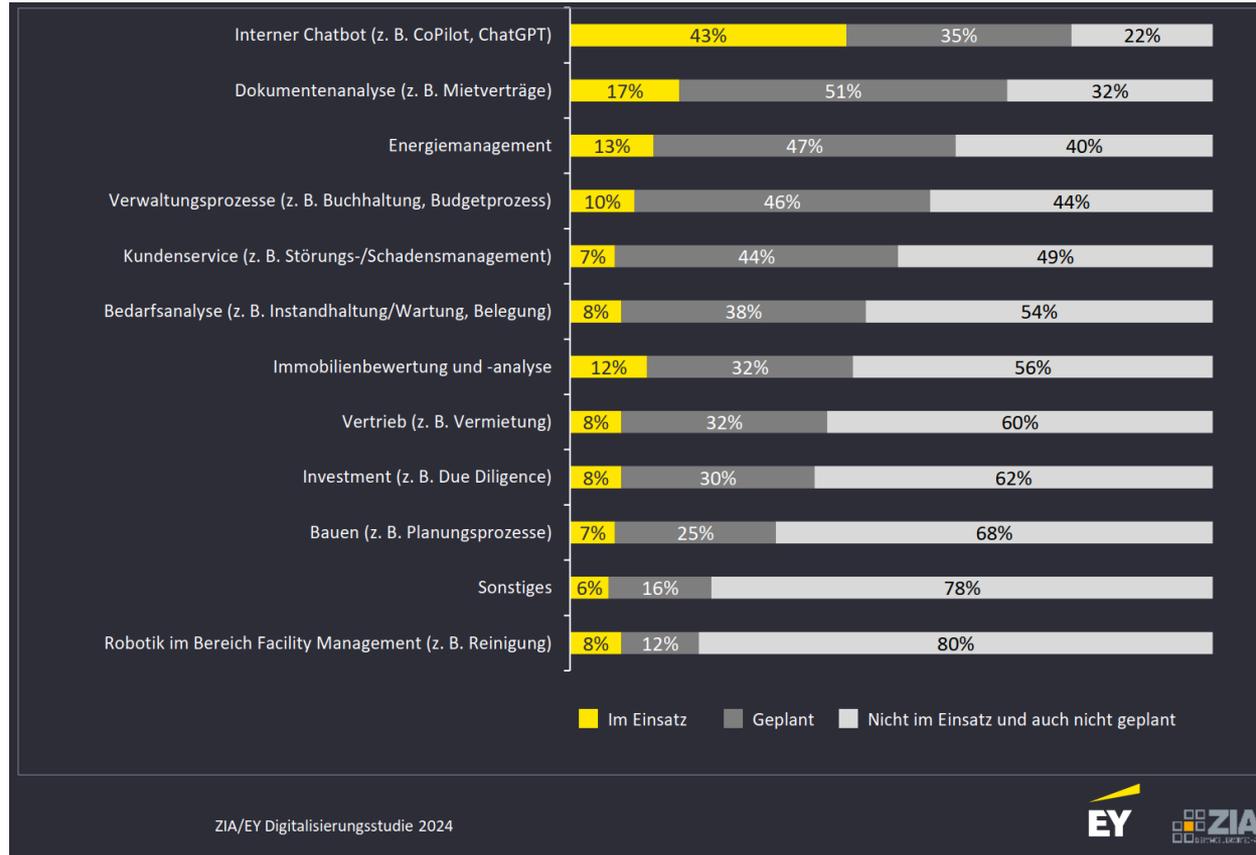
78% nutzen einen internen Chatbot oder planen, einen solchen zu nutzen

68% Nutzen/planen KI zur Dokumentenanalyse

60% nutzen/planen KI zum Energiemanagement

32% Im Bau und Planungsprozess

20% nutzen/planen KI in der Robotik



Quelle: ZIA Digitalisierungsstudie 2024

VERSTEHEN

- *Zusammenfassen* sehr großer Datenmengen
- *Erklären* von Grundlagenwissen und Zusammenhängen in Standards
- *Übersetzen* in unterschiedliche (Fach-) Sprachen
- *Vereinfachung* von Wissens- und Verständnisbarrieren

GENERIEREN

- *Ideenfindung* mit Bildern aus Anforderungen
- *Assistenz* im Entwurf mit Ratschlägen zu Entwurfsentscheidungen
- *Kommunikation* durch Generierung von E-Mails
- *Dokumentation* mit komplexeren Texten im Zusammenhang
- *Optimierung* zum energieeffizienten Entwurf und Betrieb

