



Materialfluss & Gebäude: mehr als nur Randbedingungen für die energetische Bewertung von Produktionsanlagen?

ThermoSim 2024 in München

Leo Gall

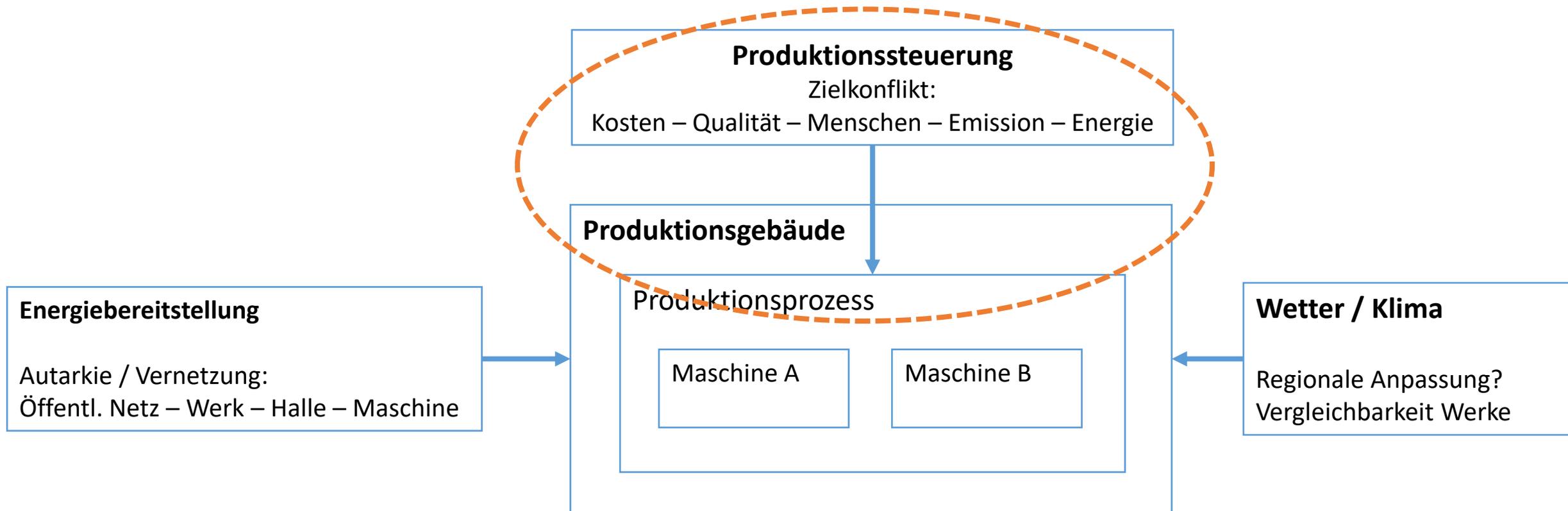
(Modellierung: TU Darmstadt PTW und ISMD, ZAE Bayern,
LTX: Thomas Alpögger, Luis Mariano de Alejandro)

Montag, 09. September 2024

Agenda

1. Problemstellung & Stand unseres energetischen Fabrikmodells
2. Materialflusssimulation in Modelica
3. Zusammenfassung

Warum ist energetische Fabriksimulation so schwer? - Systemsicht



Grundsätzlich zwei Modellstrukturen notwendig

- Bestand (as built)
- Konzept (wie realitätsnah – versus thermisches Optimum?)

