



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

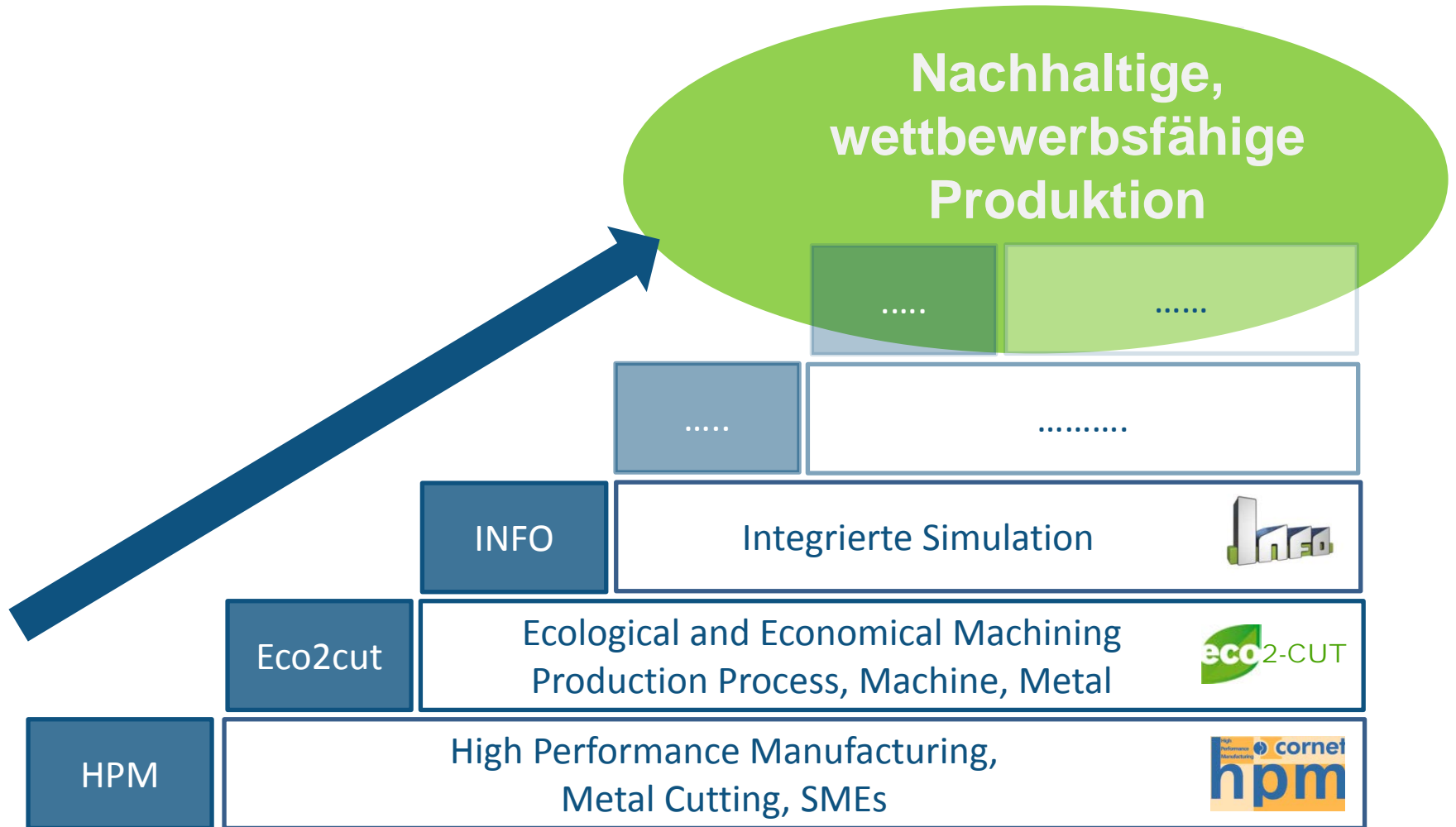


Mögliche Ansatzpunkte zur Reduktion des Energiekonsums:

- Optimierung des Produktionsprozesses
- Optimierung der Produktionsinfrastruktur



