



**AEE INTEC**



# **ENERGYSIMCITY: MODELLIERUNG URBANER ENERGIESYSTEME**

---

Gerald Schweiger, Thomas Mach, Peter Nageler, Richard Heimrath,  
Hermann Schranzhofer, Daniel Brandl, Christian Fink,  
Ingo Leusbrock

AEE - Institute for Sustainable Technologies (AEE INTEC)  
8200 Gleisdorf, Feldgasse 19, AUSTRIA

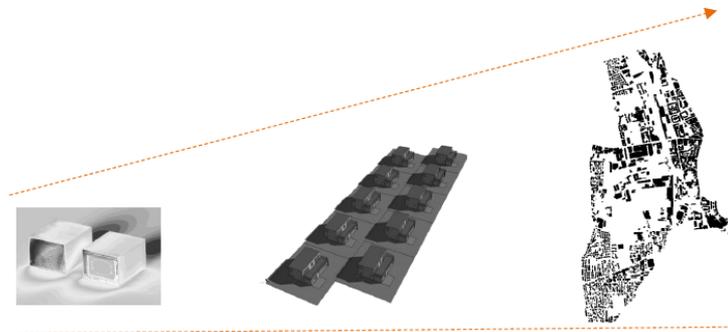
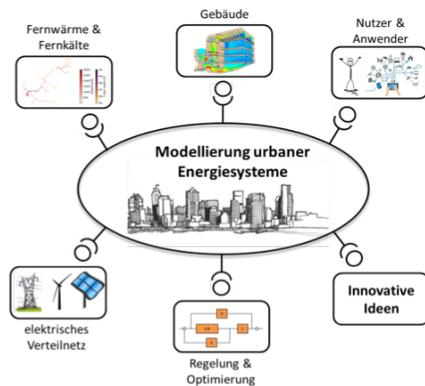
## Research Studio Austria „EnergySimCity“

Laufzeit 2014 – 2018

### Projektpartner:

- TU Graz – Institut für Wärmetechnik
- AEE Intec

## Ziel „Flexible Modellierung urbaner Energiesysteme“



# Warum? Was? Wie? Anwendung

# Warum?

# Ausgangssage

## **Energieversorgung** *aktuell*

- fossil dominiert
- zentral
- monodirektional



## **Energieplanung** *aktuell*

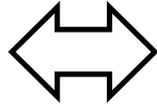
- monosektoral
- unverschränkt
- stationär

Funktionalitäten

# Ausgangssage

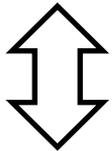
## Energieversorgung *aktuell*

- fossil dominiert
- zentral
- monodirektional



## Energieplanung *aktuell*

- monosektoral
- unverschränkt
- stationär



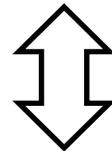
## Energieversorgung *zukünftig*

- regenerativ
- volatil
- (de-)zentral
- multidirektional



## Energieplanung *zukünftig*

- intersektoral ●
- dynamisch ●
- interaktiv ●
- intermodular ●



Funktionalitäten

# Ausgangssage

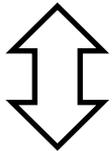
## Energieversorgung *aktuell*

- fossil dominiert
- zentral
- monodirektional



## Energieplanung *aktuell*

- monosektoral
- unverschränkt
- stationär



## Energieversorgung *zukünftig*

- regenerativ
- volatil
- (de-)zentral
- multidirektional



## Energieplanung *zukünftig*

- intersektoral ●
- dynamisch ●
- interaktiv ●
- intermodular ●



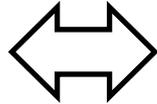
Berücksichtigung der  
Energieträger Wärme, Strom,  
Gas

Funktionalitäten

# Ausgangssage

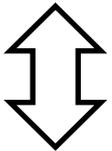
## Energieversorgung *aktuell*

- fossil dominiert
- zentral
- monodirektional



## Energieplanung *aktuell*

- monosektoral
- unverschränkt
- stationär



## Energieversorgung *zukünftig*

- regenerativ
- volatil
- (de-)zentral
- multidirektional



## Energieplanung *zukünftig*

- intersektoral ●
- dynamisch ●
- interaktiv ●
- intermodular ●



Berücksichtigung der  
Energieträger Wärme, Strom,  
Gas



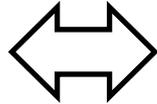
Detaillierte dynamische  
Modellierung der Subsysteme