ANPASSEN

- *Few-Shot-Learning* erlaubt große Modelle mit wenigen Beispielen anzupassen
- Lernen von *Domänenwissen* (Standards)
- Lernen von *Projektwissen* (BIM Modelle)
- Lernen von Projektkommunikation (E-Mails)
- Lernen von physikalischen Parametern (Bauphysik, Statik)

DIE GEFAHREN NEUER GRUNDLAGEN KI-MODELLEN

VERSTEHEN

- *Fehlendes räumliches und numerisches* Verständnis
- *Fehlendes logische erschließen* komplexer Zusammenhänge obwohl einfache funktionieren
- *Auslassen* statistisch irrelevanter aber fachlich wichtiger Details
- *Übersetzen* mit False-Friends, die in der Domäne andere Bedeutungen haben

GENERIEREN

- *Halluzination* von falschen Inhalten
- *Fehlassistenz* durch fehlerhafte Ratschläge
- *Inkonsistenz* von generierten Inhalten (mehrere Sichten)
- *Bias* der Vorurteile/ Falschaussagen in den Trainingsdaten überbetont
- *Ineffizienz* durch generierte Texte, die keiner mehr liebt
- *Fehloptimierungen* durch Lernen von Korrelationen in Trainingsdaten

ANPASSEN

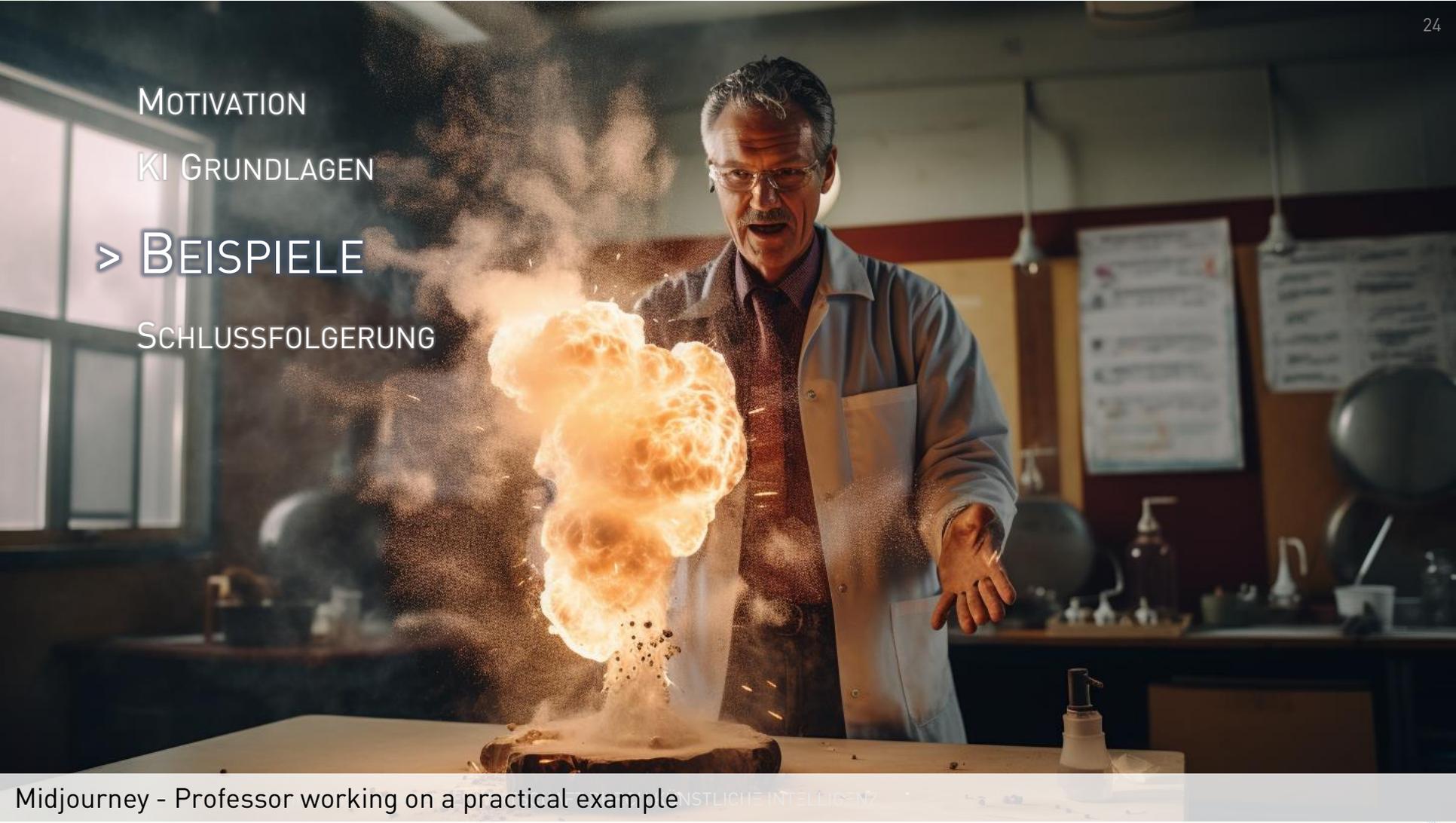
- *Keine BIM-Unterstützung* zur Datenverarbeitung in KI-Modellen
- *Fehlende große Datensätze*
- *Unerklärliche* Black-Box-Modelle
- *Hohe Kosten* für regelmäßiges Training
- *Fehlendes Wissen* zu den Modellen