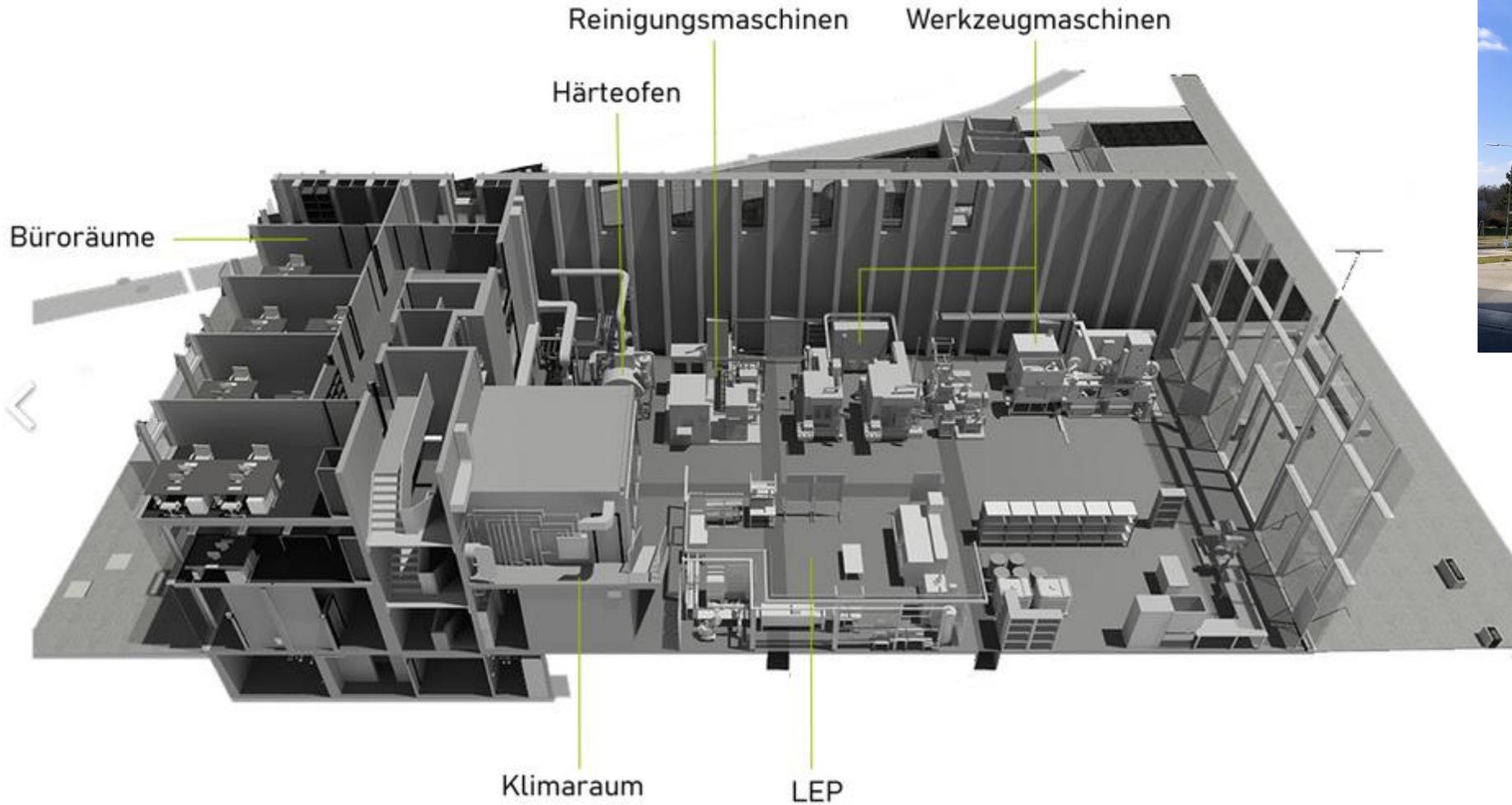
Messdatenmangel

- Elektrische Energie
- Thermische Energie
- Materialfluss

Was darf geändert werden?

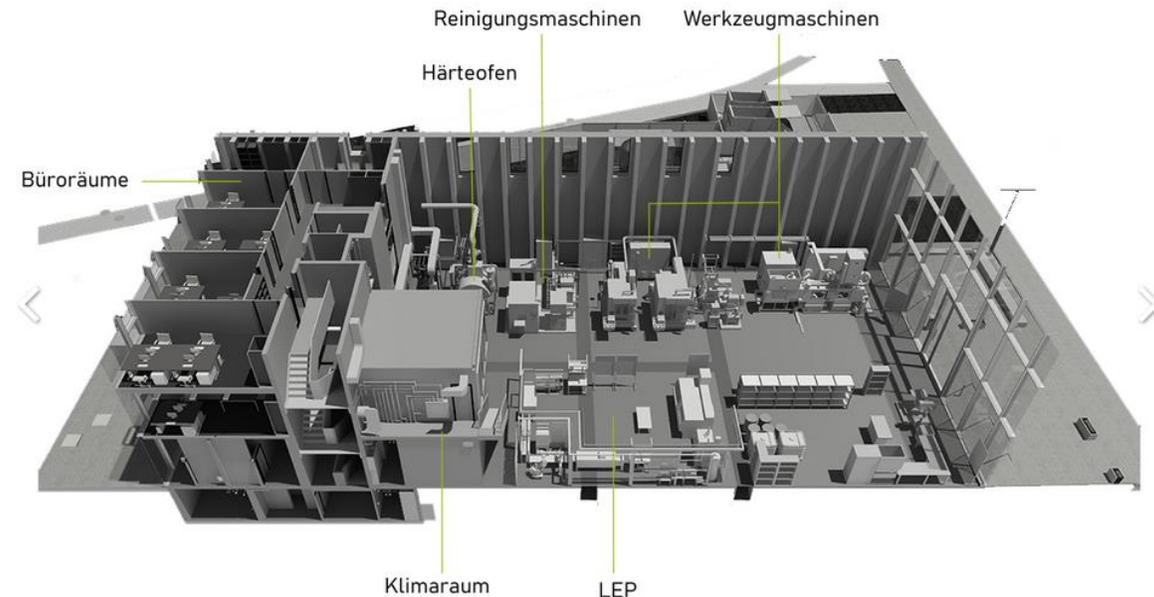
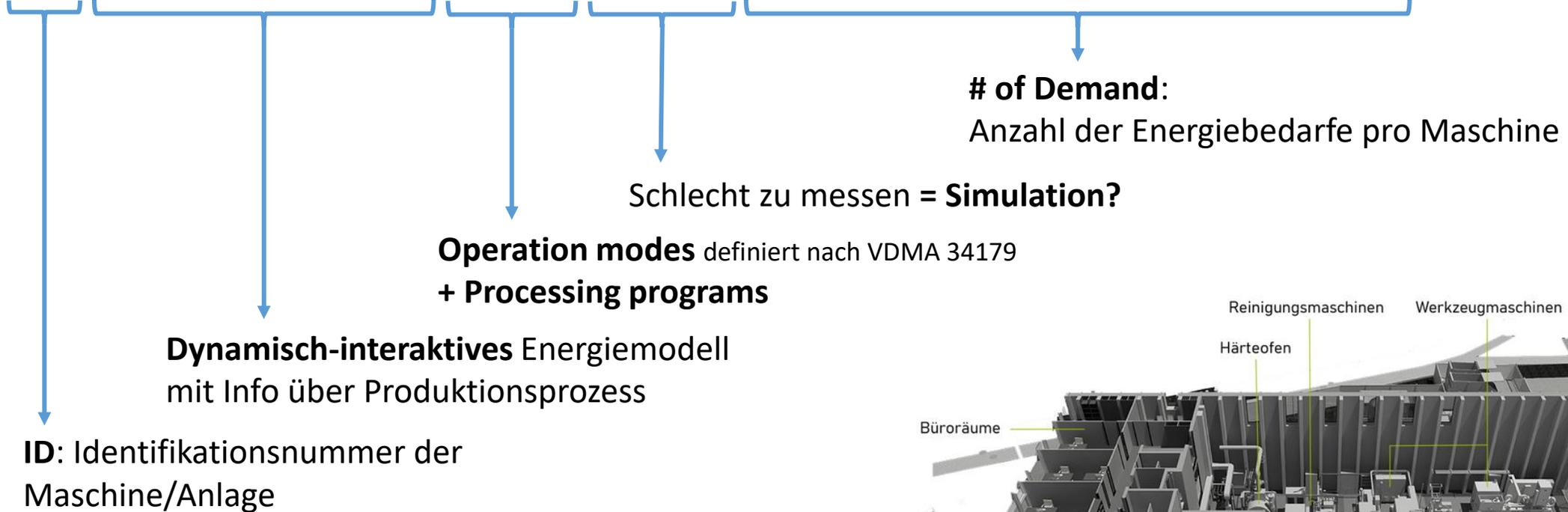
- Anforderungen an Anlagen&Maschinen
- Prozessablauf