Holistischer, Lebenszyklus-orientierter Ansatz



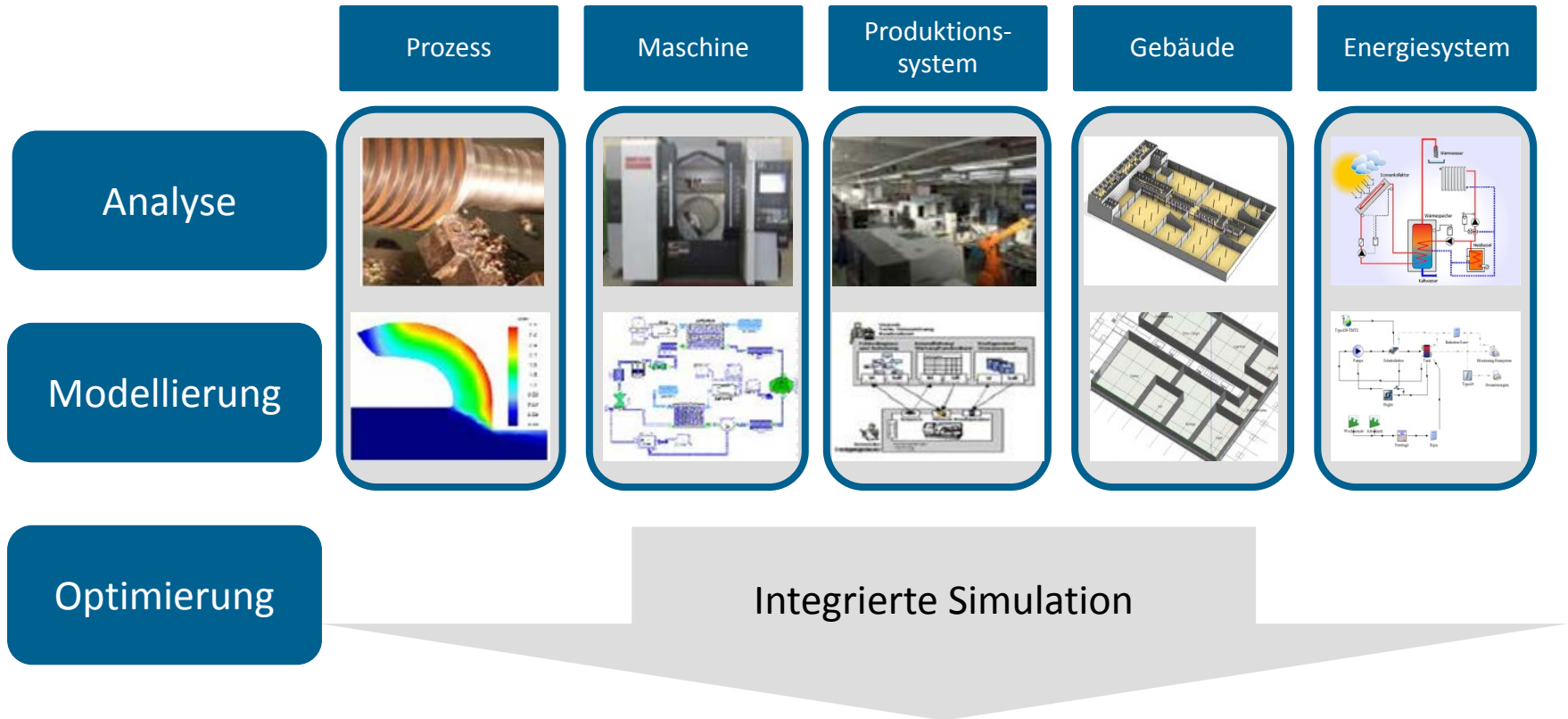
Holistischer Ansatz zur Optimierung der Energieeffizienz industrieller Anlagen:

- Produktionsprozesse
- Maschinen
- Gebäudetechnische Anlagen
- Gebäude

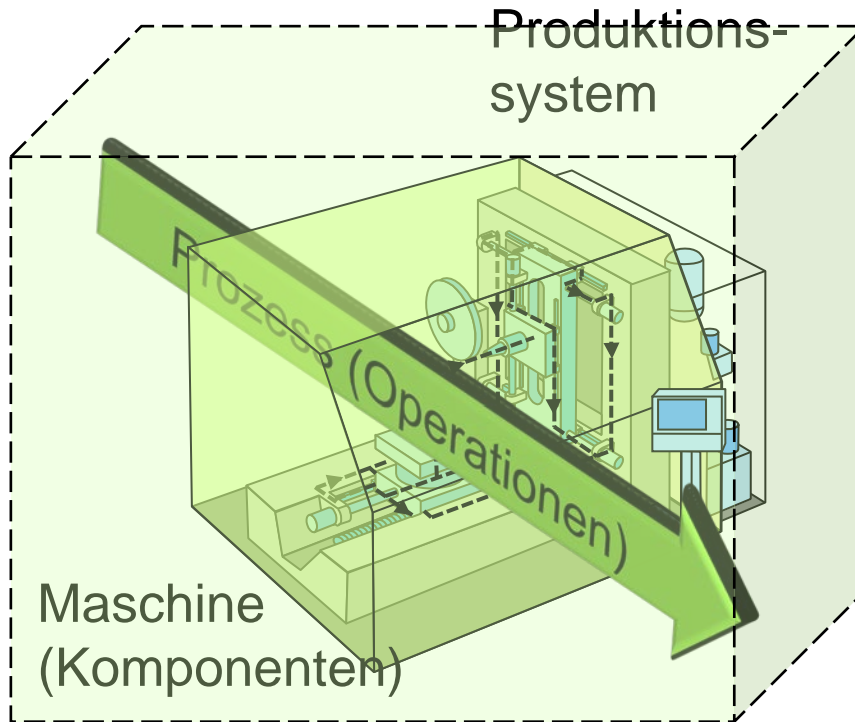
Ziele:

- 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:

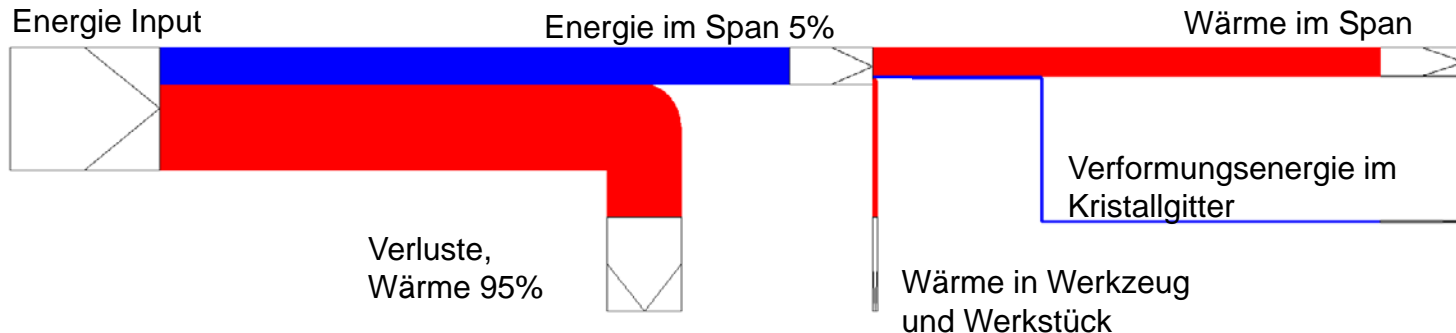
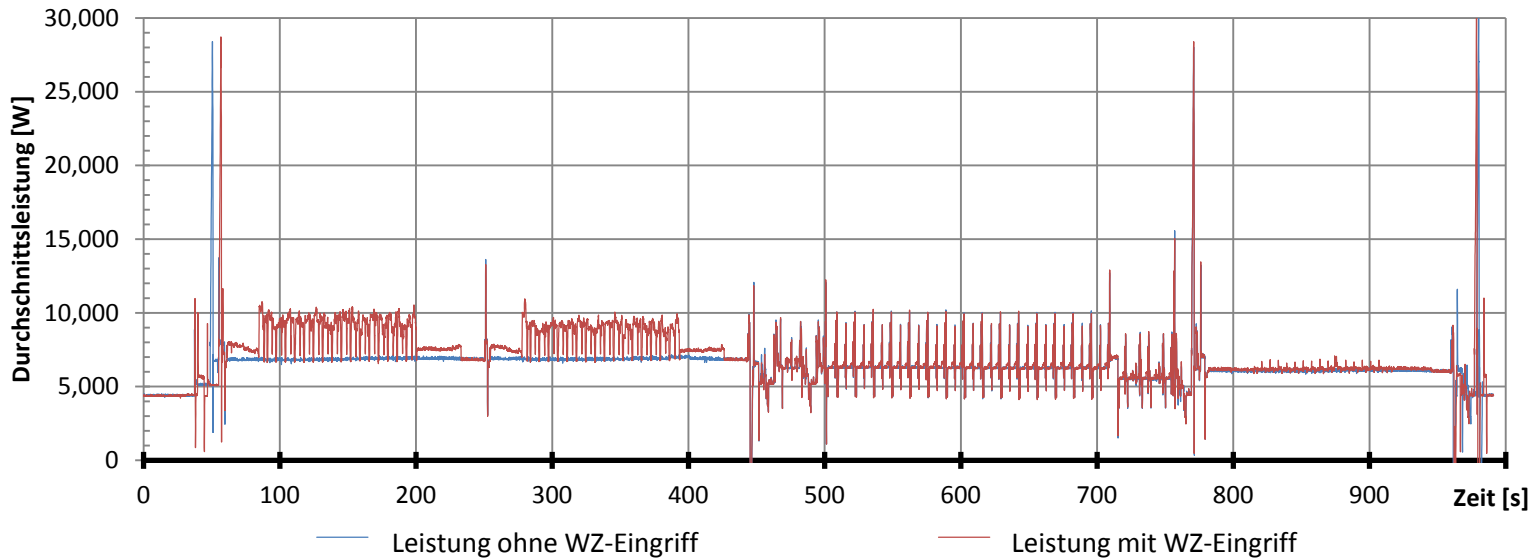
- Prozess
- Maschine
- Produktionssystem