MOTIVATION

KI GRUNDLAGEN

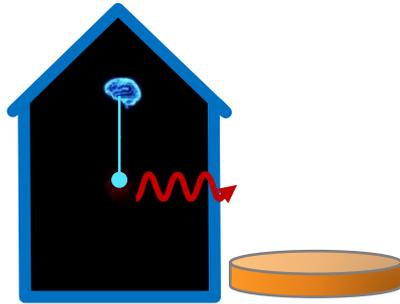
> BEISPIELE

SCHLUSSFOLGERUNG



Automatisierte Gebäude

> 1980

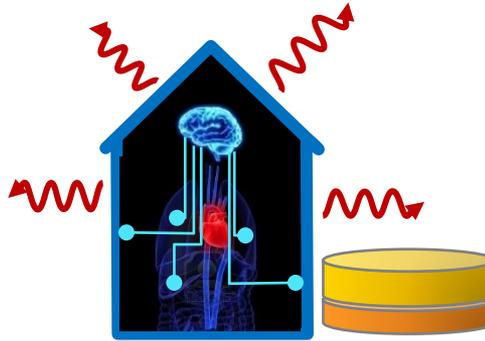


Visualisiere KPI

- + Erlaubt Benchmarking
- + Erlaubt automatisierten Betrieb zentraler Systeme
- Energieverschwendung schwer zu identifizieren

Smarte Gebäude

> 2000

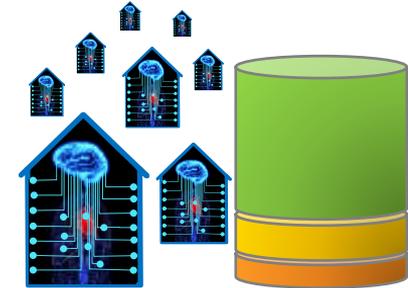


Analysiere Verbrauch

- + Monitoring Energieverbrauch zentraler Systeme
- Nur primäre KPIs werden analysiert