Beispiel: ETA-Fabrik an der TU Darmstadt

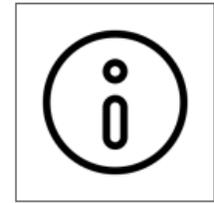


Energiebedarfsermittlung: Thermal Integration Library

Wer gibt/nimmt wann wie viel Wärme auf welchem Temperaturniveau ab?

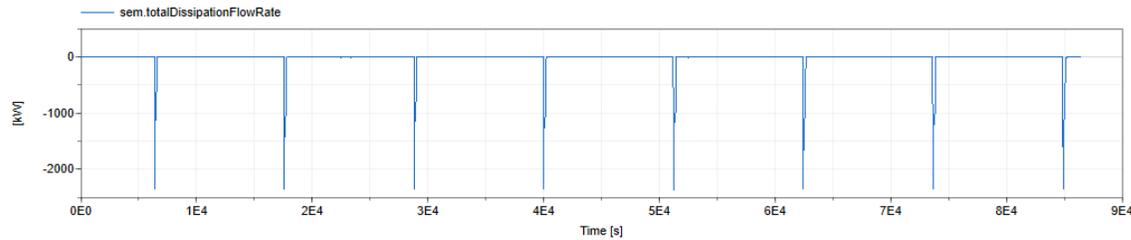


Energiesystem in der Thermal Integration Library

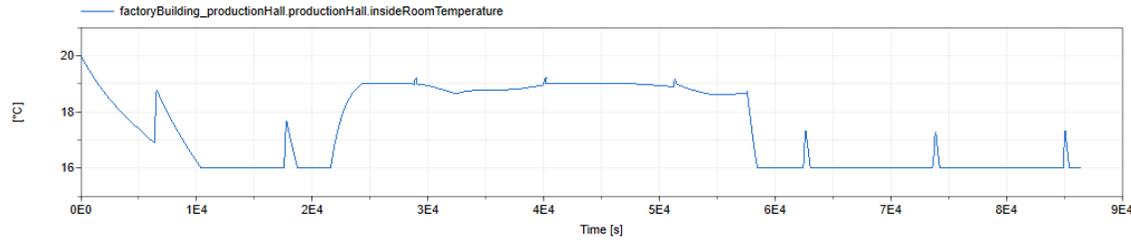


SEM

useBuilding=true
 $T_{surrounding_machine}$
 $= T_{Building}$

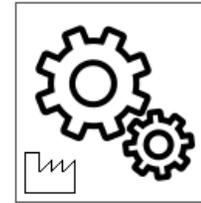


$\dot{Q}_{dissipation}$

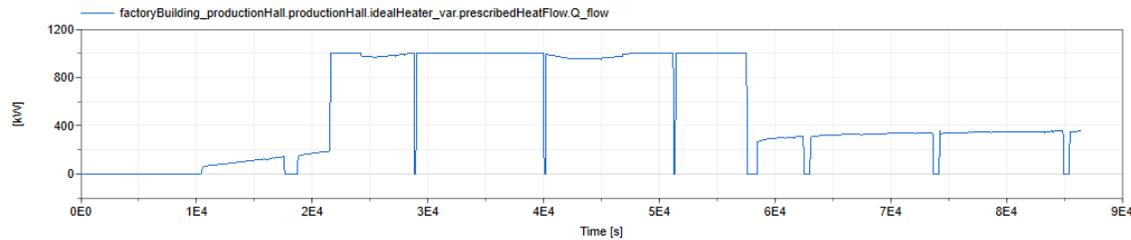


$T_{Building}$

factoryBuilding_productionHall

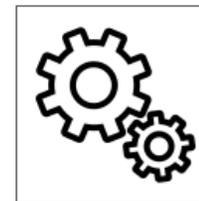


ID=1



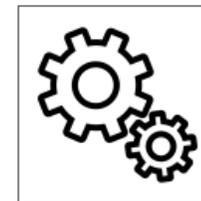
$\dot{Q}_{Heating}$

eiB_MachineTool



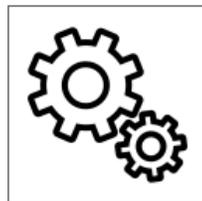
ID=2

eiB_CleaningMachine1Tank_thermal_...

