
INTELLIGENTE SYSTEME (KI) FÜR DIE GEBÄUDEENERGIETECHNIK? DAS GEBÄUDE ALS VERNETZTES ADAPTIVES SYSTEM

Dr. Andreas Wilde



Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS



© Foto: Katharina Knaut

Institutsteil Entwicklung Adaptiver Systeme EAS

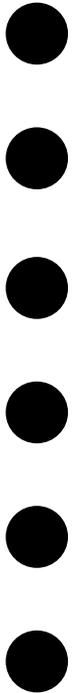
Gegründet	1992
Mitarbeiter	ca. 110
Budget	ca. 12,5 Mio. €
Leitung	Dr. Peter Schneider

Fraunhofer IIS

Gegründet	1985
Mitarbeiter	ca. 1 100
Budget	ca. 169,9 Mio. €
Leitung	Prof. Dr. Albert Heuberger Dr. Bernhard Grill Prof. Dr. Alexander Martin

Was ist (künstliche) Intelligenz?

Versuch einer Begriffsbestimmung



Aspekte von Intelligenz

- Abstraktion
- Mustererkennung

Was ist (künstliche) Intelligenz?

Versuch einer Begriffsbestimmung



Aspekte von Intelligenz

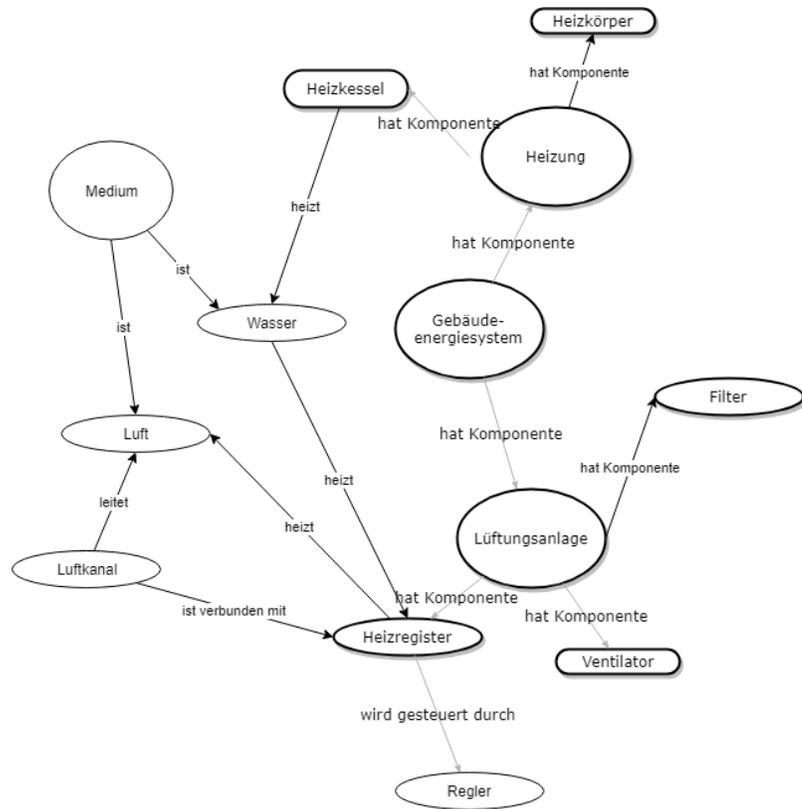
- Abstraktion
 - Mustererkennung
 - Ausfiltern relevanter Information: Projektion



Bubba73 at English Wikipedia, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

Was ist (künstliche) Intelligenz?

Versuch einer Begriffsbestimmung



Aspekte von Intelligenz

- Abstraktion
 - Mustererkennung
 - Ausfiltern relevanter Information: Projektion
- Verknüpfen von Mustern / Modellen zu neuen Modellen, rekursive Anwendung von Mustererkennung und Projektion auf Abstraktionen

Was ist (künstliche) Intelligenz?