Digitale Zwillinge

> 2020



Optimierte Endverbrauch

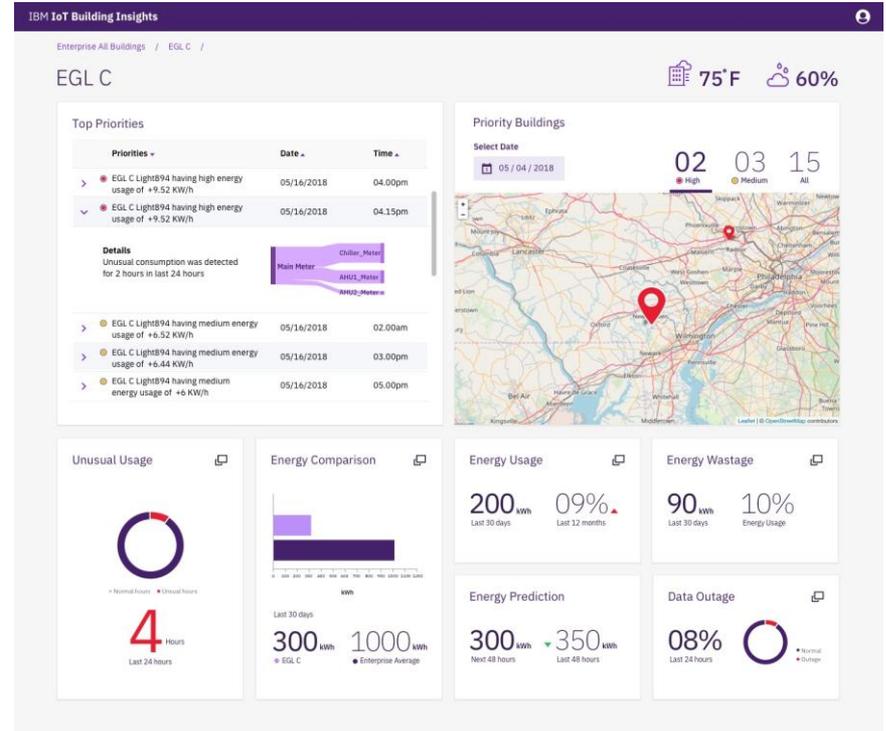
- + Vollautomatische Datenverarbeitung
- + Optimierte Regelung bis zu einzelnen Arbeitsplätze
- Sehr viele Datenpunkte

Problem

- Internationale Firmen oder Verwaltungen haben tausende Niederlassung mit hunderttausenden an Datenpunkten
- Es ist möglich einzelne Niederlassungen zu optimieren aber diese driften sehr schnell am und es ist sehr schwer das komplette Portfolio zu Überwachen
- Regelbasierte Monitoring ist bei der Anzahl an Datenpunkten nicht zu konfigurieren

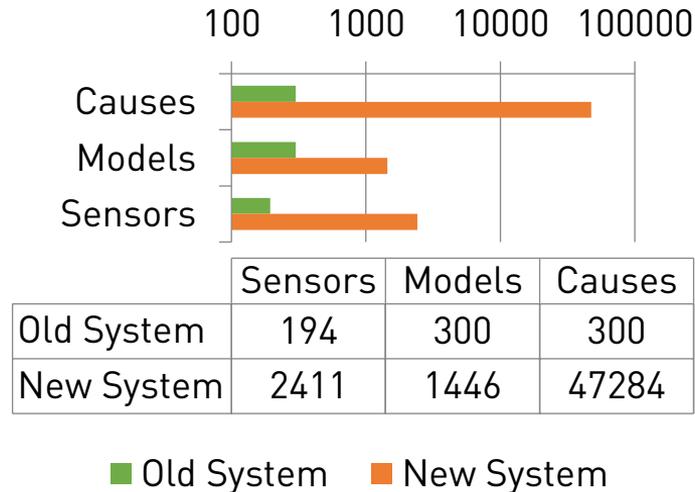
KI Lösung

- Wir integrieren die unterschiedlichen Datenpunkte in dem Wissensgraphen um z.B. Verbraucherhierarchien abzubilden
- Wir konfigurieren ML Modelle welche Zeiten und Wetter berücksichtigen und das normale Energieverhalten lernen und geringe Abweichungen diagnostizieren



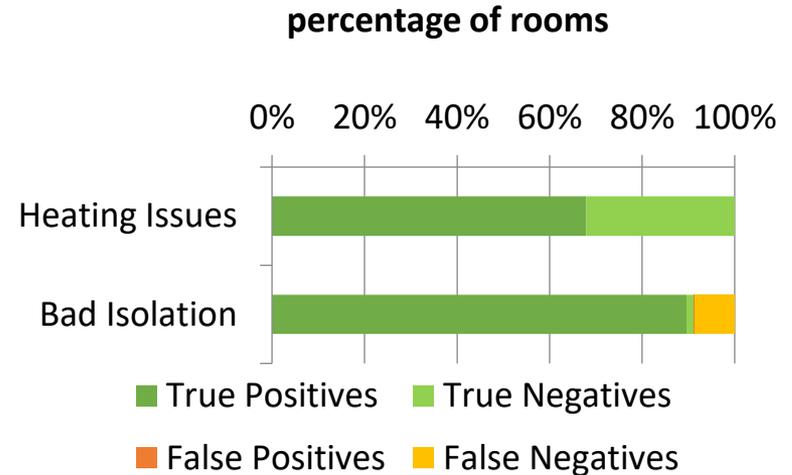
BEISPIEL: IBM IRELAND

6 Gebäude mit 3500 Sensoren



→ Der Ansatz verarbeitet 12 mal mehr Sensoren

Vergleich mit den von einem Bausachverständigen gekennzeichneten Ergebnissen.