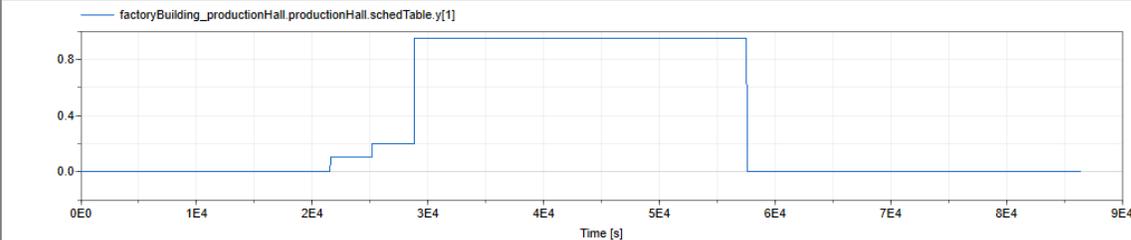


ID=3

eiB_AnnealingOven_v1_1



ID=4

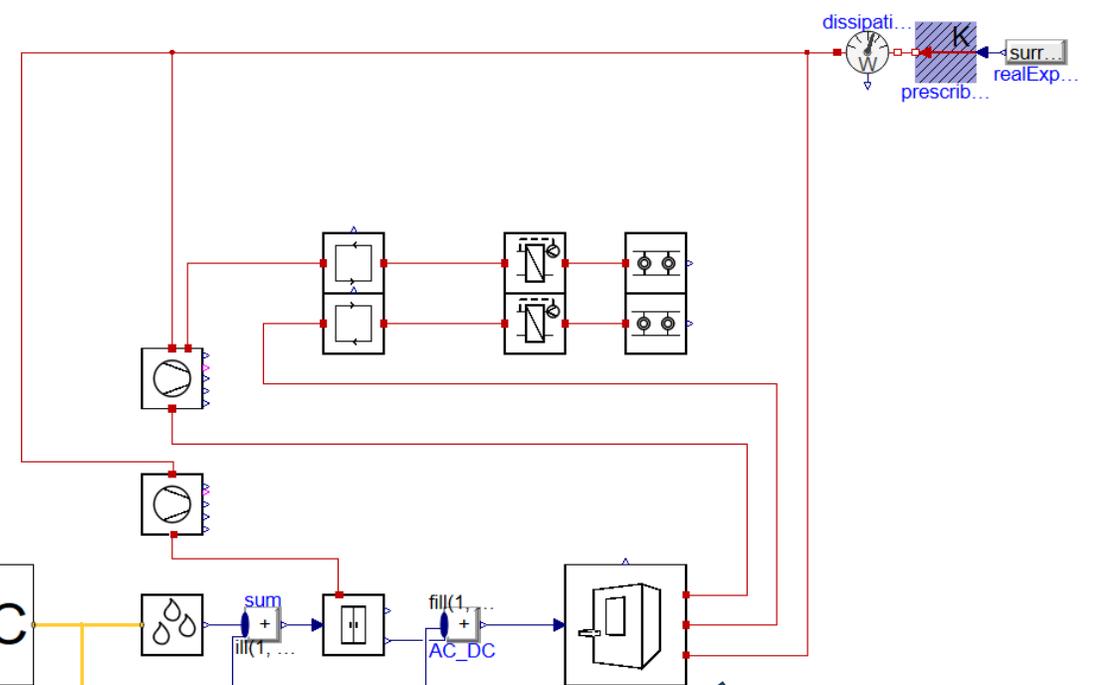
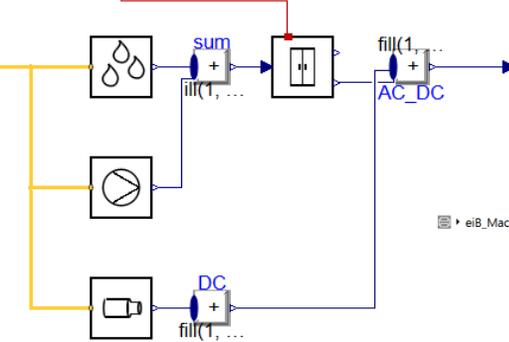
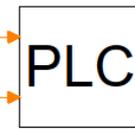
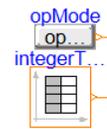