Versuch einer Begriffsbestimmung

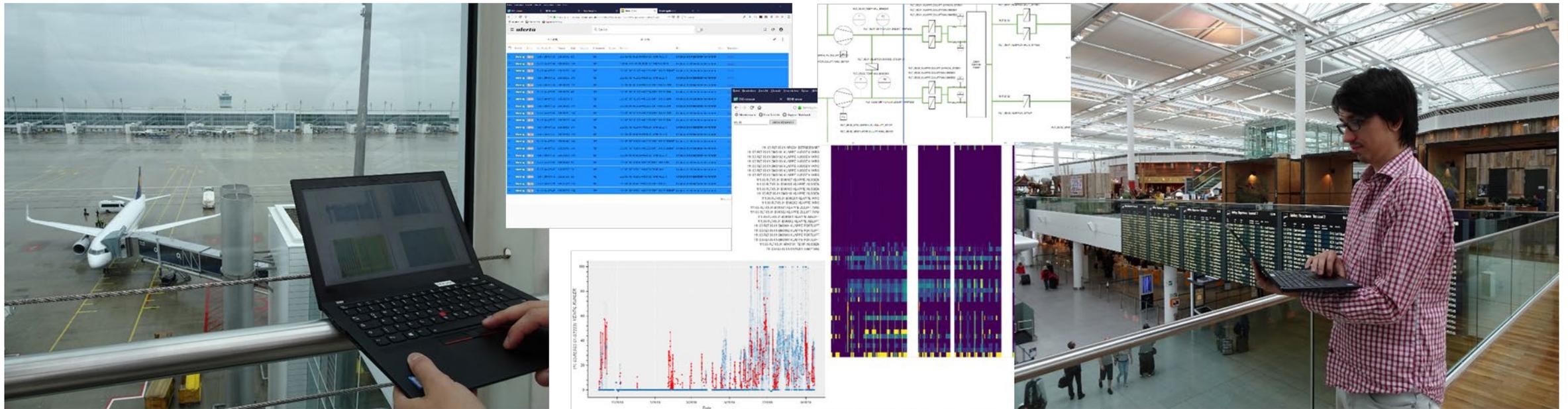
Und nun mal praktisch: Was könnte das nützen, wenn das „künstlich“ geht?

- Idee: Lasse die Maschine ein „geeignetes“ Problem lösen, in dem du ihr einfach die nötigen Daten gibst und das Ziel zeigst.
Z.B.:
 - Fotos sortieren, d.h. erkennen, ob Katzen oder Menschen zu sehen sind (google)
 - Am Telefon Friseurtermine machen
 - Go spielen
- Ok, und gibt es im Gebäude-Energiemanagement „geeignete“ Probleme?



KI in Gebäudeenergiesystemen, Beispiel: Monitoring

- 5-30% der Endenergie gehen in Gebäuden nur durch fehlerhaften Betrieb verloren.
- Die Lösung des Problems ist oft nicht schwer, wenn das Problem erkannt wurde.
- Bsp.: Flughafen München