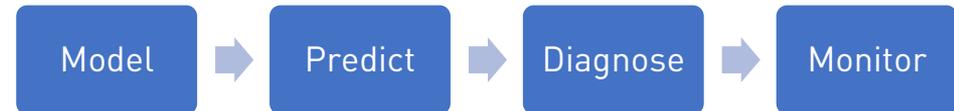
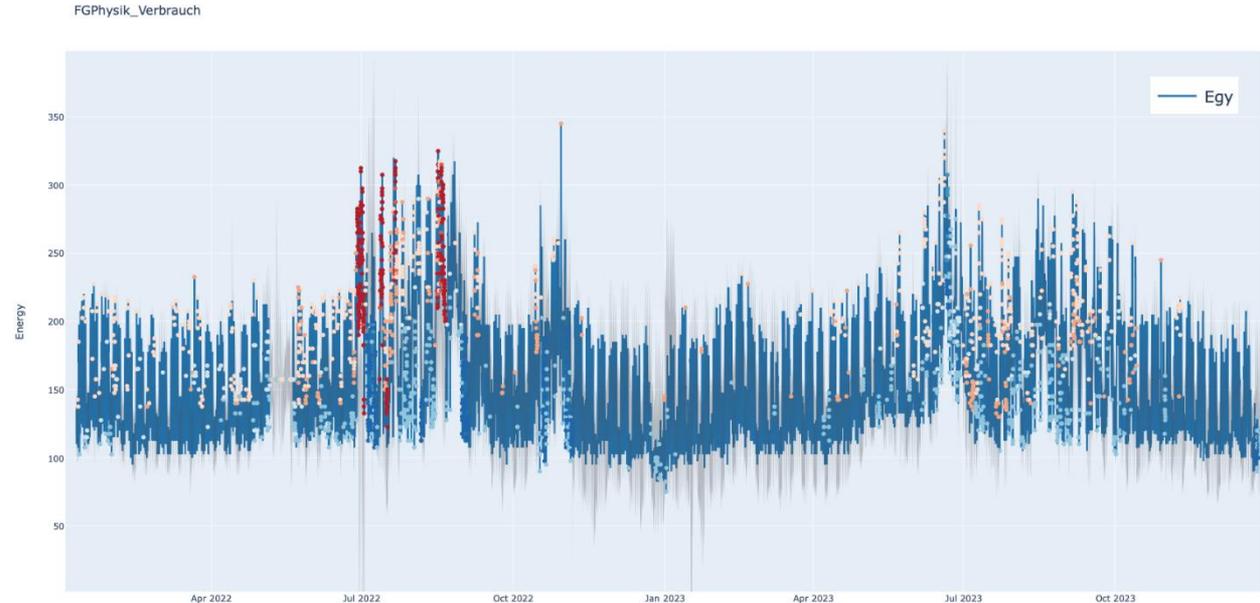


→ Der Ansatz ermöglicht die Identifizierung echter Probleme im Baubestand des Gebäudes

Details: Ploennigs, et al.: Semantic Diagnosis Approach for Buildings. IEEE Trans. Ind. Inf., 2017

