



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

Vienna University of Technology

# Interdisziplinäre Energieoptimierung in Produktionsbetrieben

Nachhaltige Auslegung von Antrieben, Maschinen  
und Anlagen, Energiesystemen und Industriebau  
durch dynamische Simulation

Forschungsaktivitäten der TU Wien

# Ausgangssituation, Motivation

## Steigende Wichtigkeit von Energieeffizienz im industriellen Sektor



### Hauptgründe:

- Steigende Energiekosten
- Strengere EU-Regularien
- Steigendes ökologisches Bewusstsein

### Energiekonsum der produzierenden Industrie:

ca. 40% des gesamten Energiekonsums (in Industrienationen)

### Potential für Reduktionen:

30 – 65% abhängig vom Sektor

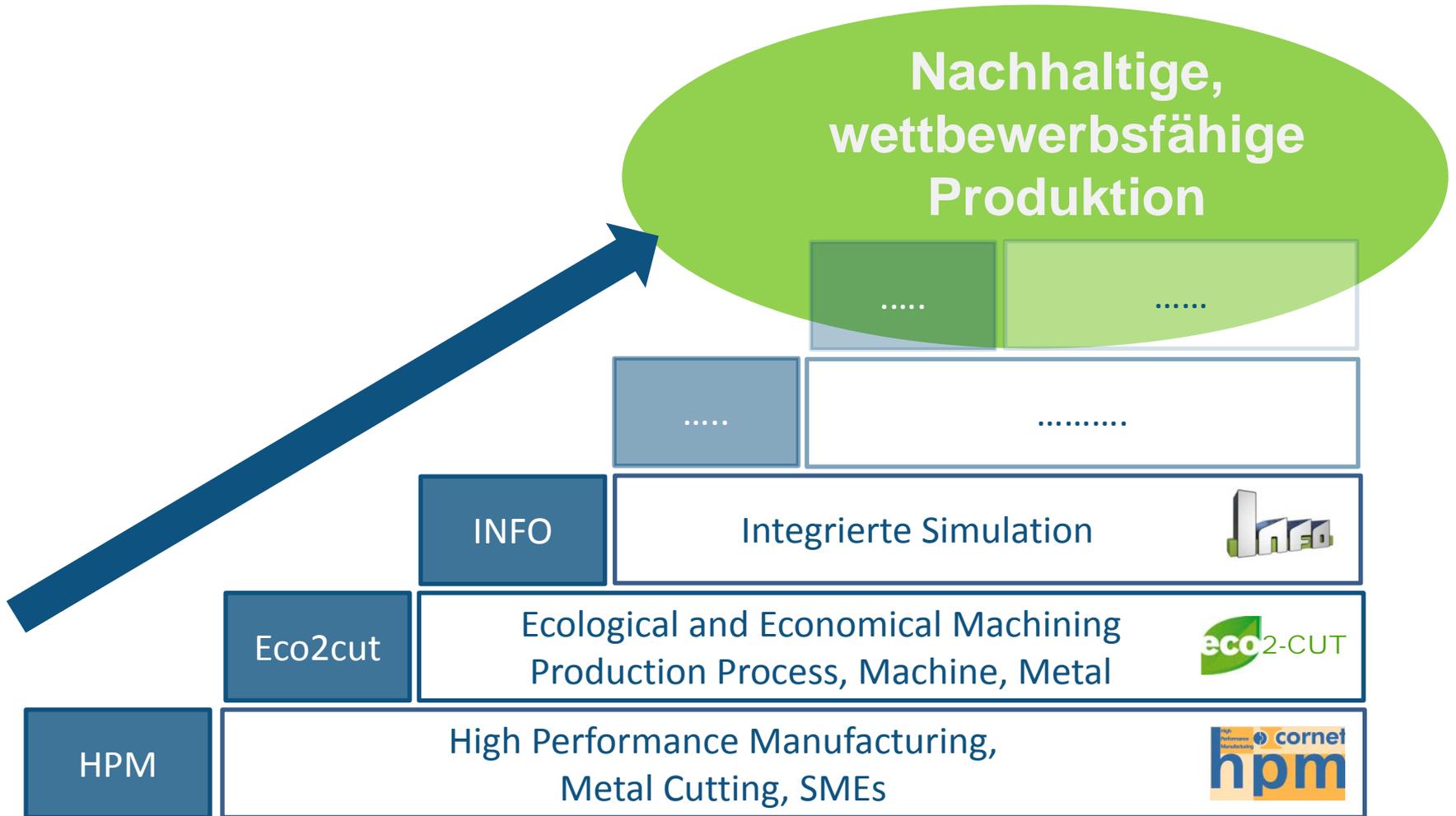


### Mögliche Ansatzpunkte zur Reduktion des Energiekonsums:

- Optimierung des Produktionsprozesses
- Optimierung der Produktionsinfrastruktur