Zielstellung

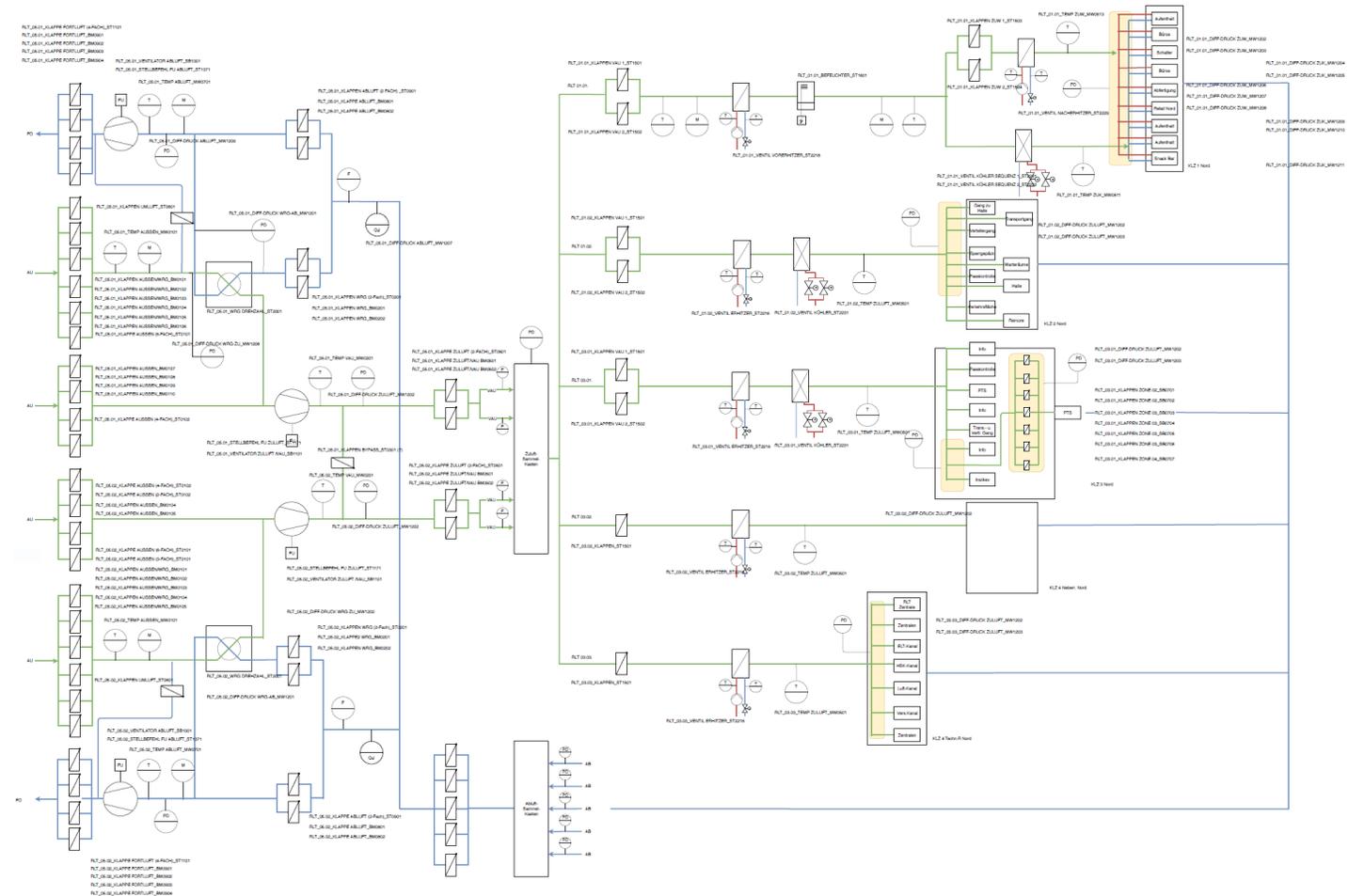
Optimierung des Betriebs von RLT-Anlagen im Bestand: Flughafen München

- Pilotanwendung zur Unterstützung von Anlagenbetreibern im Gebäudemanagement
-> Werkzeuge zur automatischen Erkennung ungünstiger Betriebszustände:
 - Schwingende Regelkreise
 - unplausible Messwerte
 - Defizite bei Wärmerückgewinnung