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%



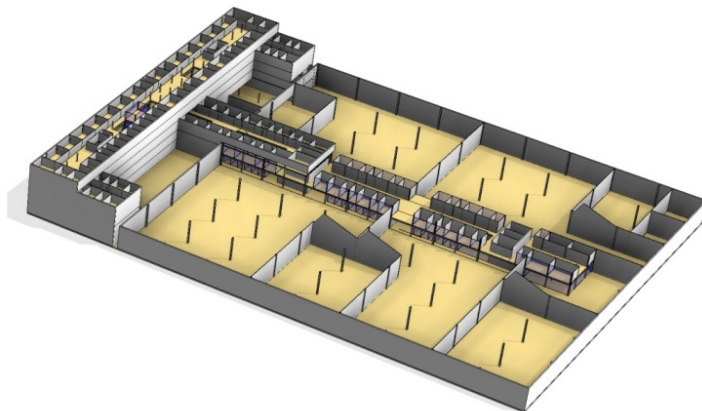
Planungsziele:

Evaluation der Kundenanforderungen an Gebäudeperformance und Funktionalität:

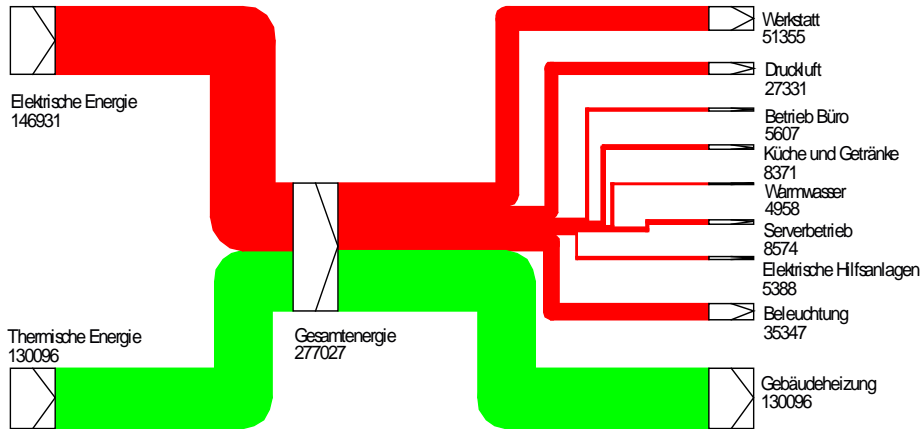
- **Kommunikation** zwischen F&E und Produktion
- **Flexibilität** der Produktionsflächen (Adaptierbarkeit auf verschiedene Funktionen)
- **Ausbaubarkeit** der F&E und Produktionsflächen mit minimalem Aufwand
- **Energieeinsparung** bei HKLS und Licht durch optimierte Gebäudehülle