Funktionalitäten

# Ausgangssage

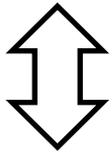
## Energieversorgung *aktuell*

- fossil dominiert
- zentral
- monodirektional



## Energieplanung *aktuell*

- monosektoral
- unverschränkt
- stationär



## Energieversorgung *zukünftig*

- regenerativ
- volatil
- (de-)zentral
- multidirektional



## Energieplanung *zukünftig*

- intersektoral ●
- dynamisch ●
- interaktiv ●
- intermodular ●



Berücksichtigung der Energieträger Wärme, Strom, Gas



Detaillierte dynamische Modellierung der Subsysteme



Berücksichtigung der Wechselwirkung in der Energie-Bereitstellungskette

Funktionalitäten

# Ausgangssage

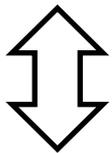
## Energieversorgung *aktuell*

- fossil dominiert
- zentral
- monodirektional



## Energieplanung *aktuell*

- monosektoral
- unverschränkt
- stationär



## Energieversorgung *zukünftig*

- regenerativ
- volatil
- (de-)zentral
- multidirektional



## Energieplanung *zukünftig*

- intersektoral
- dynamisch
- interaktiv
- intermodular



Berücksichtigung der Energieträger Wärme, Strom, Gas



Detaillierte dynamische Modellierung der Subsysteme



Berücksichtigung der Wechselwirkung in der Energie-Bereitstellungskette



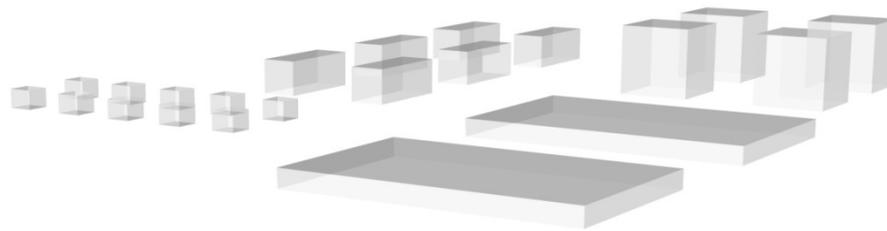
Kombination von Teilmodellen unterschiedlicher Detaillierungsgrade

**Funktionalitäten**



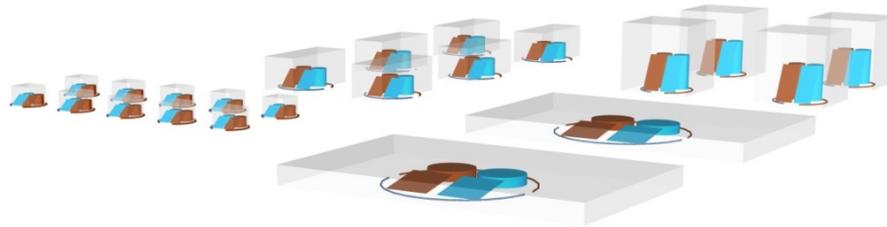
Was?

# Interaktives urbanes Energiemodell



**Gebäude**

# Interaktives urbanes Energiemodell



## **Gebäude**

Gebäude- Energieumwandlung

Gebäude- Energietransport

Gebäude- Energiespeicher

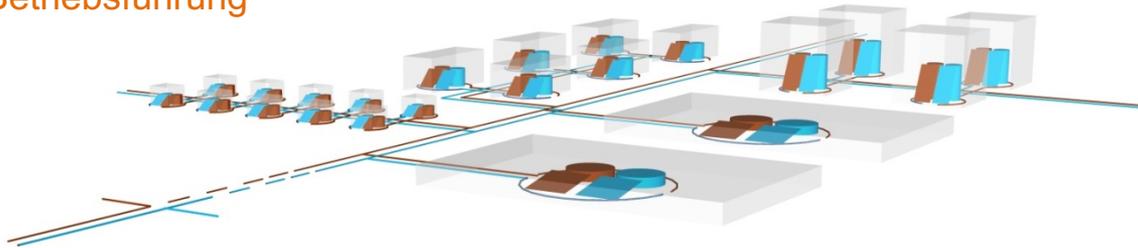
Gebäude- Energieabgabe

Gebäude- Betriebsführung

# Interaktives urbanes Energiemodell

## Infrastruktur

- Urbaner Energietransport
- Urbane Energiespeicherung
- Urbane Energieübergabe
- Urbane Betriebsführung