 - gleichzeitige Heizung / Kühlung
 - falsche Betriebszeiten, Handeingriffe, hängende Klappen

Randbedingungen Anlage

■ Technik

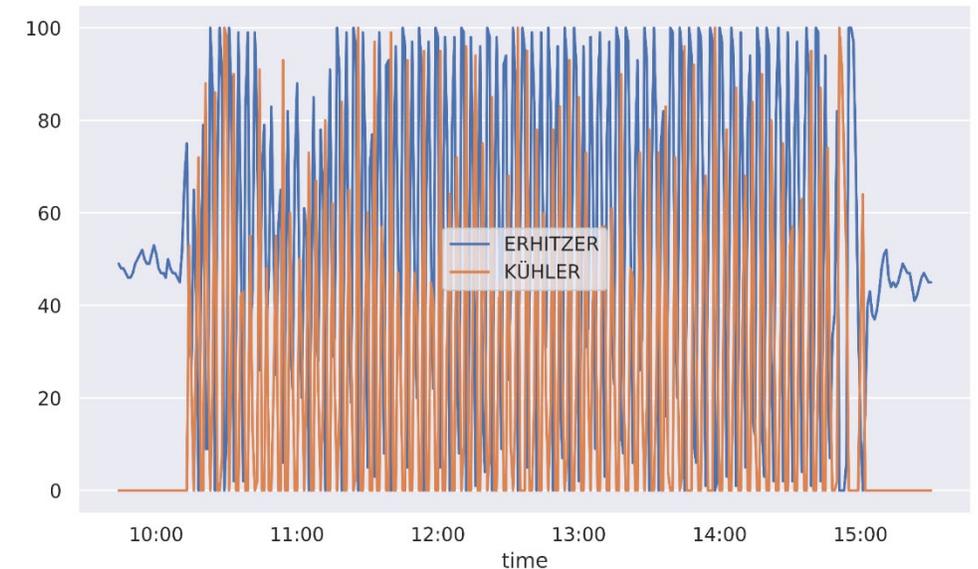
- Automation BJ ca. 1990
- Große, komplexe Anlagen
- Betriebsdaten
 - ~290 Datenpunkte im System: Sensoren, Sollwerte
 - Zeitauflösung 1 / Minute
 - Übermittlung: Mail, 1x täglich
 - Keine Energie-Zähler