Gebäudesimulation im Design-Prozess erlaubt:

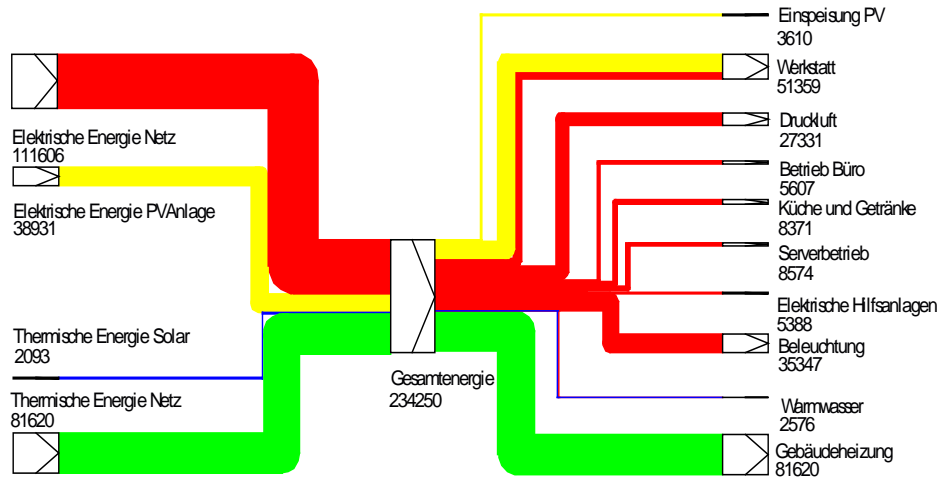
- Evaluation von visuellem und thermischem Komfort (Überhitzung, Blendung,...)
- Reduktion der Energieverbrauchs (Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung)