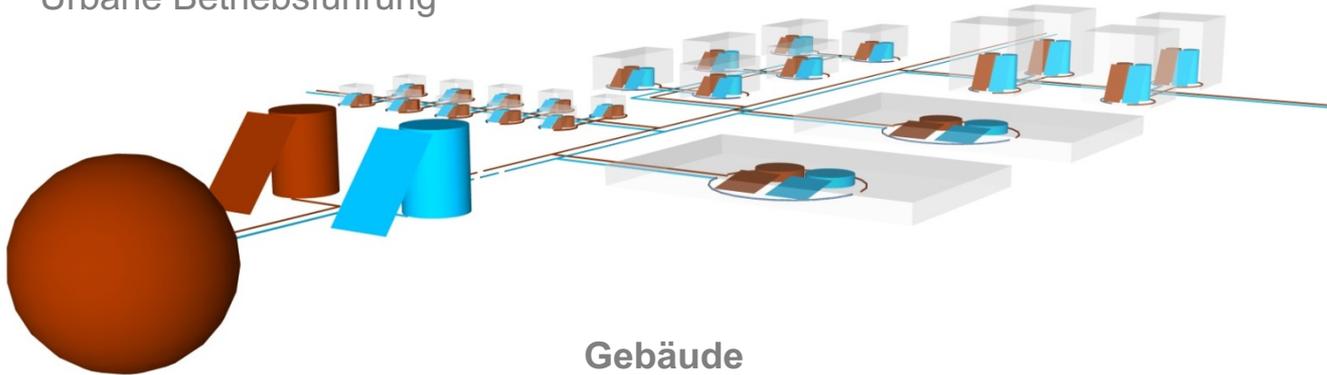
## Gebäude

- Gebäude- Energieumwandlung
- Gebäude- Energietransport
- Gebäude- Energiespeicher
- Gebäude- Energieabgabe
- Gebäude- Betriebsführung

# Interaktives urbanes Energiemodell

## Infrastruktur

Urbaner Energietransport  
Urbane Energiespeicherung  
Urbane Energieübergabe  
Urbane Betriebsführung