Probleme im Betrieb der RLT-Anlagen Terminal 1

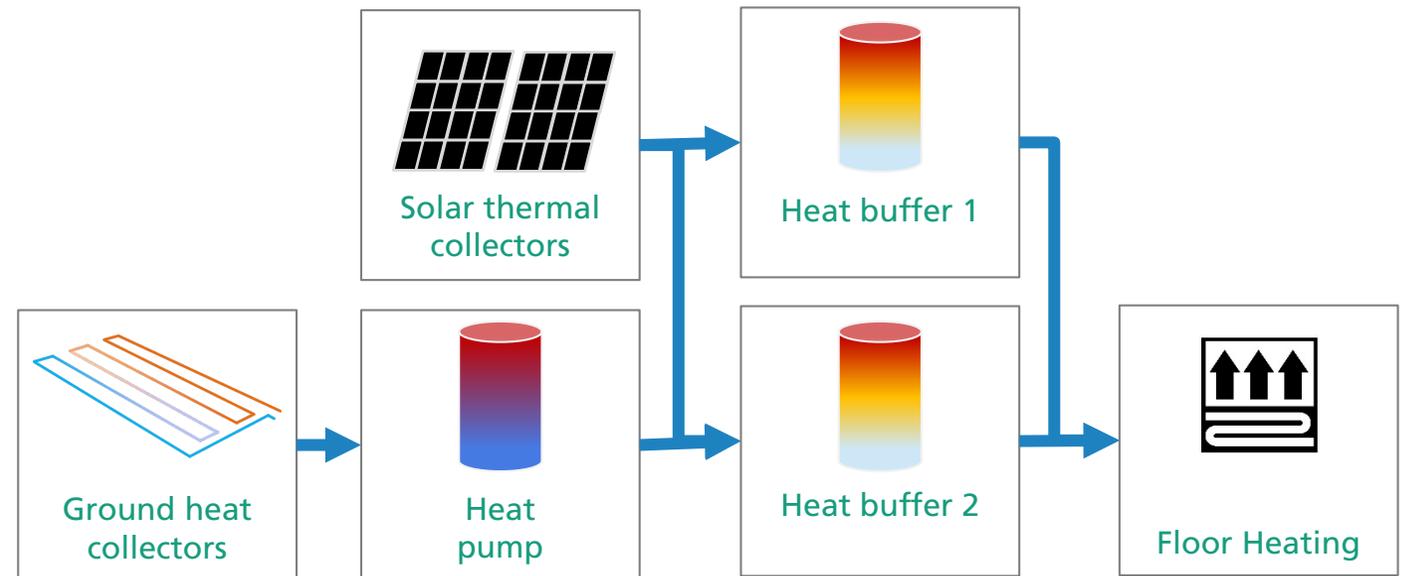
Heizen vs. kühlen

- Gleichzeitiges Heizen und Kühlen ist Energieverschwendung.
- „Gleichzeitig“ kann auch „schnell abwechselnd“ heißen.
- Gleichzeitiges Heizen und Kühlen kommt insbesondere im statischen Fall selten vor (<1%).
- Schnell abwechselndes Heizen und Kühlen kommt in schwingenden Anlagen durchaus vor.
- Detektion mit vorhandener Technik nicht sinnvoll möglich.