## Holistischer, Lebenszyklus-orientierter Ansatz



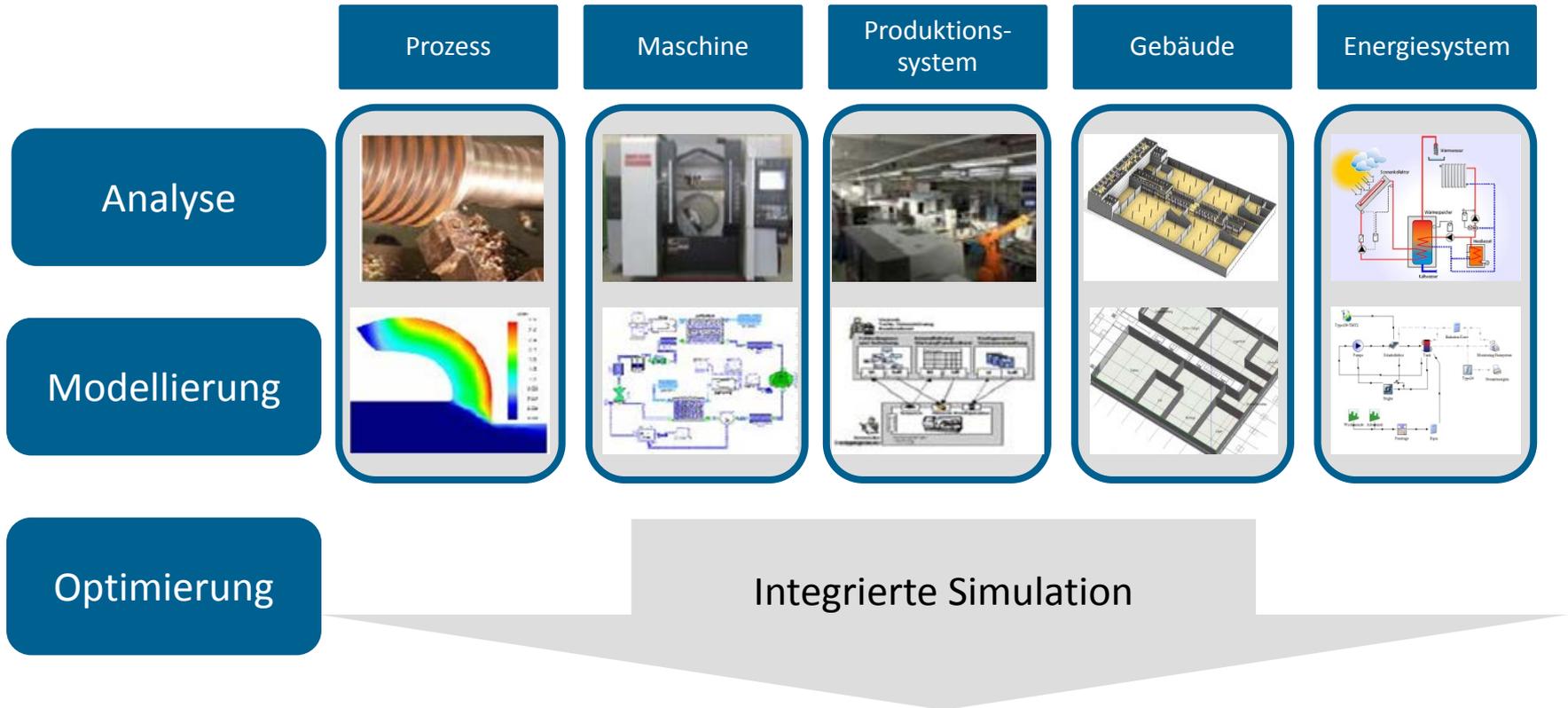
## **Holistischer Ansatz zur Optimierung der Energieeffizienz industrieller Anlagen:**