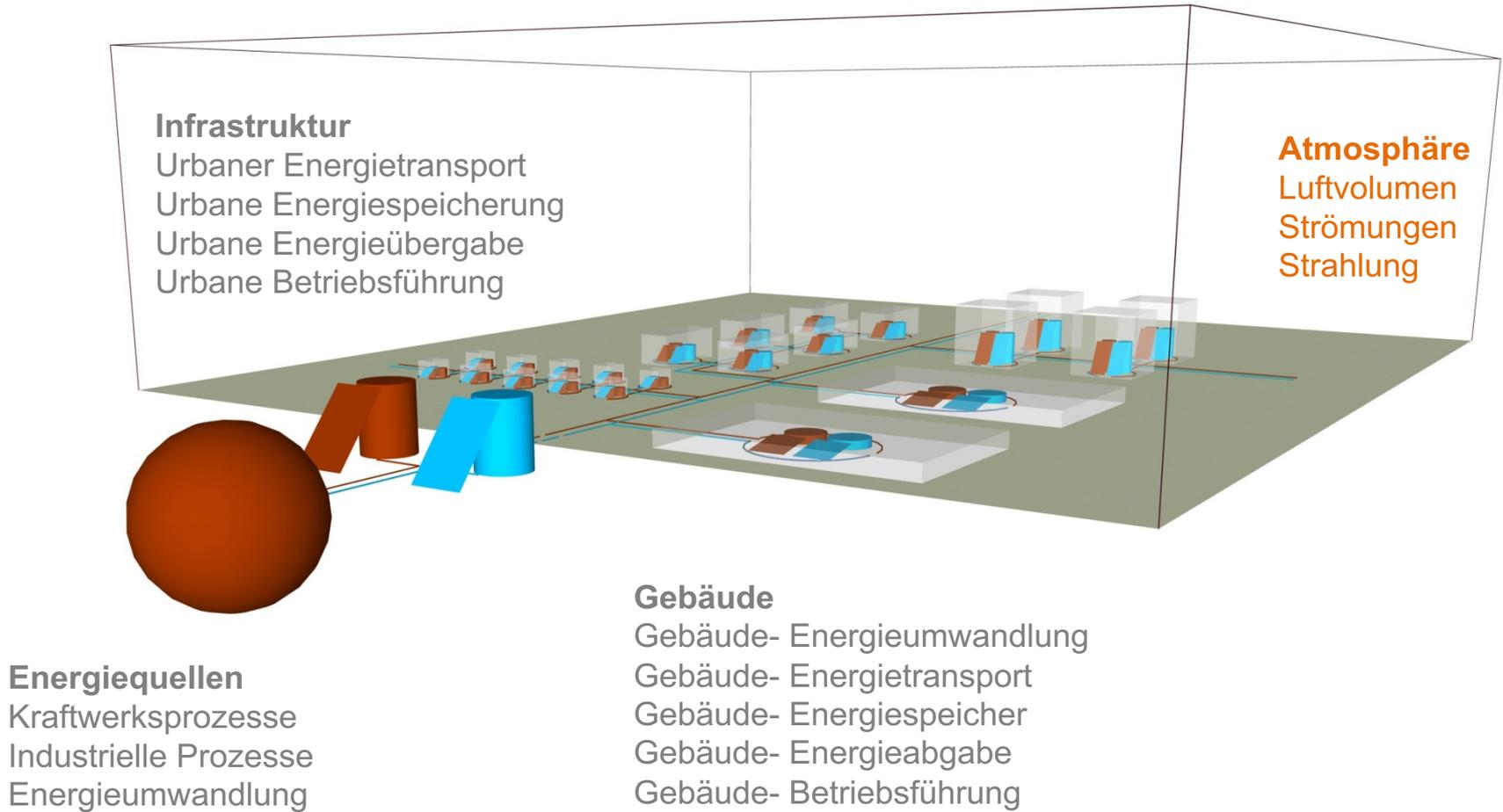
## Energiequellen

Kraftwerksprozesse  
Industrielle Prozesse  
Energieumwandlung

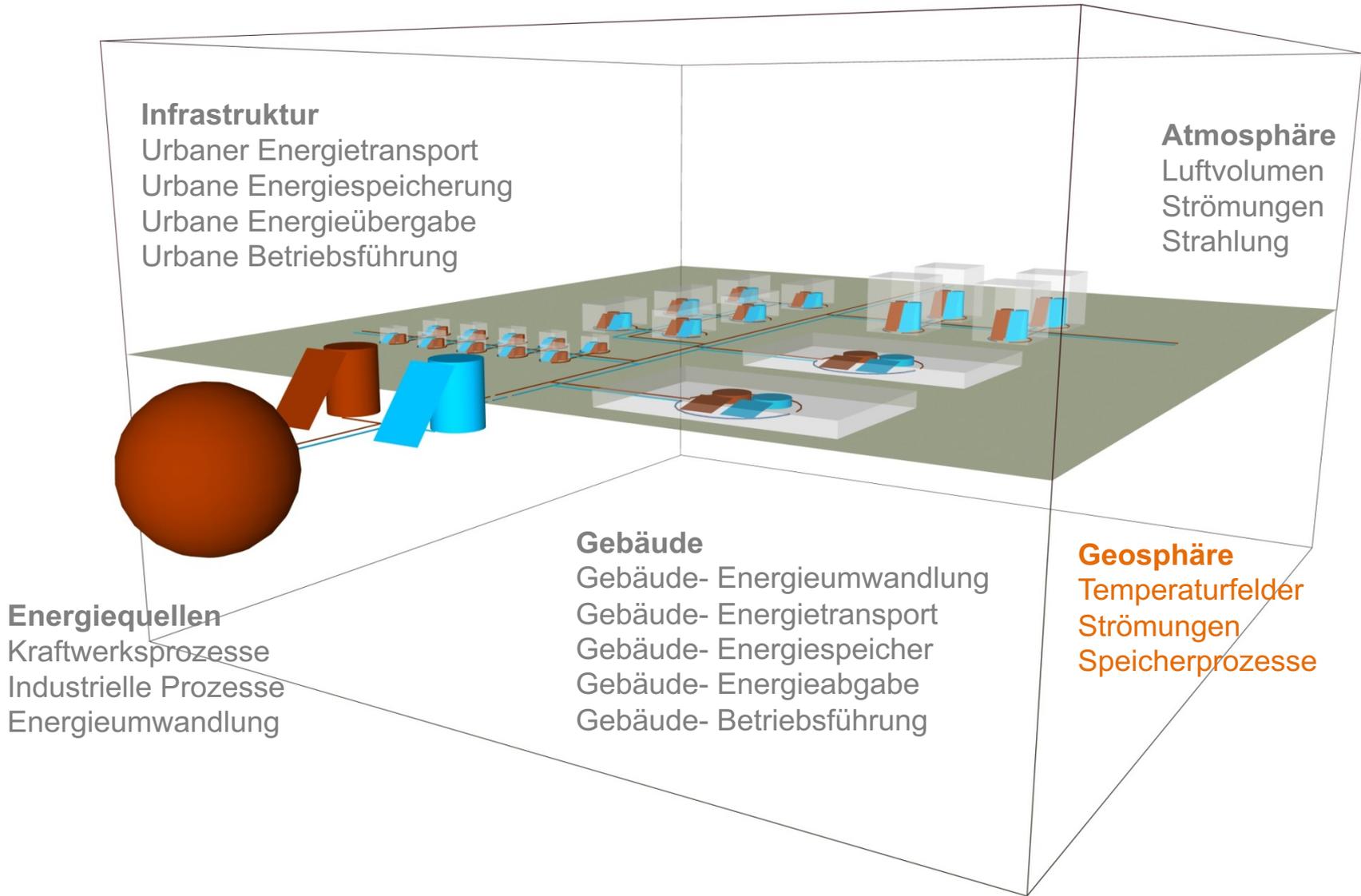
## Gebäude

Gebäude- Energieumwandlung  
Gebäude- Energietransport  
Gebäude- Energiespeicher  
Gebäude- Energieabgabe  
Gebäude- Betriebsführung

# Interaktives urbanes Energiemodell



# Interaktives urbanes Energiemodell



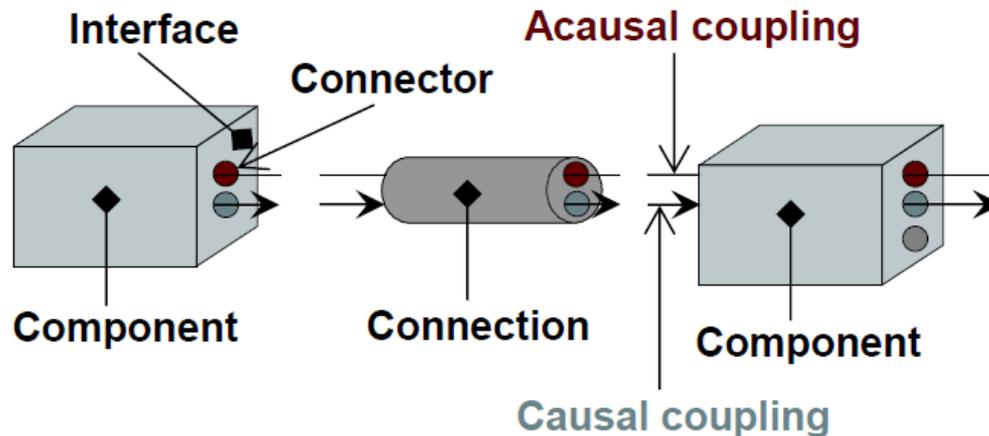