Modellierung des Energiesystems eines Büro-/Wohnhauses

- Bivalentes Energiesystem
 - Wärmepumpe mit Flächenkollektor
 - Solarthermiekollektor
 - 2 Wärmespeicher
 - 2 Gebäudezonen mit Fußbodenheizung
- Modellierung mit SimulationX in Modelica (+GreenCity Library)
- Modellierung
 - Nur lokalen Steuerungen (Anforderung durch Speicher)
 - Keine Interaktion zwischen Solarthermie und Wärmepumpe



Nebenbedingungen für den Energiemanager

Nebenbedingung	Mathematische Formulierung
Eine Entladung erfolgt generell immer nur über einen der Speicher.	$\gamma_{S1} \neq \gamma_{S2}$
Solarthermie kann beide Speicher gleichzeitig beladen.	If $\alpha_{Sol} = 1$: (β_{Sols1} OR β_{Sols2}) Else: $\beta_{Sols1} == 0$ AND $\beta_{Sols2} == 0$
Speicher 1 sollte generell nicht über die Wärmepumpe beladen werden.	If $\alpha_{HP} = 1$: $\beta_{HpS2} == 1$
(*) In besonderen Fällen, z.B. bei besonders kalten Tagen, sollen beide Speicher über Wärmepumpe beladen und gleichzeitig entladen werden dürfen.	(*) If $\alpha_{HP} = 1$: $\beta_{HpS1} == 1$ AND $\beta_{HpS2} == 1$; $\gamma_{S1} == 1$ AND $\gamma_{S2} == 1$

Kostenfunktion und Optimierungsproblem

- Kostenfunktion J :
 - Komfort: Bestrafung der Abweichung der Raumtemperatur von der Solltemperatur
 - Elektrische Kosten zur Wärmeversorgung: Wärmepumpe, Solepumpen
- Optimierungsproblem allgemein:
 - Mittels Diskretisierung des Zeithorizonts in K äquidistanten Intervallen

$$\min_{v=(\mathbf{u}(0), \dots, \mathbf{u}(K-1))} J(\mathbf{x}, \mathbf{u}(0), \dots, \mathbf{u}(K-1))$$

mit:

$$F(\mathbf{x}, \mathbf{u}(k), t) = 0 \text{ (Modell)}$$

$$g(\mathbf{u}(k)) \geq 0$$

$$h(\mathbf{u}(k)) = 0$$

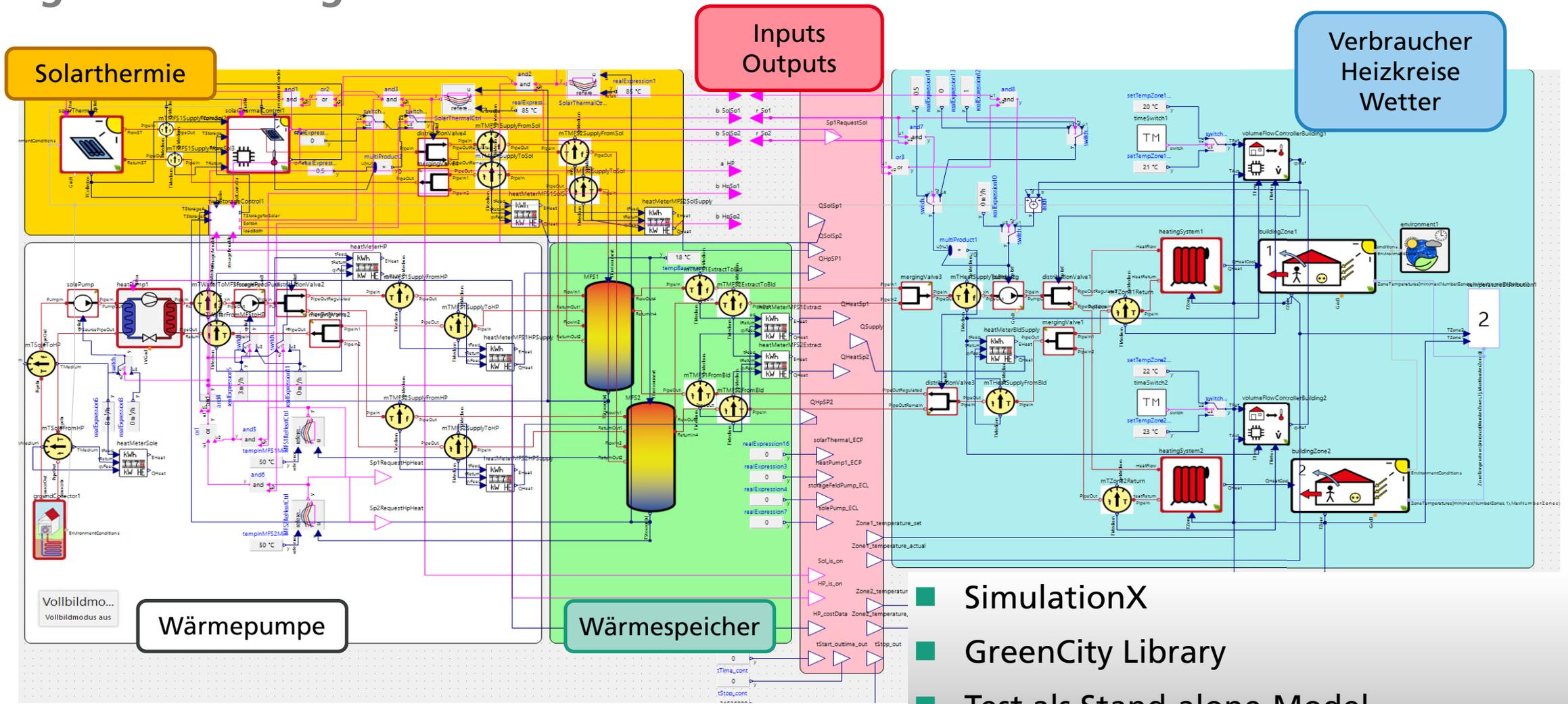
$$\mathbf{u}(k) \in U = \{0, 1\}, k = 0, \dots, K - 1$$