%Workers

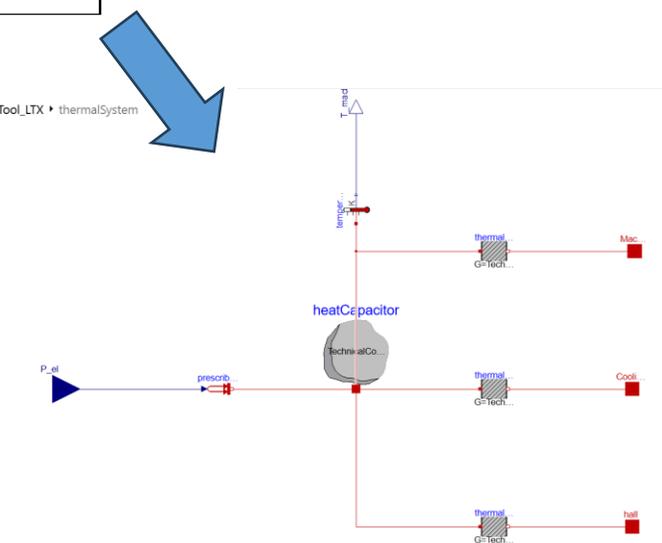
Bearbeitungszentrum



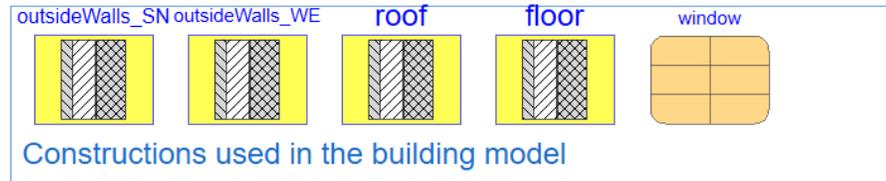
$P_{el} = 45 \text{ kW}$
 $m = 5000 \text{ kg}$



eiB_MachineTool_LTX thermalSystem

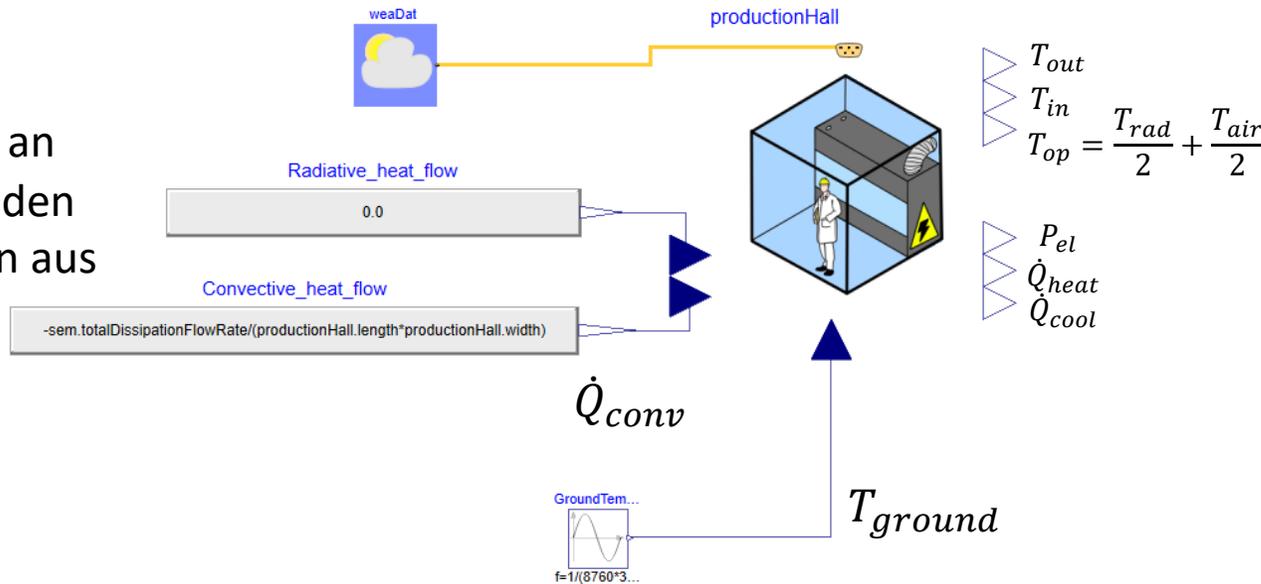


Gebäude (Factory Building)



Materialeigenschaften

Anschluss an
 \dot{Q}_{diss} von den
 Maschinen aus
 SEM



Library basiert auf Buildings Library, Package Thermal Zones.

Brauchen wir Materialfluss und Gebäude im Energiemodell?

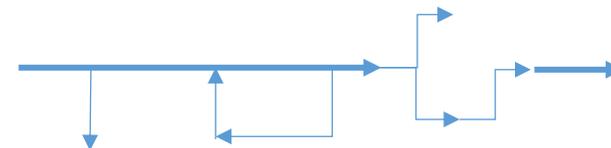
Materialflussmodell

- Ein **frühes Energiekonzept** hat noch keine Logistiksteuerung
- **Vollastauslegung vermeiden** (z.B. Gleichzeitigkeitsfaktoren der Kühllast)
- **Energieflexibilität**
Produktionsgeschwindigkeit an energetische Gegebenheiten anpassen
 - Der Strom ist gerade knapp/teuer, also produzieren wir langsamer?
 - Was bringt der Eco-Mode der Roboter?
- **Lager, Nachbesserung, Ausschuss erfassen**

→ Gewünschte Genauigkeit:
Wann sind die produzierten Güter wo?