## Wie?

Modellierungsparadigma?  
Gekoppelte Modellierung?  
Monolithische Modellierung?  
Welche Tools für welche  
Subsysteme?



## Blockorientierte (kausale) Modellierung

- Ursache-Wirkungs-Beziehung: Input/Output-Variablen



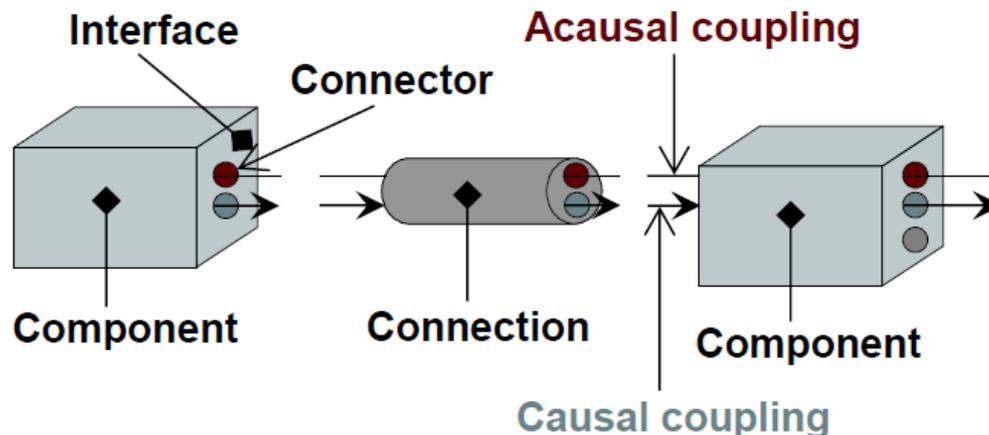
## Blockorientierte (kausale) Modellierung

- Ursache-Wirkungs-Beziehung: Input/Output-Variablen



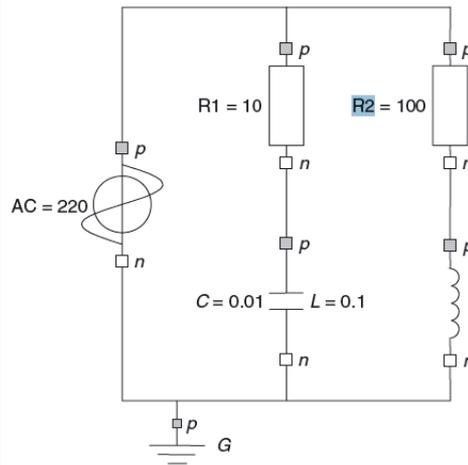
## Physikalische (akausale) Modellierung