(1)

- Nichtlineares Integer-Optimierungsproblem mit Nebenbedingungen (INP)
- Lösungsraum: 2^{8xK}

SimulationX Modell des Demonstrator-Gebäudes

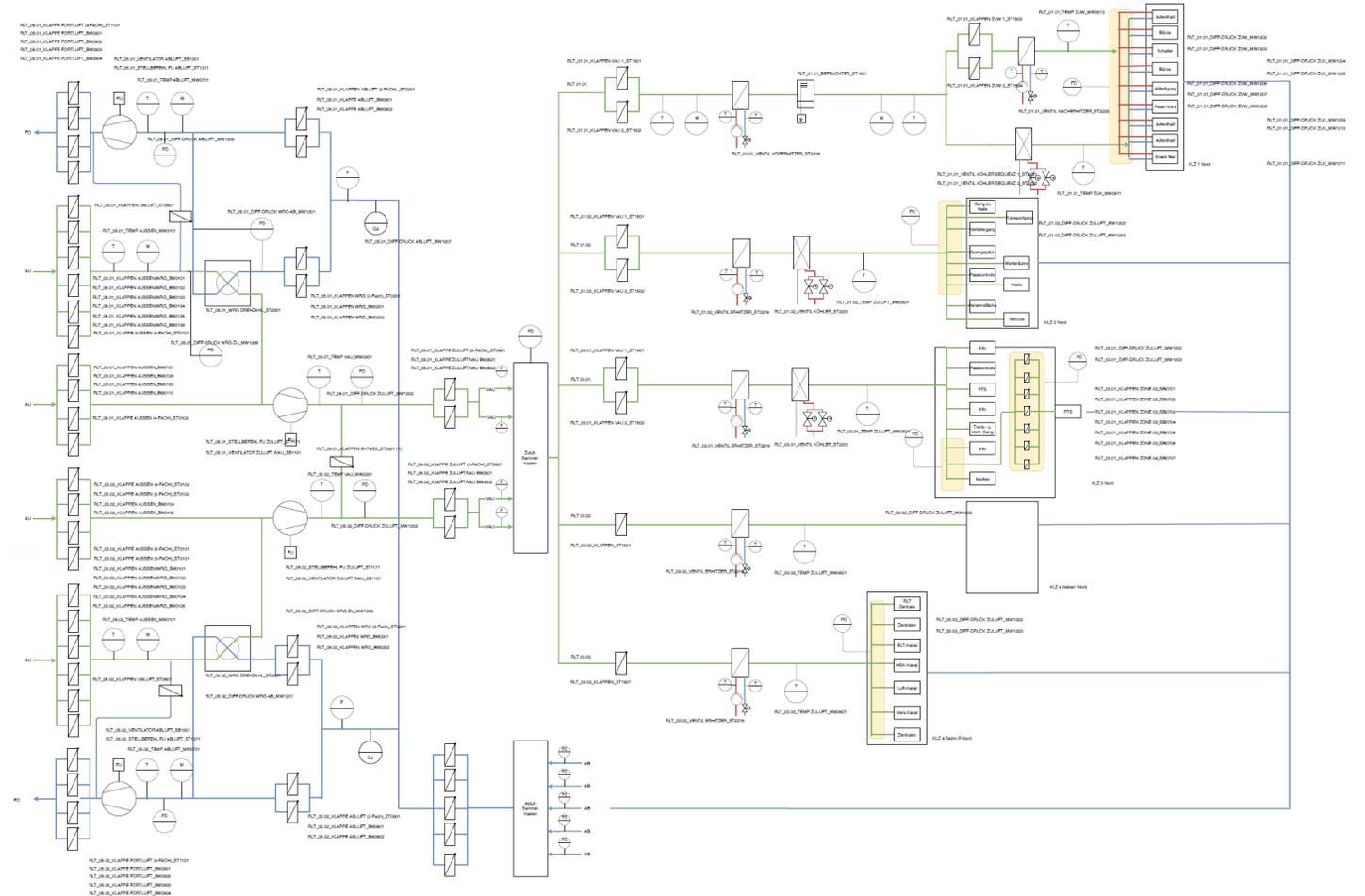
Digitaler Zwilling



- SimulationX
- GreenCity Library
- Test als Stand-alone-Model
- → Export als FMU

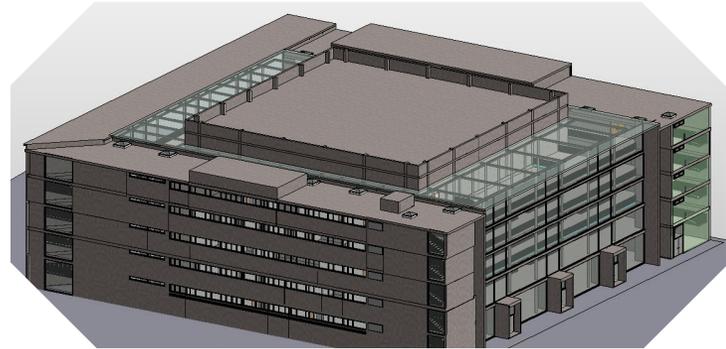
Große Systeme

- Technik
 - Automation BJ ca. 1990
 - Große, komplexe Anlagen
- „Groß“ heißt hier:
> 250.000 Datenpunkte



EAS Workflow components and outputs

Digital model (example: Lecture Hall of the TU Dresden)