Gebäudemodell

- **Rückkühlung in Hallenluft** (Bearbeitungszentren, ...)
- **Lokale Temperaturen**
 - für Werker einhalten (Arbeitsschutz)
 - für temperatursensible Prozesse
- **Zeitabhängige Leckagen** (Hallentore, passive Nachtauskühlung, ...)
- Globale **klimatische Bedingungen & Wettereinfluss**



Materialfluss in Modelica

Mögliche Modellbibliotheken

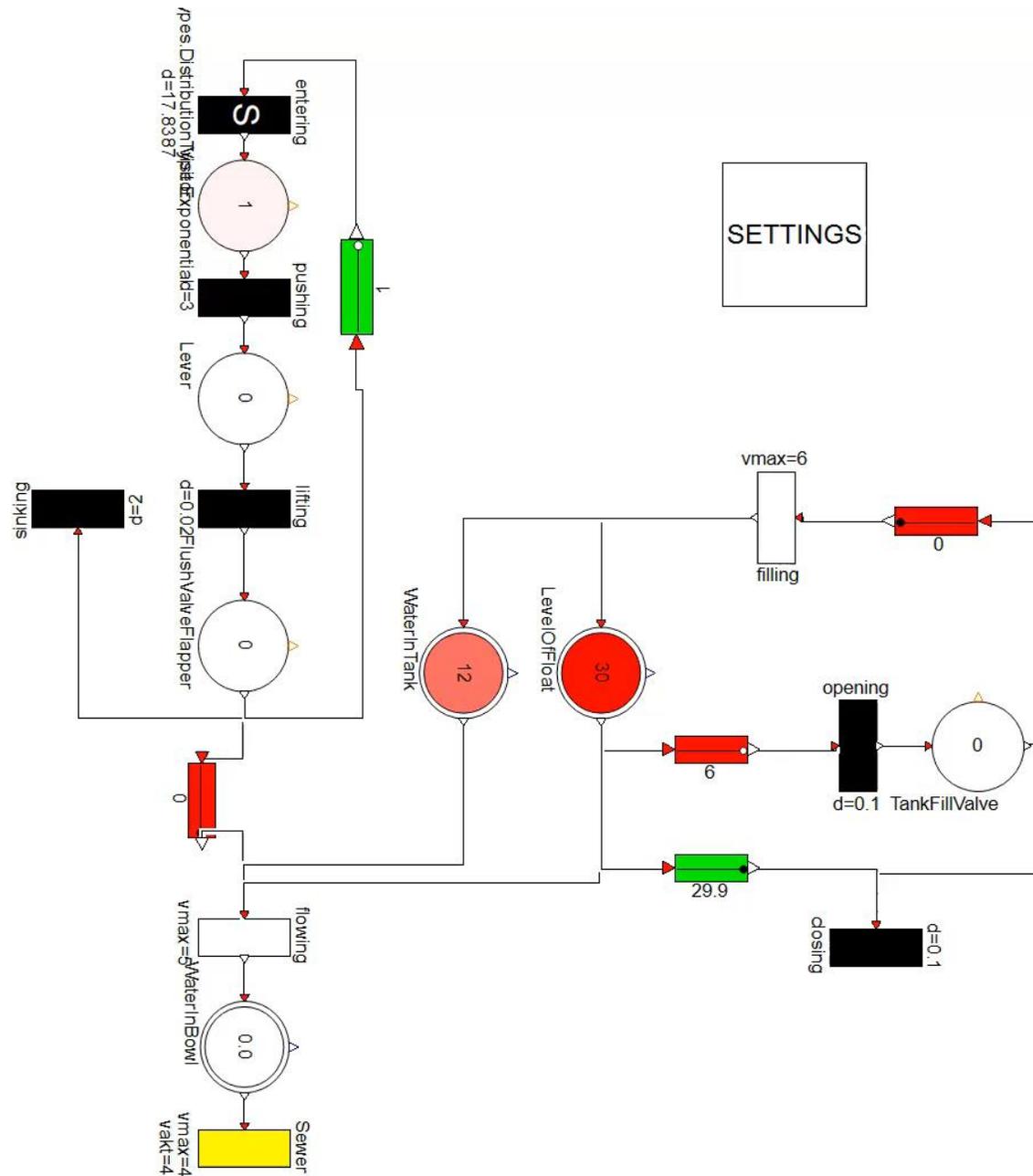
- DESLib (Sanz)
- ETAFactorySimulationLibrary (TU Darmstadt PTW)
- BusinessSimulation (Reichert)
- ProcessSimulation (Gundermann et. al.)
- PNLib (Hochschule Bielefeld)

Typische Probleme

- Sehr abstrakt, mit akademischen Modellbeispielen
- Diskrete Events in der kontinuierlichen Simulation