Energieflussanalyse und Optimierung



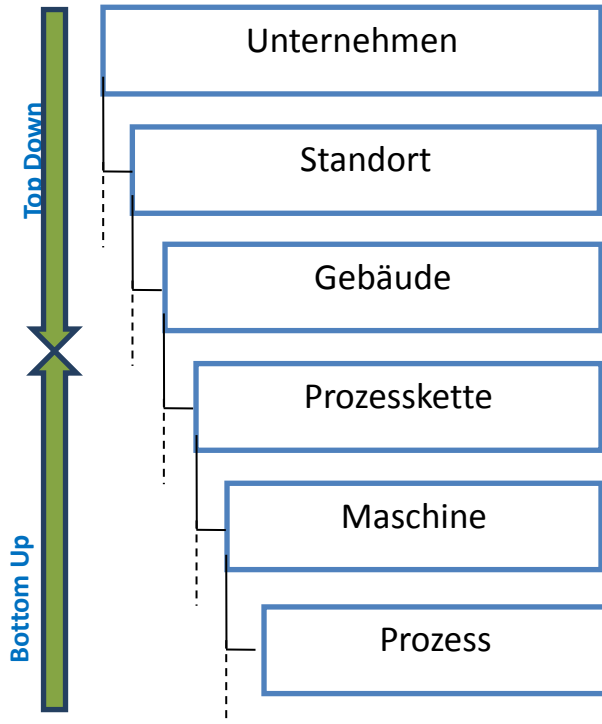
Alle Werte in kWh



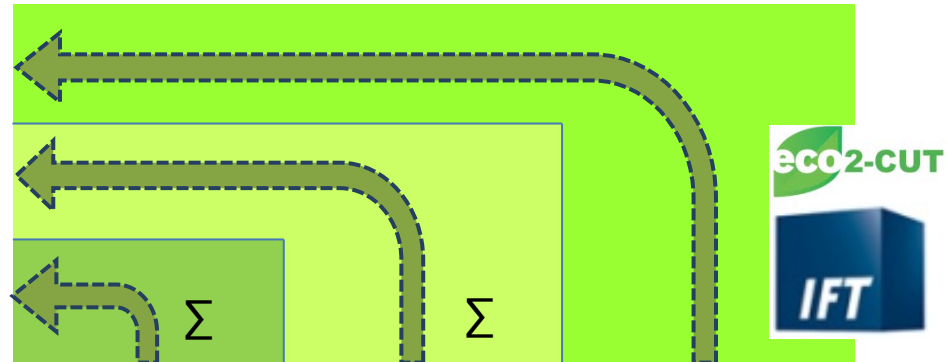
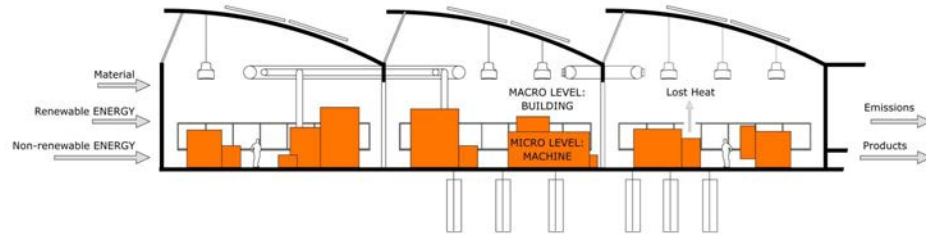
Maßnahmen:

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