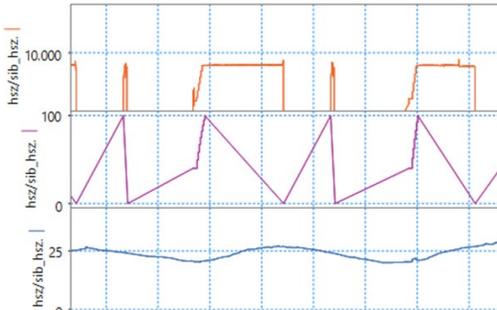


Building Design data

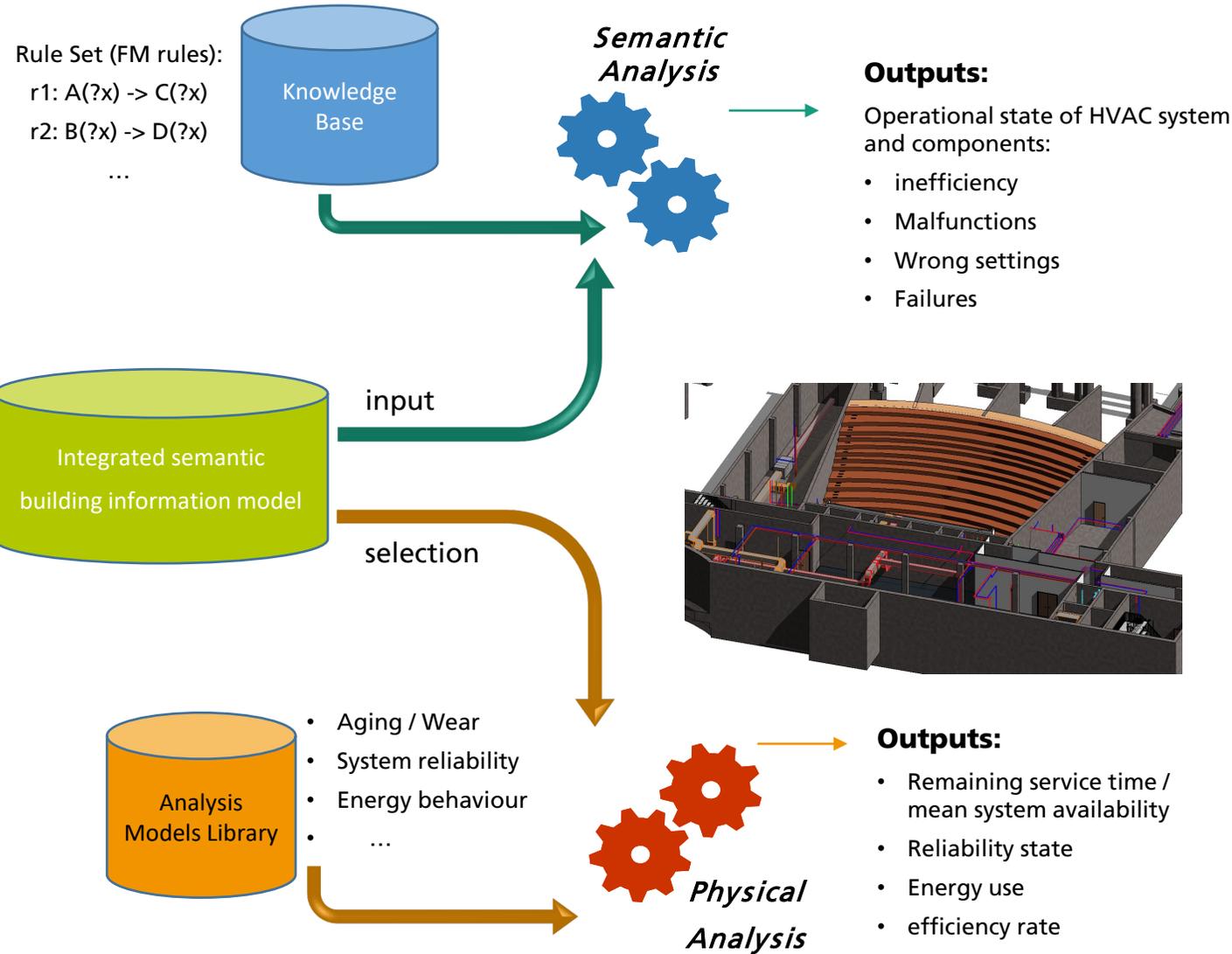


Building Monitoring data

<input checked="" type="checkbox"/>	...b1_hs2...f...supply.volumeflow
<input checked="" type="checkbox"/>setpoint.supply.volumeflow
<input checked="" type="checkbox"/>	...cooling.outside...temperature



Real building data (ex.: T° supply air, T° exhaust air, volume flow. etc.)



Zusammenfassung: Warum sollten wir KI in Gebäuden wollen?

- Monitoring: Durchforste SEHR viele Messdaten für die Detektion (Mustererkennung) von
 - Betriebsfehlern
 - Havarien
 - Sonstigen Anlagenfehlern (z.B. falsche Montage, Verschleiß, ...)
- Optimale Regelung: Suche die beste Regelstrategie von SEHR vielen möglichen
 - Herausforderung: Multivalente Wärme-/Kälteerzeugung, Speicherung, schwankendes Energieangebot
 - Ziele: Minimale Kosten, Energieverbrauch, CO₂-Ausstoß
- Automatische Konfiguration von Assistenzsystemen (Monitoring, Optimierung, Nutzinformation)
 - Sortiere die vorhandenen Informationen in ein stimmiges Gesamtbild des Gebäudes
 - Das alles in vielen, unterschiedlichen, teilweise großen Gebäuden

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

IHR ANSPRECHPARTNER



Dr. Andreas Wilde

Senior Scientist

✉ Andreas.Wilde@eas.iis.fraunhofer.de

☎ +49 351 4640-852

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS
Institutsteil Entwicklung Adaptiver Systeme EAS
Zeunerstraße 38
01069 Dresden

www.eas.iis.fraunhofer.de