PNLib – Beispiel Toilettenspülung

- Open source
- Diskrete und kontinuierliche Übergänge
- Diagrammanimation

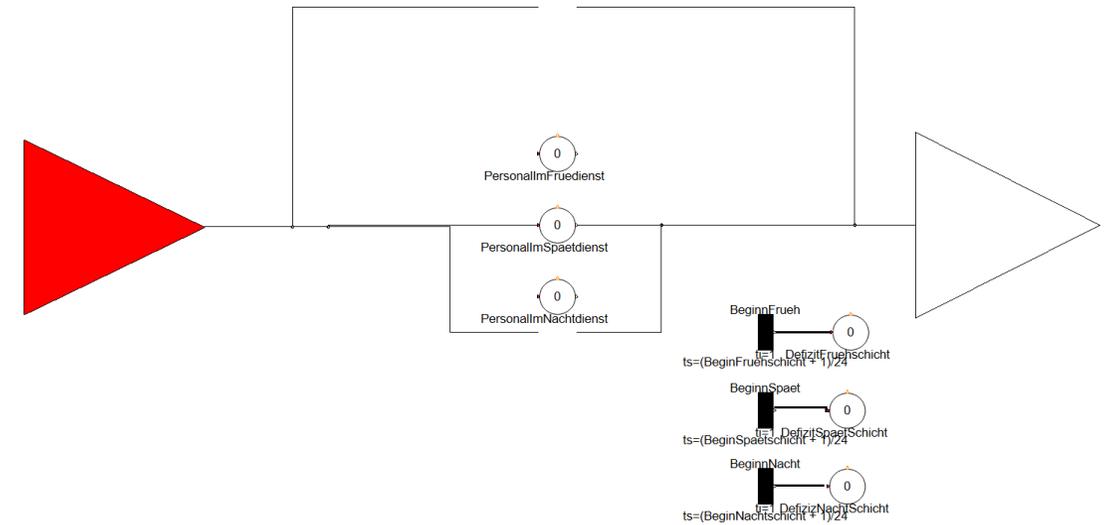
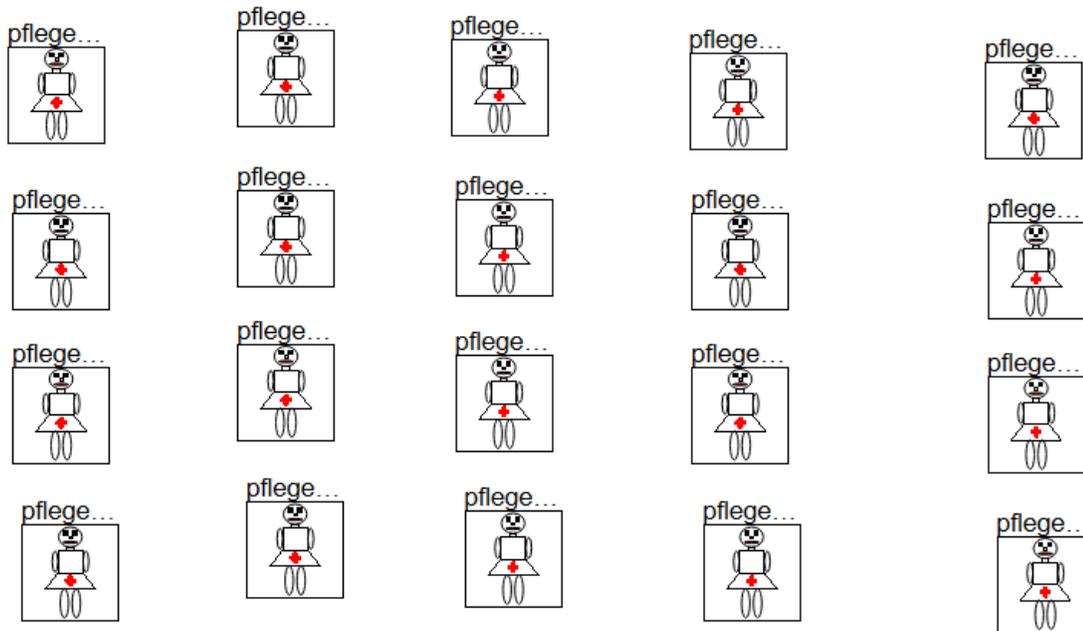