- Deklarative Modellierung: Gleichungen statt Zuweisungen, keine Input/Output-Definitionen. Die Kausalität wird während der Lösung fixiert.
- Mathematische Formalismus: implizite differential algebraische Gleichungen

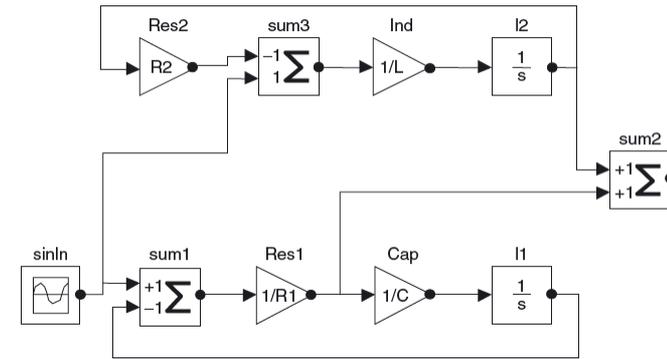


# Komponenten Level

## Akausal



## Kausal



# Text Level

*Gleichung*

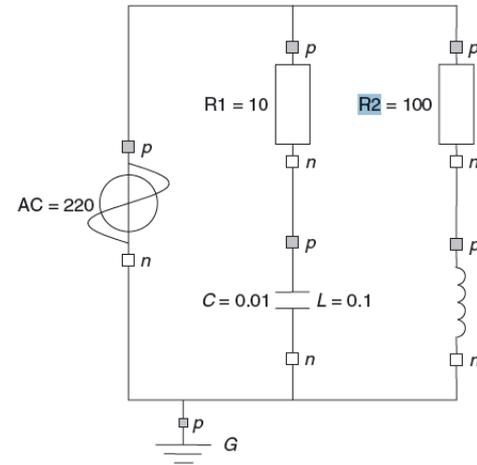
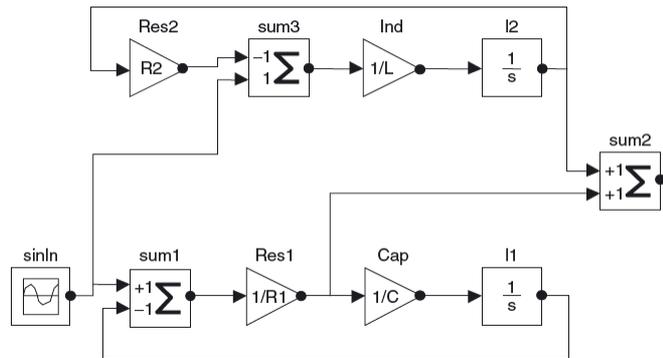
$$R * I = U$$

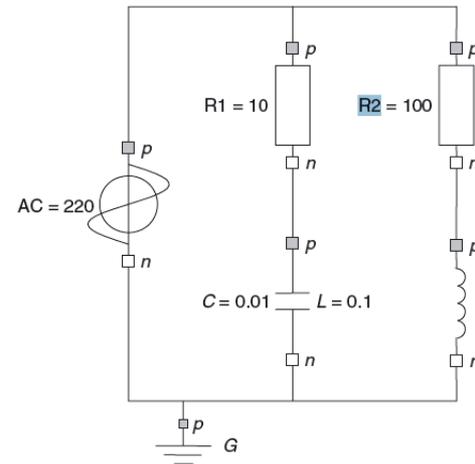
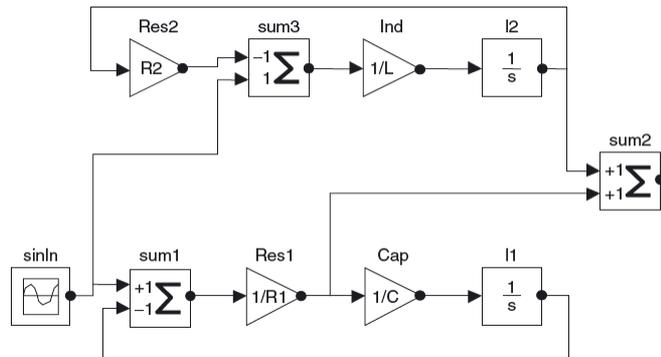
*Kausale Möglichkeiten*