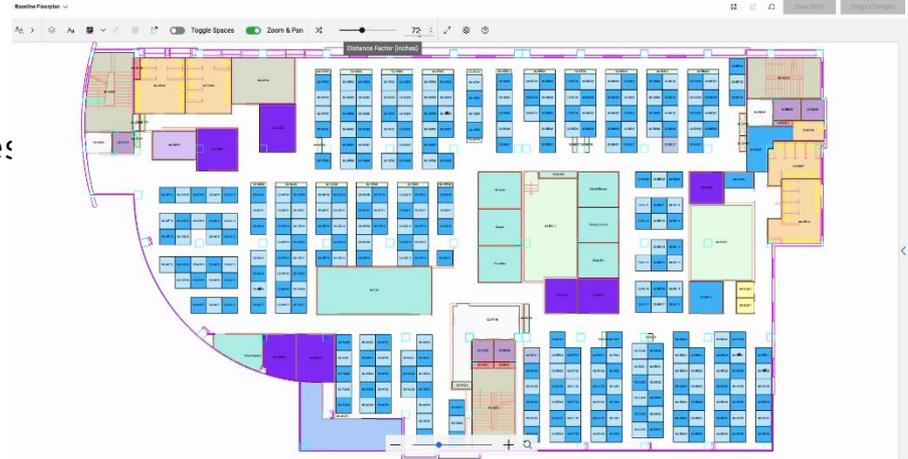
BEISPIEL: UNI ROSTOCK

- Bis zu 100 Niederlassungen
- Nur ca. 20.000 der 100.000 Datenpunkte wirklich verfügbar
- Datenpunkte sind schlecht gelabelt, obwohl Standart existiert
- 80%-95% der Gebäude nur Energieklasse C nach EN 15232
- Energiewerte werden oft nicht stündlich erfasst
- 20% des Energieverbrauchs "verschwinden"
- Relevante Daten wie Belegung, Wetter, etc. fehlen



Problem

- Hybrides Arbeiten erfordern dynamischere Raumnutzungsszenarien
- Räume werden zu Stoßzeiten überbucht, und es kommt zu „gefühlter“ Unverfügbarkeit obwohl die Räume oft leer stehen
- Komplexe Anforderungen wie Kosten, energieeffizienter Betrieb, Anfahrtswege, Lebensqualität stellen besondere Anforderungen



KI Lösung

- KI digitalisiert Raumpläne aus Bauplänen, erkennt Arbeitsplätze
- KI Algorithmen optimieren die Zuteilung
- Die Algorithmen beachten auch Anforderungen aus LLM (Lebensqualität)



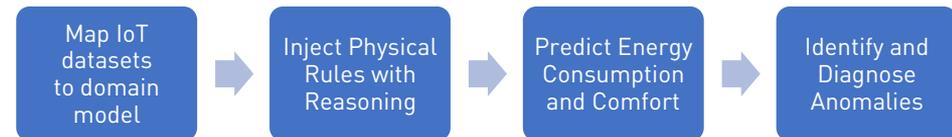
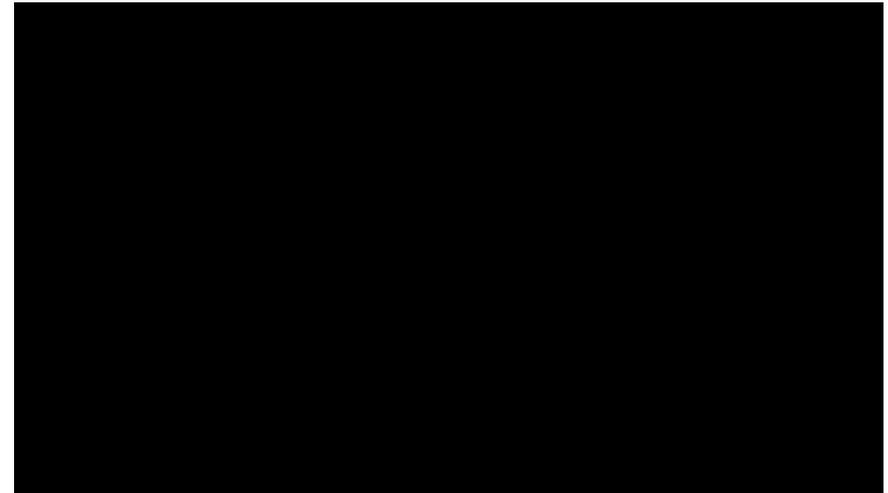
O'Donncha, F.; Sheehan, J.; Lorenzi, F.; Ploennigs, J.: Optimized Lease Planning for Real Estate Portfolios with Large Language Models, *INFORMS*, 2023.
Barry, M.; Gambella, C.; Lorenzi, F.; Sheehan, J.; Ploennigs, J.: Optimal Seat Allocation Under Social Distancing Constraints, *INFORMS Annual Meeting*, 2020.