PNLib – Beispiel Krankenstation



SETTINGS

station

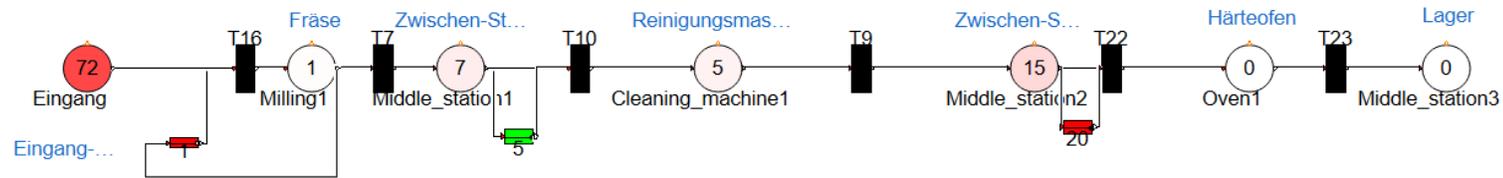


- Objektorientierung
- Anzahl der Objekte ist flexibel

Beispiel: ETA-Fabrik

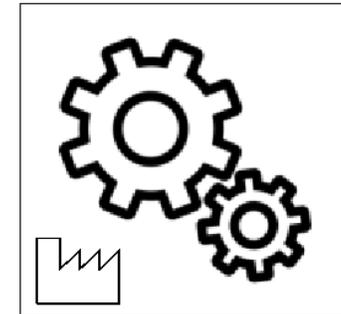


Materialfluss



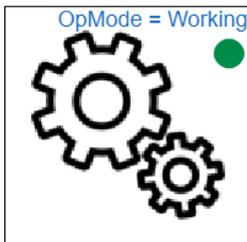
Gebäude

factoryBuilding_productionHall1994_LTX

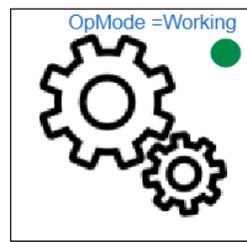


Maschinen

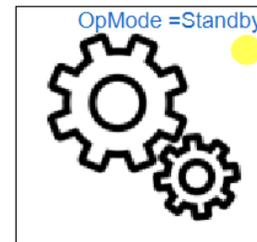
eiB_MachineTool_LTX



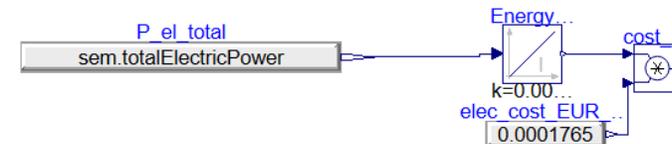
eiB_CleaningMachine1Tank_thermal_Mafac



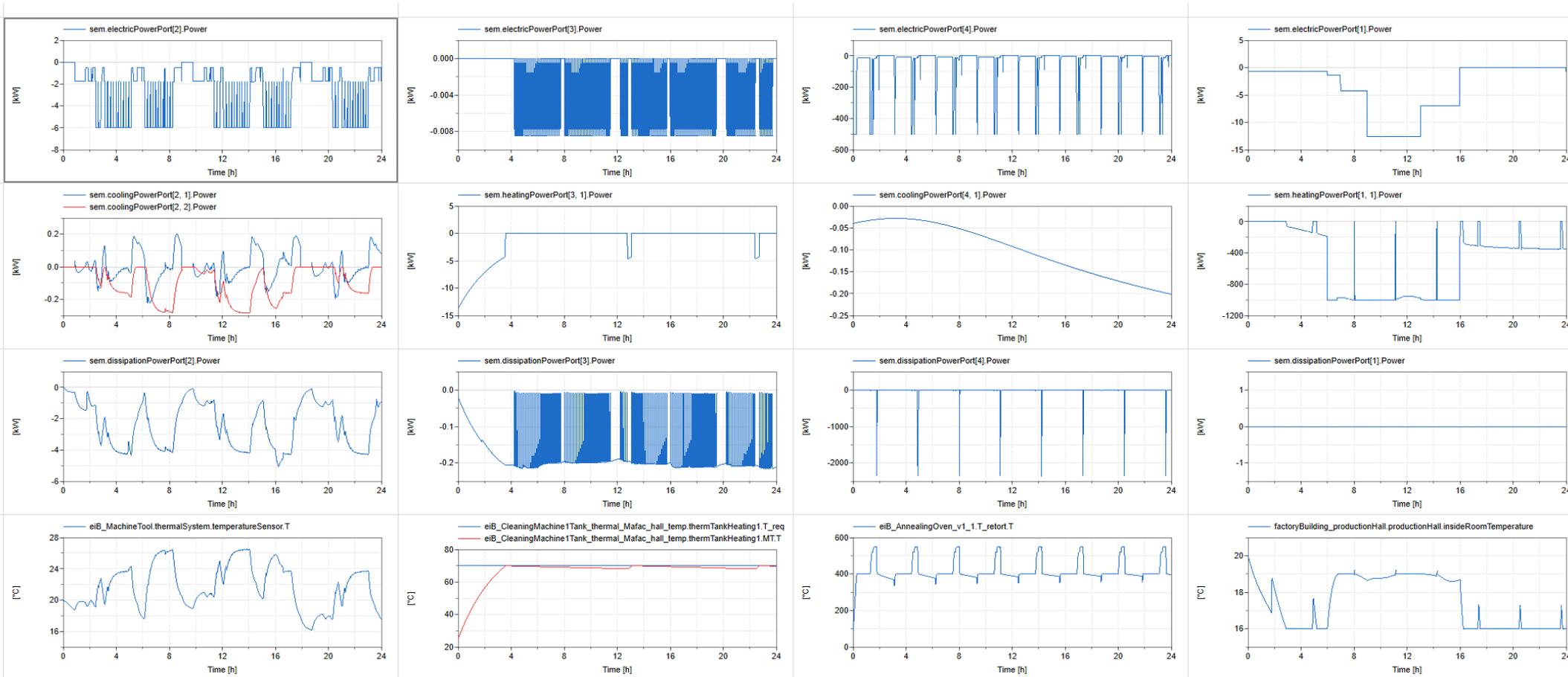
EiB_AnnealingOven_v1_1



Energie Berechnung



Ergebnisse für einen Produktionstag



Electric Power

Cool/Heat Power

Dissipation

Temperaturen

Machine Tool

Reinigungsmaschine

Härteofen

Gebäude

Zusammenfassung

- Relativ simple thermische Modelle liefern einen Mehrwert, wenn man weiß, wie sie anzusteuern sind.
Herausforderung: Ähnlicher Detaillierungsgrad für die Gesamtanlage
- Die integrierte Simulation von Produktionsprozess, Gebäude und Energiebereitstellung ist in Modelica prinzipiell möglich aber für das Tagesgeschäft nicht Einsatzbereit.

Nächste Schritte

- Skalierungs-Tests mit vielen Anlagen und vielen Events
- Wir sind auf der Suche nach Fabrikbetreibern, die offen für einen energiefokussierten Ansatz sind. Am besten in Kooperation mit der Abteilung Produktionssteuerung.

Kontakt

LTX Simulation GmbH

Wohlfartstraße 21 b
80939 München
Deutschland

Tel.: +49 89 20 97 00 55

leo.gall@ltx.de

www.ltx.de



Verbundvorhaben: ETAIMBestand – Technologie- und Methodenbaukasten zur Energieeffizienzsteigerung in der metallverarbeitenden Industrie

Förderkennzeichen: 03EN2048H

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