- Produktionsprozesse
- Maschinen
- Gebäudetechnische Anlagen
- Gebäude

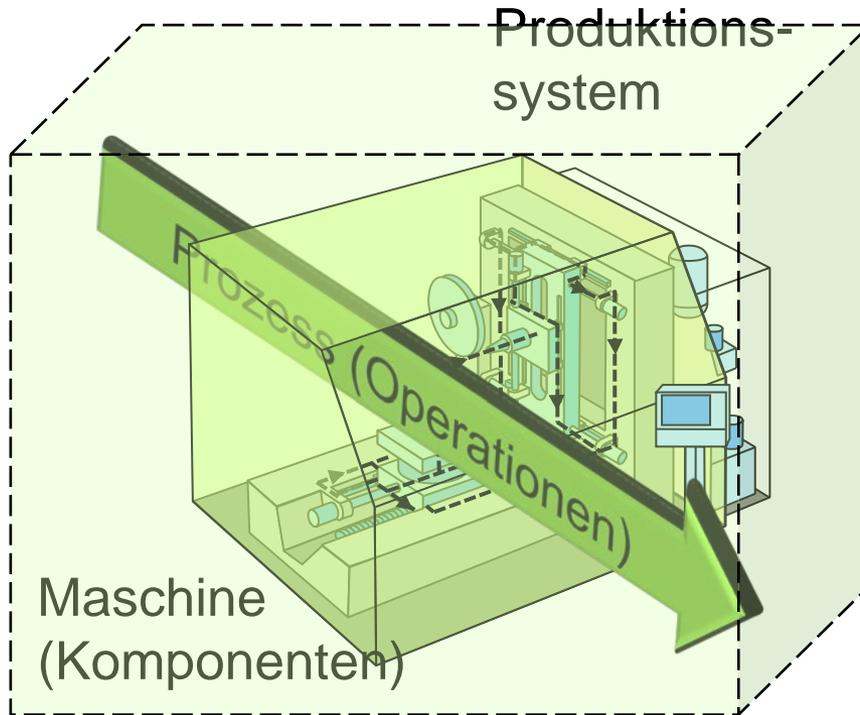
## **Ziele:**

- Minimalisierung der Abwärmeproduktion
- Abwärmennutzung
- Optimierung der Produktionsprozesse
- Optimierung der Stand-by Lasten

**Integrierte Simulation zur Energieoptimierung von Produktionsanlagen zur Erreichung von ökonomischer und ökologischer Nachhaltigkeitsziele im industriellen Sektor.**



... für die Energieoptimierung von Fertigungsbetrieben  
 ... zur Erreichung ökonomischer und ökologischer Ziele



Hauptinflussfaktoren auf den Energiekonsum einer Werkzeugmaschine:

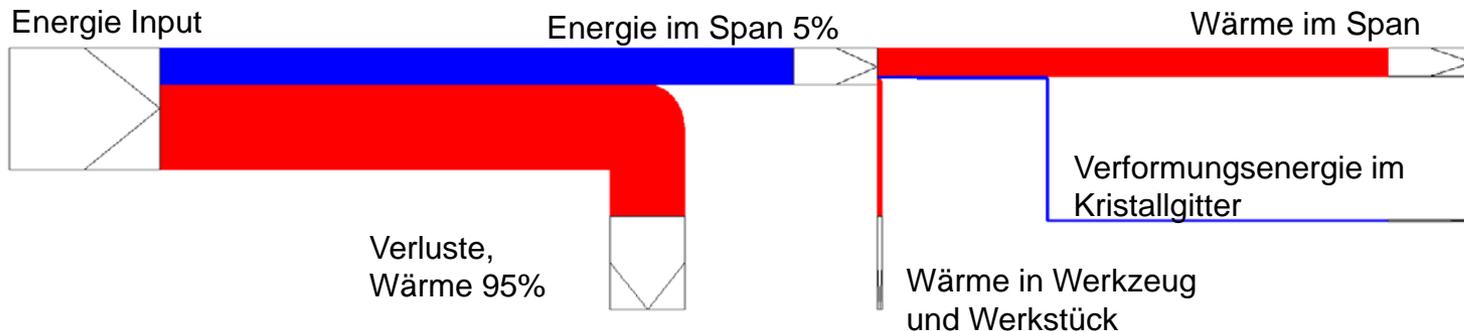
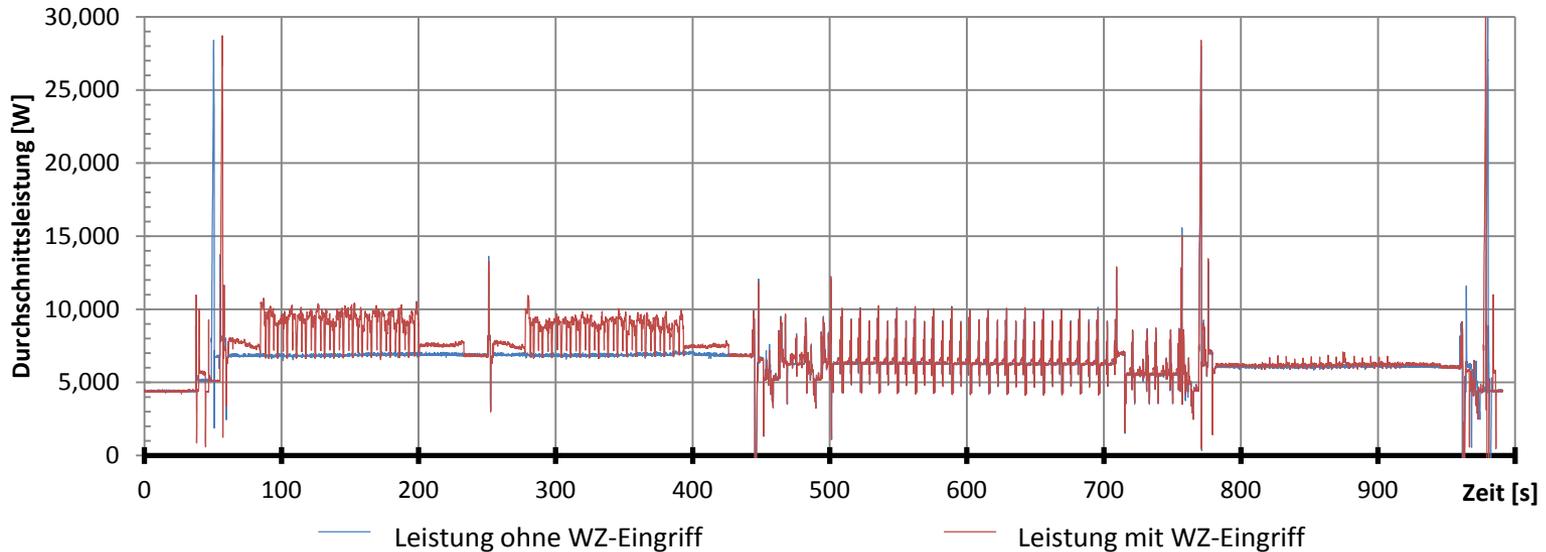
- Prozess
- Maschine
- Produktionssystem