=> Reduktion des CO₂-Ausstosses von 107t auf 85,6t



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



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

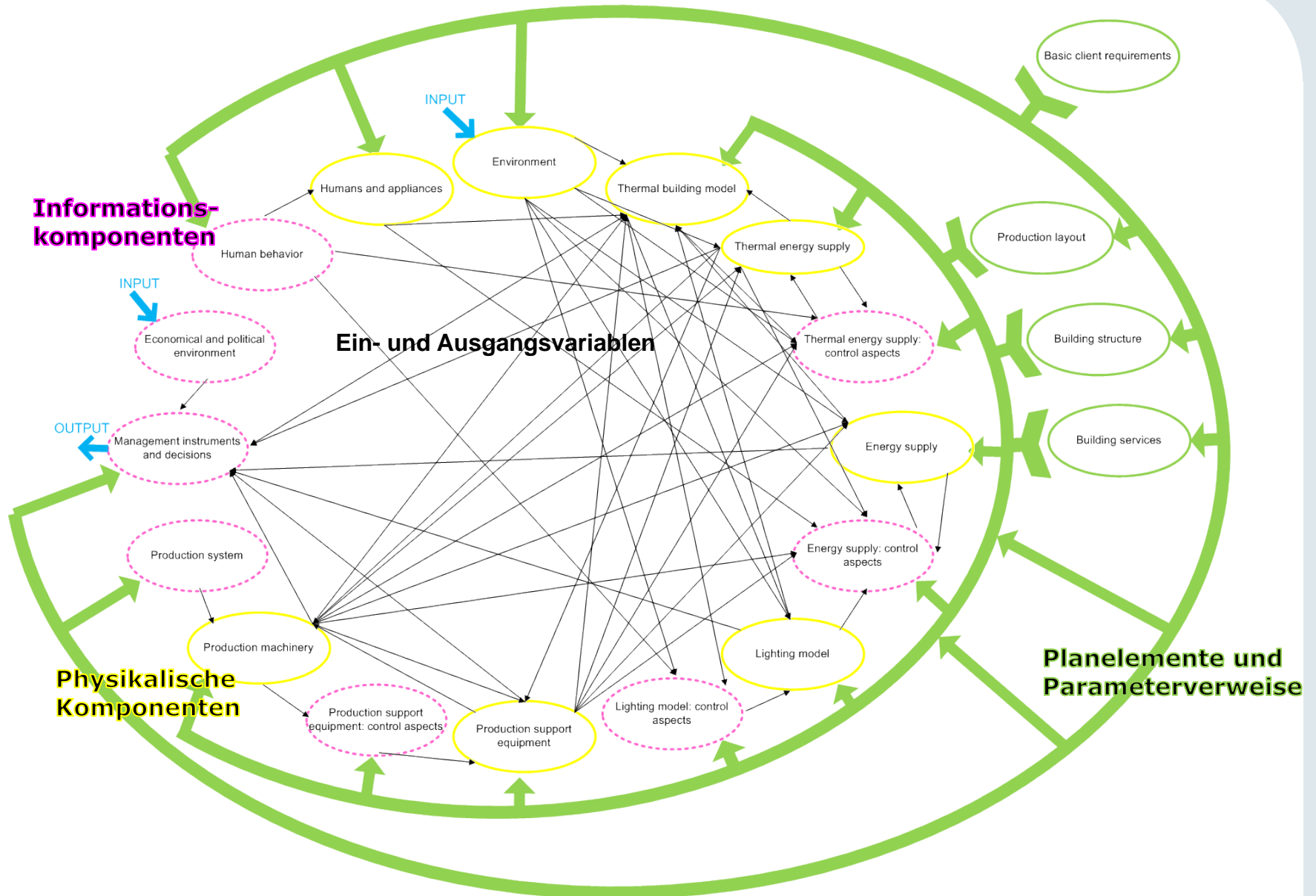
Basis für Simulation der gesamten Anlage