Problem

- Das IoT Center hat tausende an Sensoren um Klima, Energie und Raumnutzung zu messen
- Es gibt keine festen Arbeitsplätze und viele Besucher welche die Räume nicht kennen

KI Lösung

- Der Digitale Zwilling integriert im Wissensgraphen alle Daten
- Raumklima und Energieverbrauch werden analysiert und Anomalien diagnostiziert
- Wir erzeugen daraus eine BIM-basierte 3D App zur Wegfindung, Sitzplatzbuchung und Datenvisualisierung
- Ein Sprachinterface wird automatisch konfiguriert



Problem

- Im Betrieb hat man meist keinen einfachen Zugriff auf Daten, weil man nicht genau die Anlagen kennt oder Daten unzugänglich sind
- Die Diagnose von komplexen Anlagen ist für Laien sehr schwierig

KI Lösung

- Mittels einer AR-Lösung können wir Anlagen direkt identifizieren
- Durch den Digitalen Zwilling können wir Fehler erkennen und diagnostizieren
- Durch AR können wir komplexe Zusammenhänge einfach kommunizieren



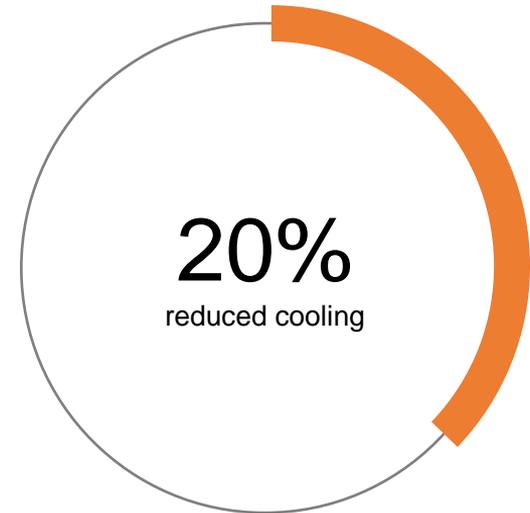
NACHHALTIGER BETRIEB BEI TESCO IRLAND

- Tesco hat stark in Sensoren und Monitoring investiert, um energieeffizienter zu werden
- Die gesammelten Daten waren sehr schnell so groß, dass die verantwortlichen Energie- und FM Management nicht damit umgehen konnte
- Umgesetzte Einsparungsmaßnahmen hielten immer nur kurzfristig
- Durch Maschinelles Lernen konnten neue Einsparungen entdeckt und durch kontinuierliches Monitoring auch langfristig etabliert werden