## Optimierungsansätze für Maschine und System

- Optimierung in allen drei Optimierungsfeldern  
→ Reduktion von Energiekonsum von Maschine/Prozess
- Integration des thermischen Verhaltens in Gebäudeumgebung und Energiesystem  
→ Abwärmenutzung durch intelligente Gebäudetechnologien

## Leistungsaufnahme von Werkzeugmaschinen

Werkzeugmaschinenmessungen zur Verbesserung der Energieeffizienz der Maschine.  
 Gleicher Prozess mit und ohne Werkzeug im Eingriff => Unterschied in Energieaufnahme der Maschine: 5%



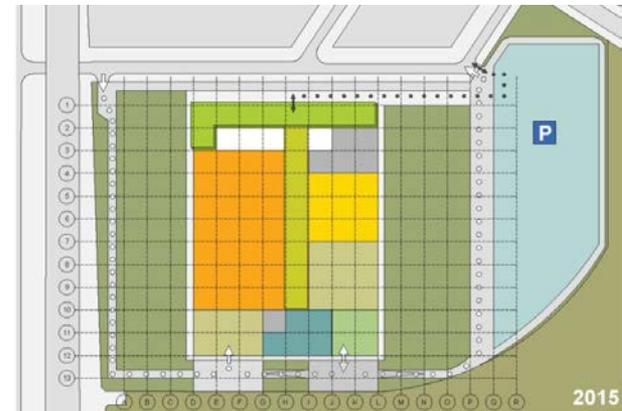
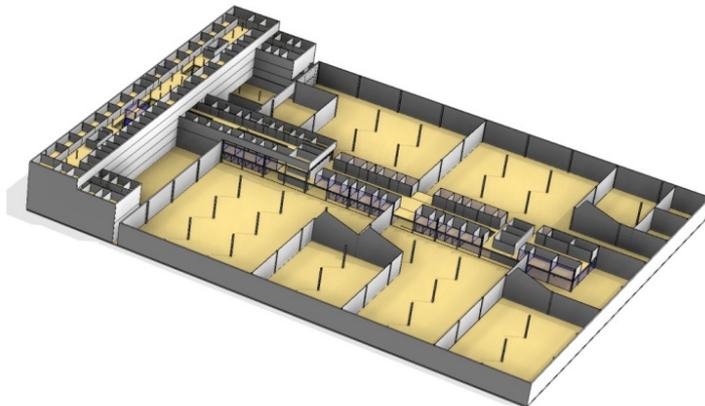
## Planungsziele:

Evaluation der Kundenanforderungen an Gebäudeperformance und Funktionalität:

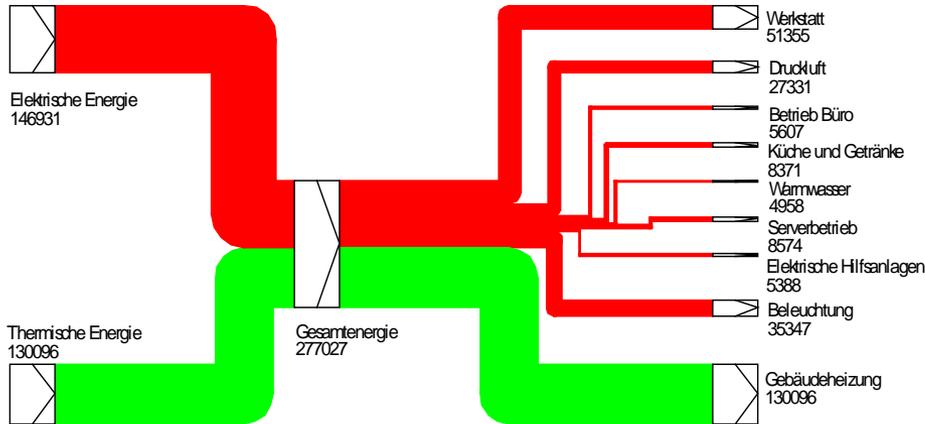
- **Kommunikation** zwischen F&E und Produktion
- **Flexibilität** der Produktionsflächen (Adaptierbarkeit auf verschiedene Funktionen)
- **Ausbaubarkeit** der F&E und Produktionsflächen mit minimalem Aufwand
- **Energieeinsparung** bei HKLS und Licht durch optimierte Gebäudehülle