- 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

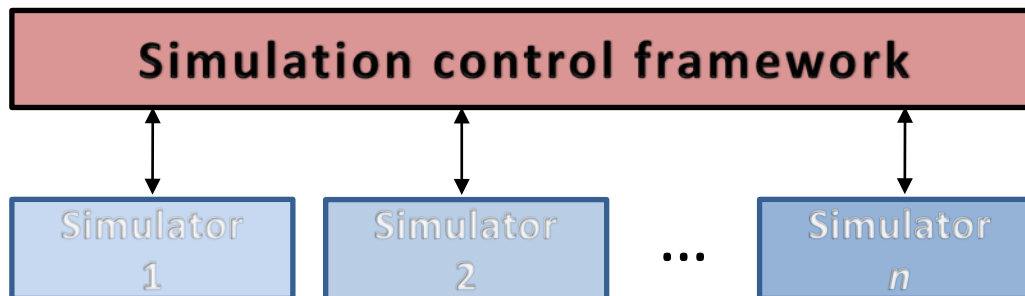


Ziel: Integrierte dynamische Simulation

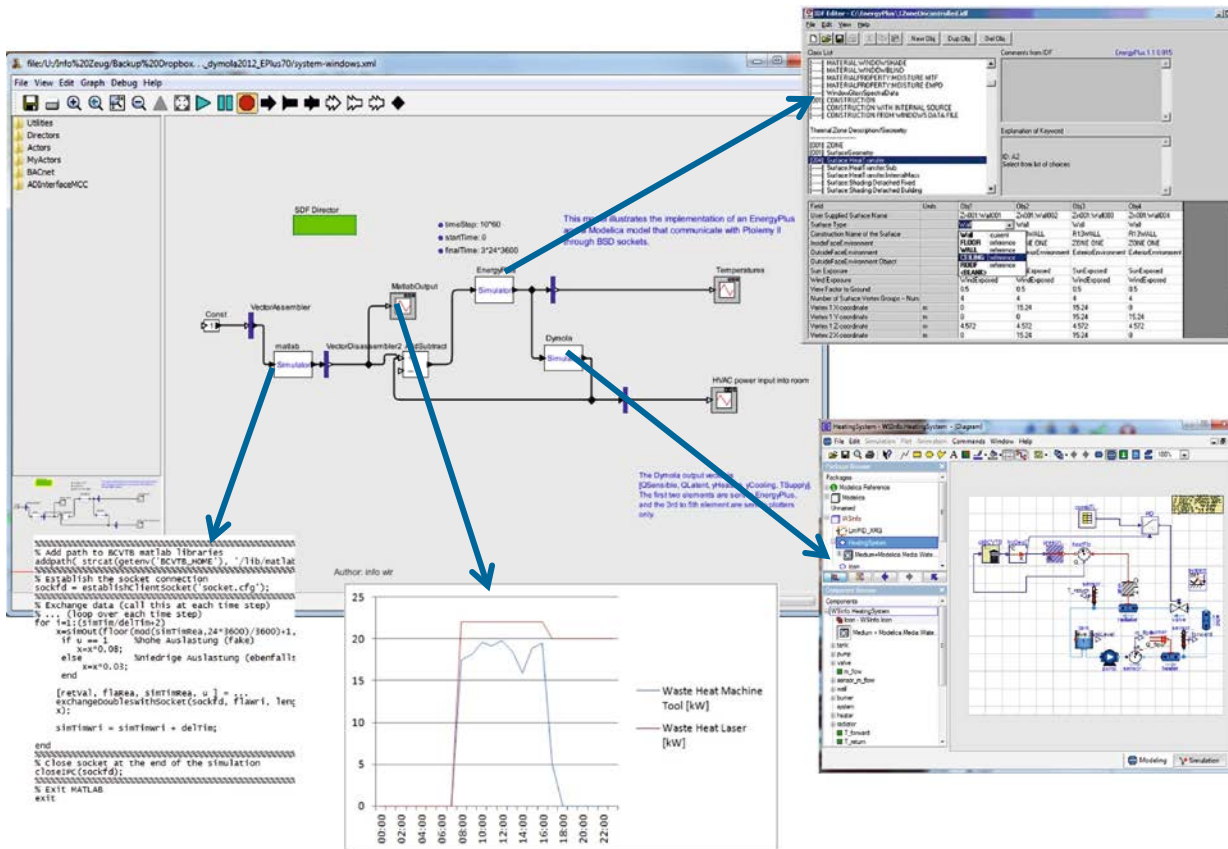
- Momentan nicht als „Gesamtpaket“ verfügbar
- Dynamische Abhängigkeiten einbeziehen
- Rückkoppelungen während Laufzeit

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

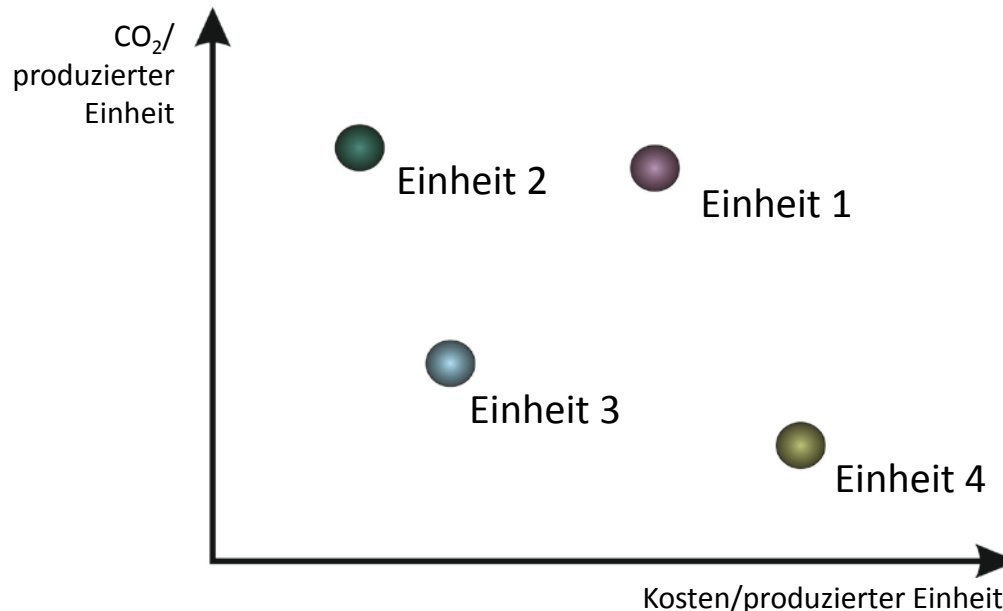
Co-Simulation mit kontrollierten Zeitschritten

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