160
Stores

110.956
Data Objects

678 TB
Data per annum



25 million Dollar
savings per annum

MOTIVATION

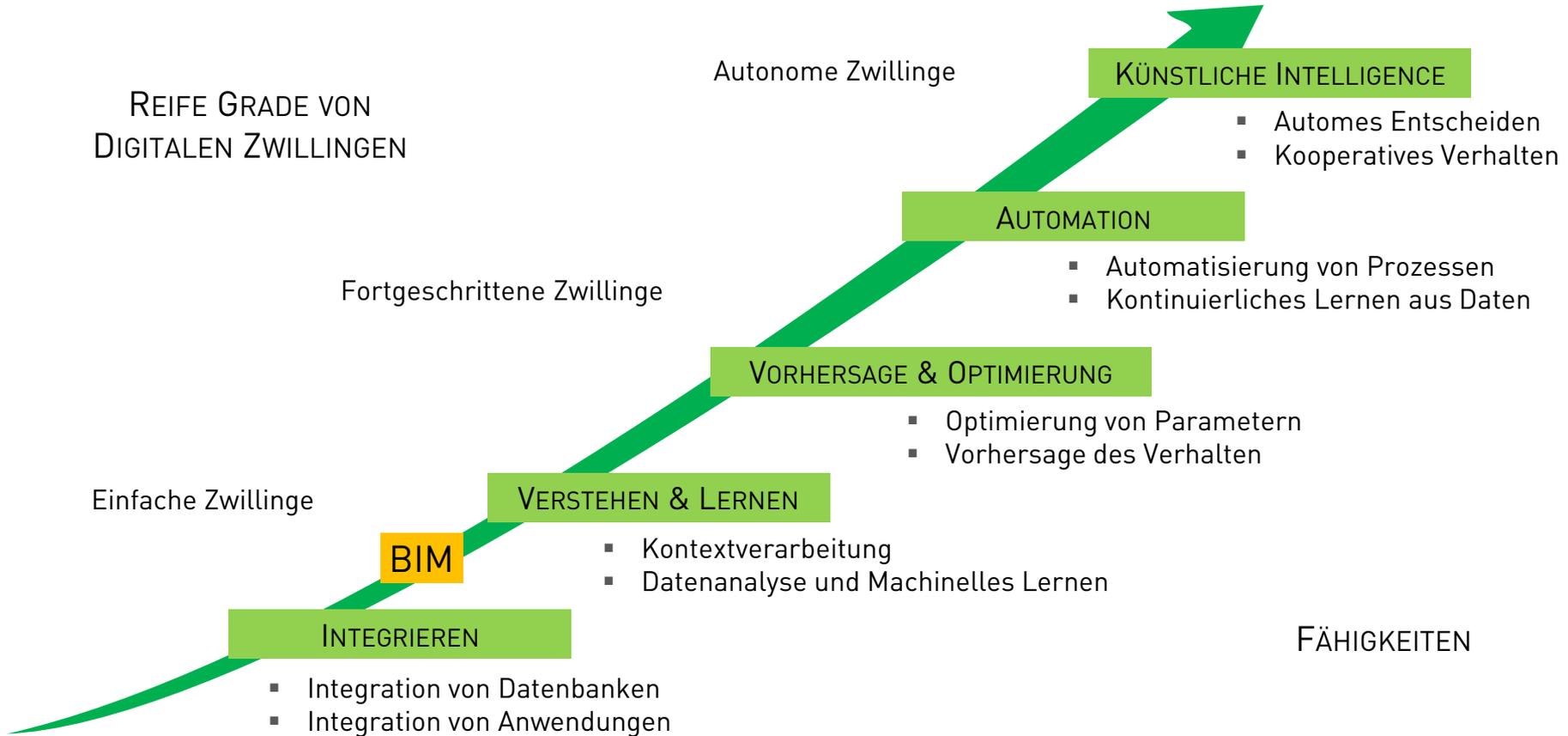
KI GRUNDLAGEN

BEISPIELE

> SCHLUSSFOLGERUNG



Midjourney - AI computer on top of a pile of papers answering a question



IST KI EIN FLUCH ODER SEGEN?

Segen

- Breit Einsetzbar – Es gibt sehr viele Anwendungsfälle für KI
- Produktivität – KI-Assistenten können uns wirklich Arbeit abnehmen
- Datenbeherrschbarkeit – Nur KI kann die Datenflut noch bewältigen
- Energieeffizienz – KI kann uns helfen energieeffizientere Bauwerke zu entwerfen, bauen und betreiben
- Vereinfachung – KI kann komplexe Wissensdomänen zugänglicher machen
- Digitalisierung – KI-Modelle vereinfachen Digitalisierungsprozesse und generieren Mehrwert

Fluch

- Neue Fähigkeiten – Die Nutzung von KI erfordert neue Kompetenzen bei Nutzern (auch in der Identifikation von Fakes)
- Inkorrektheit – KI-Modelle erfinden ggf. falsche Inhalte (Halluzination)
- Nachvollziehbarkeit – KI-Modelle sind häufig nicht vollständig nachvollziehbar
- Bias und Fairness – KI-Modelle lernen und wiederholen einfache Korrelationen
- Rechtssicherheit – Entscheidungen von KI-Systemen sind nicht rechtssicher
- Missbrauchbar – Alle Vorteile können (und werden) auch kriminell eingesetzt (Betrug, Fake News, Deep Fakes, etc.)

FRAGEN

JOERN.PLOENNIGS@UNI-ROSTOCK.DE

Josef Gočár, Kubistisch



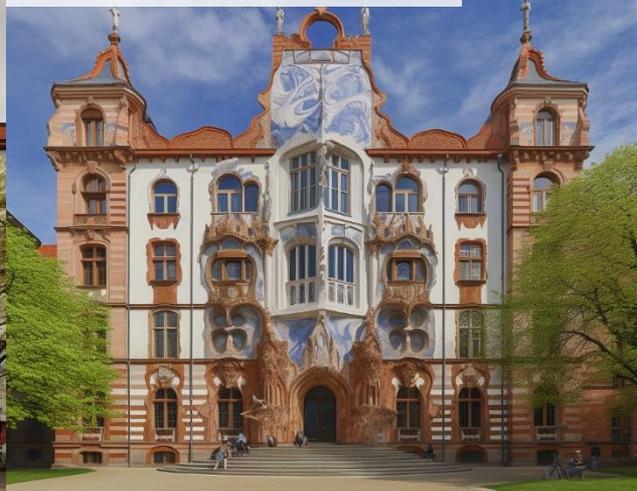
Zaha Hadid, Parametrisch



Walter Gropius, Bauhaus



Antoni Gaudi, Jugendstil



Hundertwasser, Organisch