Gebäudesimulation im Design-Prozess erlaubt:

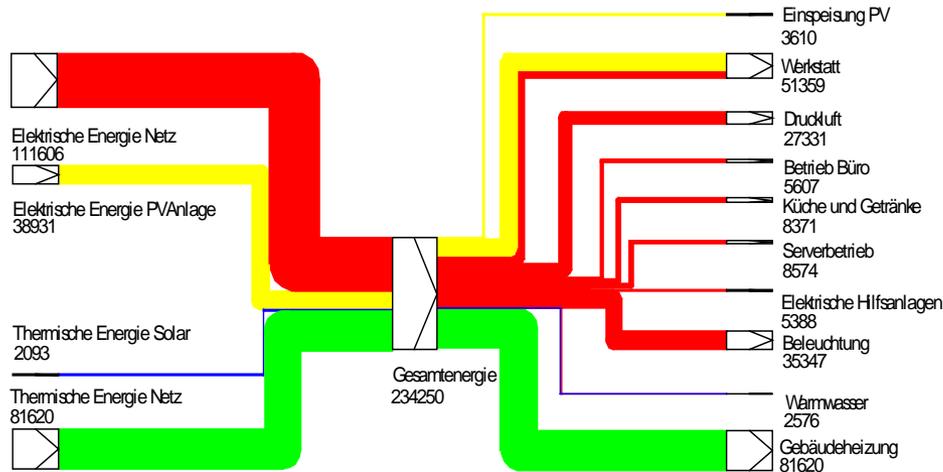
- Evaluation von visuellem und thermischem Komfort (Überhitzung, Blendung,...)
- Reduktion der Energieverbrauchs (Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung)