$$R := \frac{U}{I}$$

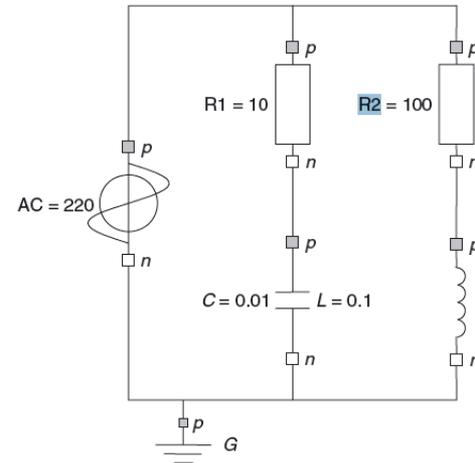
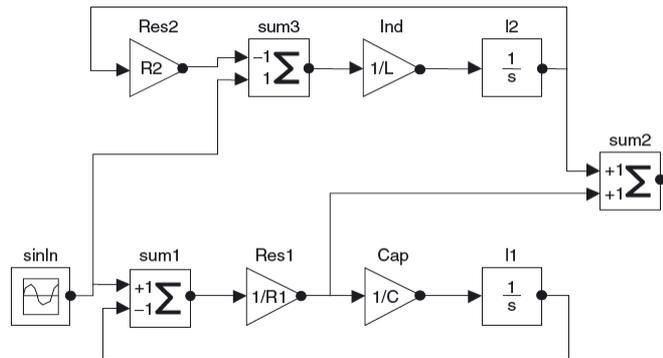
$$U := R * I$$

$$I := \frac{U}{R}$$





- Modell ist nahe an der Lösung – es werden keine ausgefeilten Tools benötigt
- Schwierig zu erstellen und sehr schwierig zu adaptieren
- Schwierig zu lesen („Physik geht verloren“)
- Eingeschränkte Wiederverwendbarkeit
- „Modellwissen ist in Büchern und Gleichungen gespeichert“