## Energieflussanalyse und Optimierung



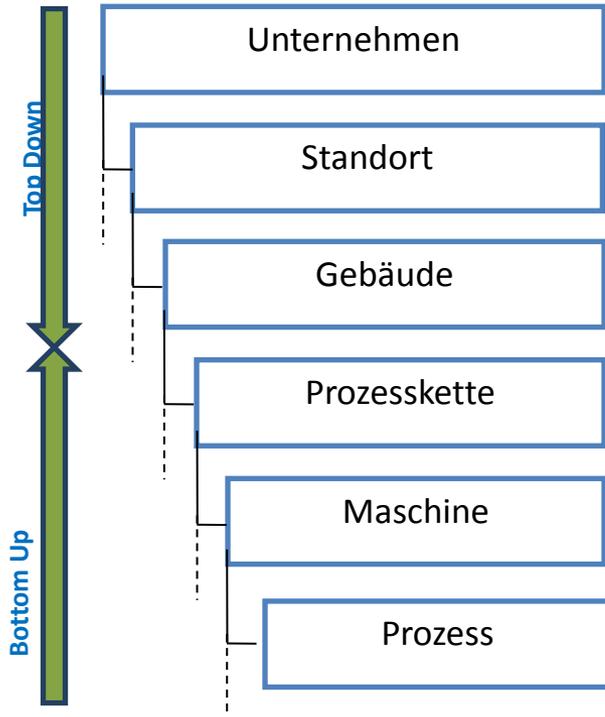
Alle Werte in kWh



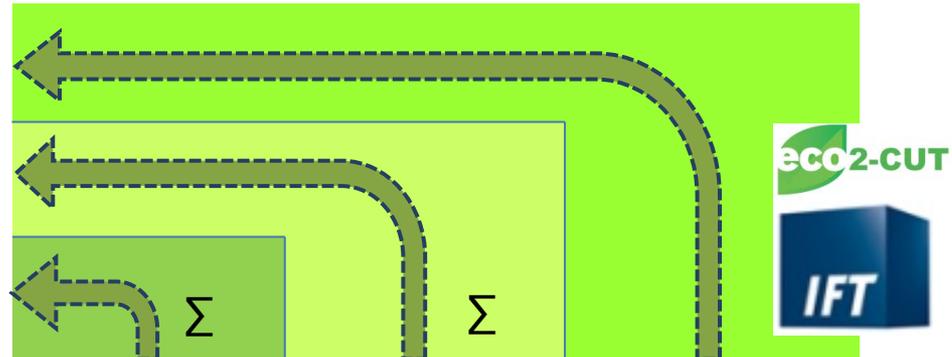
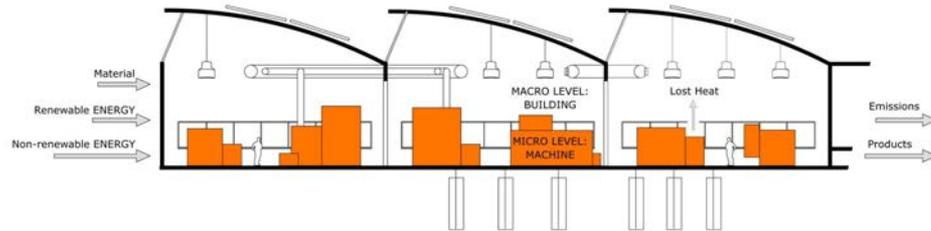
### Maßnahmen:

- Reduktion des Endenergieverbrauches durch verbesserte Heizungsregelung von 277 MWh auf 234 MWh
- Substitution durch erneuerbare Energien

=> Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses von 107t auf 85,6t



- Von Werkzeugmaschine (Mikro-Level)
- Zu Standort Ebene (Makro-Level)



Operation	Komponente	Organisation
-----------	------------	--------------

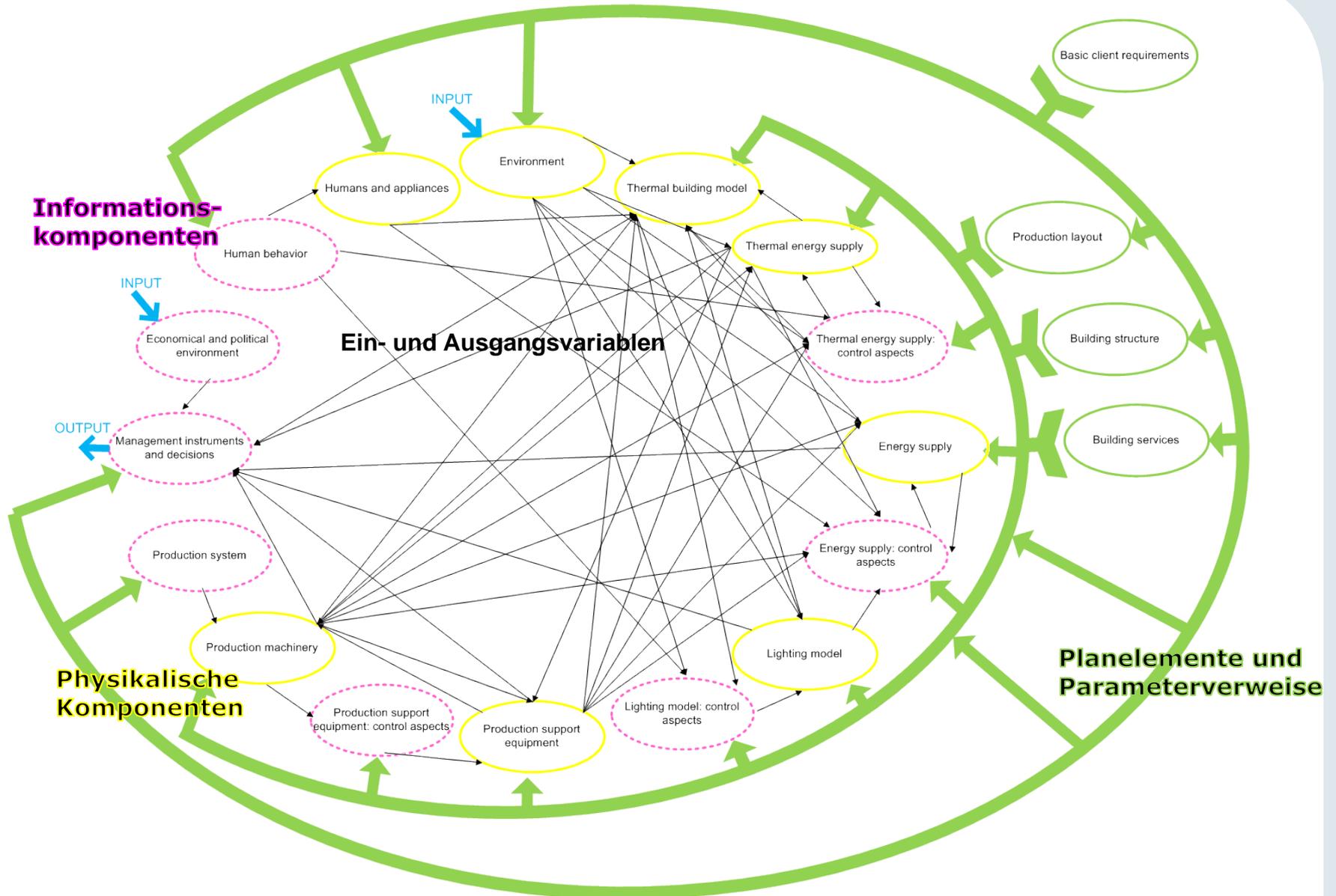
## Basis für Simulation der gesamten Anlage

- Fokus auf Energieflüssen
- Einbeziehung mehrerer Simulationsumgebungen
- Unabhängig von verwendeten Umgebungen
- Dokumentation aller Aspekte des Systems
- Individuell anpassbar

## Optimierung auf Basis der Simulation

- Energieeffizienzsteigerung
- Integration erneuerbarer Energieträger
- Manueller Vergleich ausgewählter Szenarios
- Keine automatische Designoptimierung

- Gesamtsystem wird in *Komponenten* aufgeteilt: abgegrenzte Teile des Ganzen mit klaren Schnittstellen
- Es gibt *physikalische Komponenten* und *Informationskomponenten*
- Komponenten haben Eigenschaften; diese werden durch Regeln (z.B. mathematische Beziehungen) und *Parameter* charakterisiert
- Der momentane Zustand einer Komponente wird durch *Variablen* beschrieben
- Komponenten beeinflussen sich gegenseitig; die den Zusammenhang charakterisierende Größe ist eine *AusgangsvARIABLE* der beeinflussenden Komponente und eine *EingangsvARIABLE* der abhängigen Komponente, die an den Schnittstellen ausgetauscht werden.
- Im Rahmen der Planung werden konsistente Sets von Parametern für die Komponenten festgelegt
- Die wird durch *Parameterverweise* auf *Planelemente* abgebildet
- Planelemente sind nicht selbst Bestandteil der dynamischen Simulation, sondern bilden einen einheitlichen, statischen Bezugspunkt

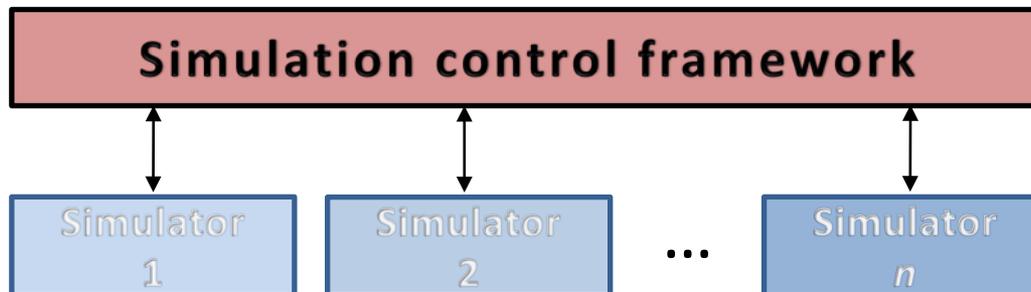


## Ziel: Integrierte dynamische Simulation

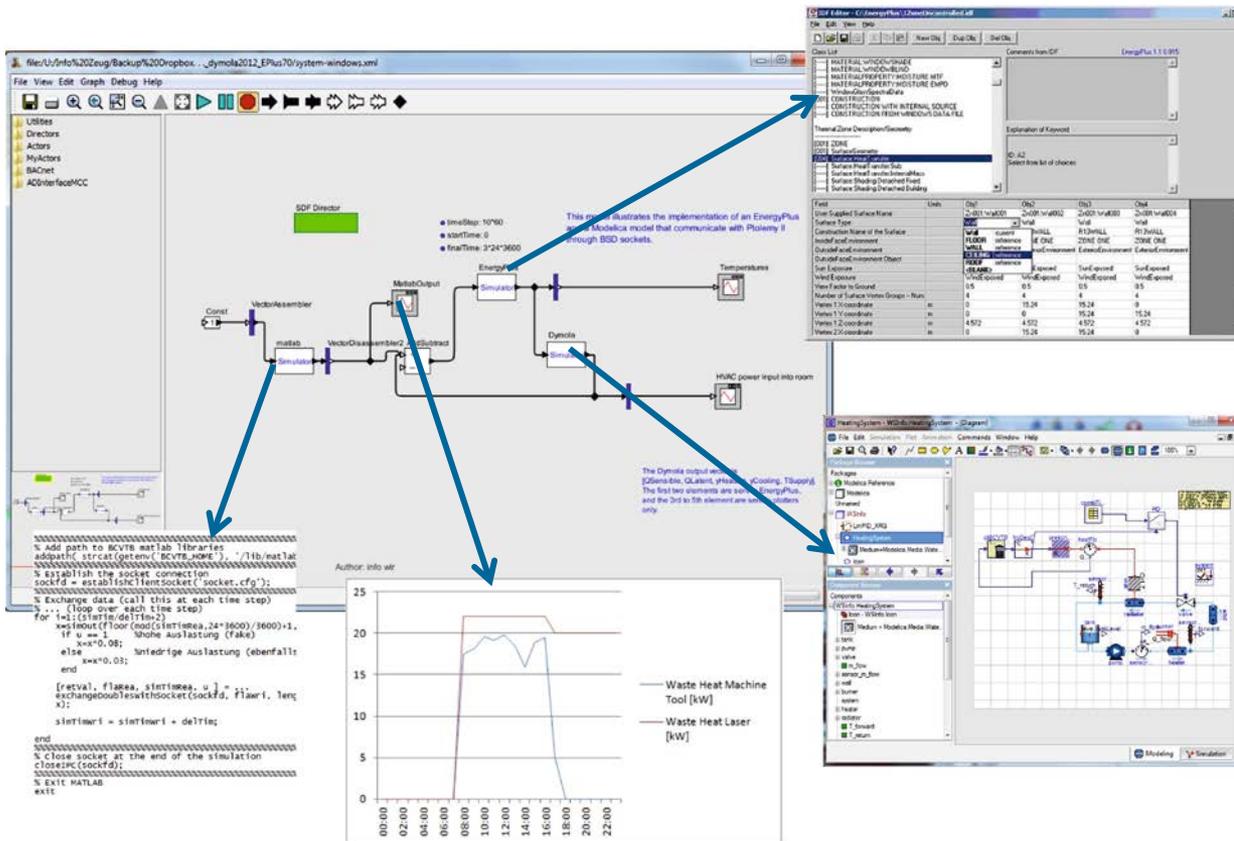
- Momentan nicht als „Gesamtpaket“ verfügbar
- Dynamische Abhängigkeiten einbeziehen
- Rückkoppelungen während Laufzeit

## Ansatz: Verknüpfung etablierter Simulationswerkzeuge = Co-Simulation

- Präferiertes Werkzeug jeder Domäne
- Wiederverwendung existierender Modelle und Wissen
- Geeignet für Parallelisierung



## Building Controls Virtual Test Bed



M. Wetter @ LBNL Auf Basis Ptolemy II Open source

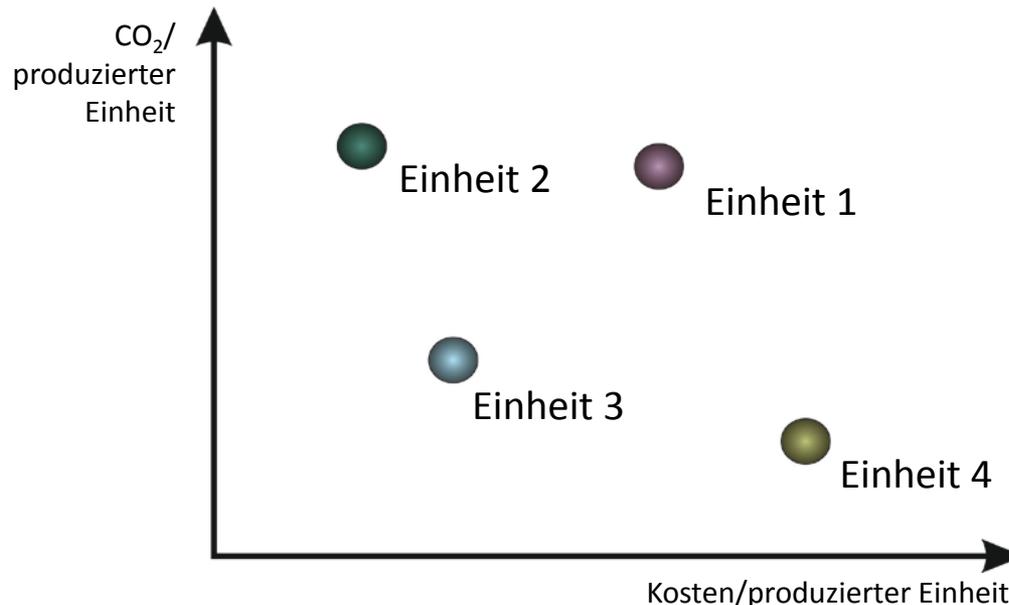
Co-Simulation mit kontrollierten Zeitschritten

Koppelt:

- EnergyPlus
- Dymola
- Radiance
- Matlab/Simulink

## Die integrierte Simulation ...

- Ist ein Werkzeug zur Unterstützung des Planungsprozesses von Fertigungsanlagen
- Setzt Energieeffizienzmaßnahmen mit finanziellem Kosten/Nutzen in Relation
- Zeigt den gegenseitigen Einfluss von Einsparungsmaßnahmen und die operativen Ergebnisse des Betriebs



## Öko-Effizienzanalyse:

Setzt die Wirtschaftlichkeit in Beziehung zu den Auswirkungen auf die Umwelt