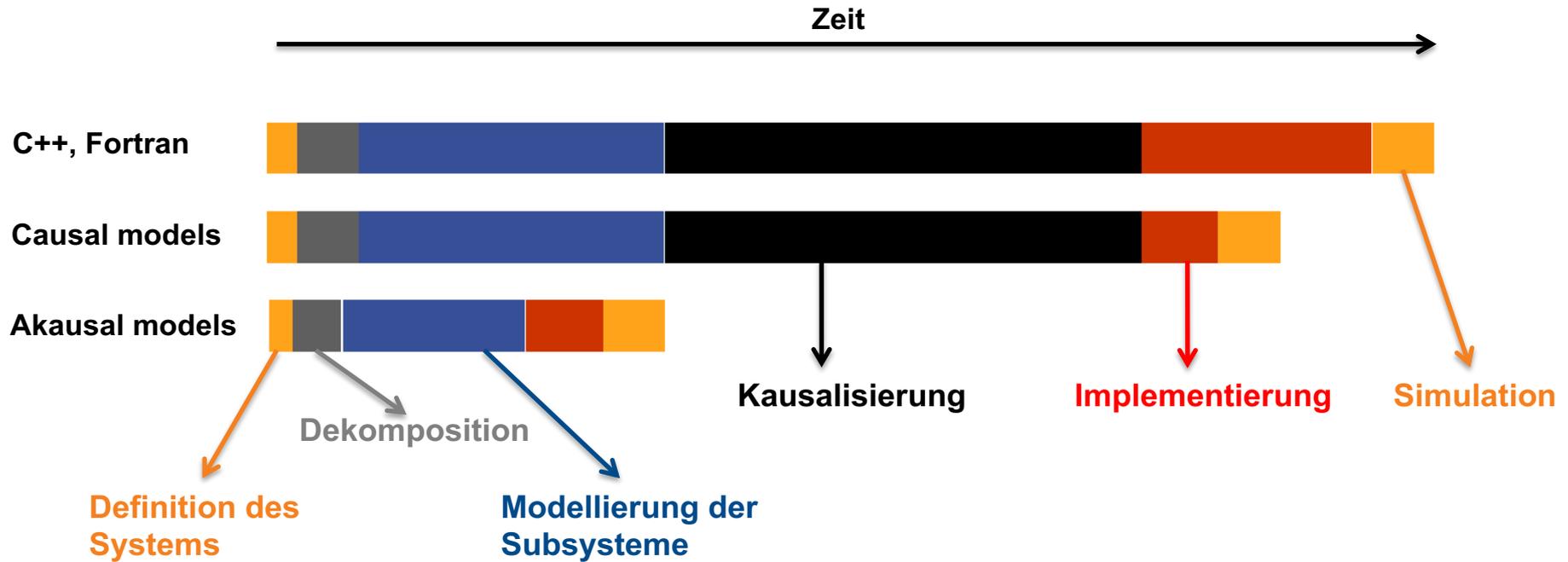


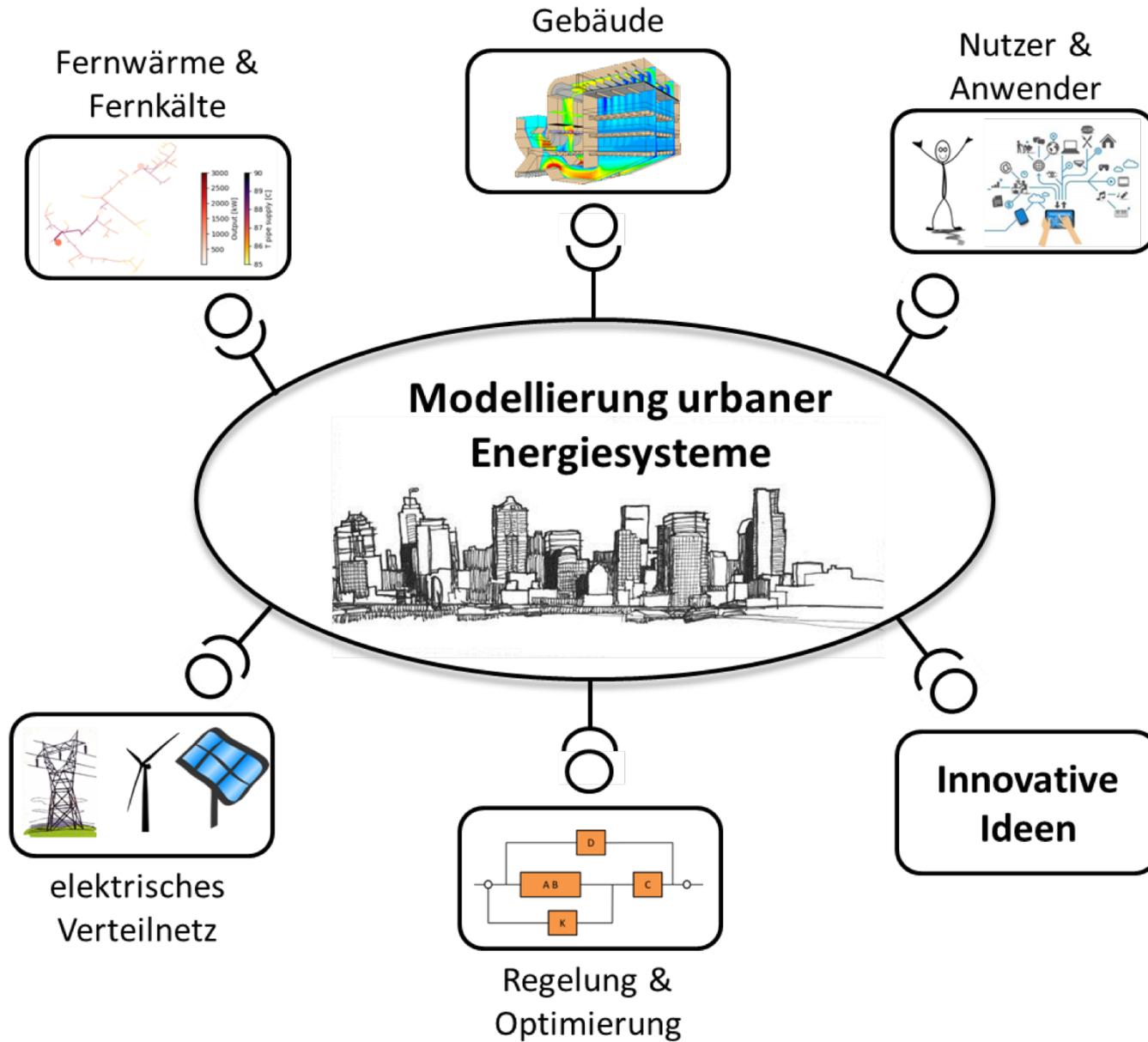
- Modell ist nahe an der Lösung – es werden keine ausgefeilten Tools benötigt
- Schwierig zu erstellen und sehr schwierig zu adaptieren
- Schwierig zu lesen („Physik geht verloren“)
- Eingeschränkte Wiederverwendbarkeit
- „Modellwissen ist in Büchern und Gleichungen gespeichert“

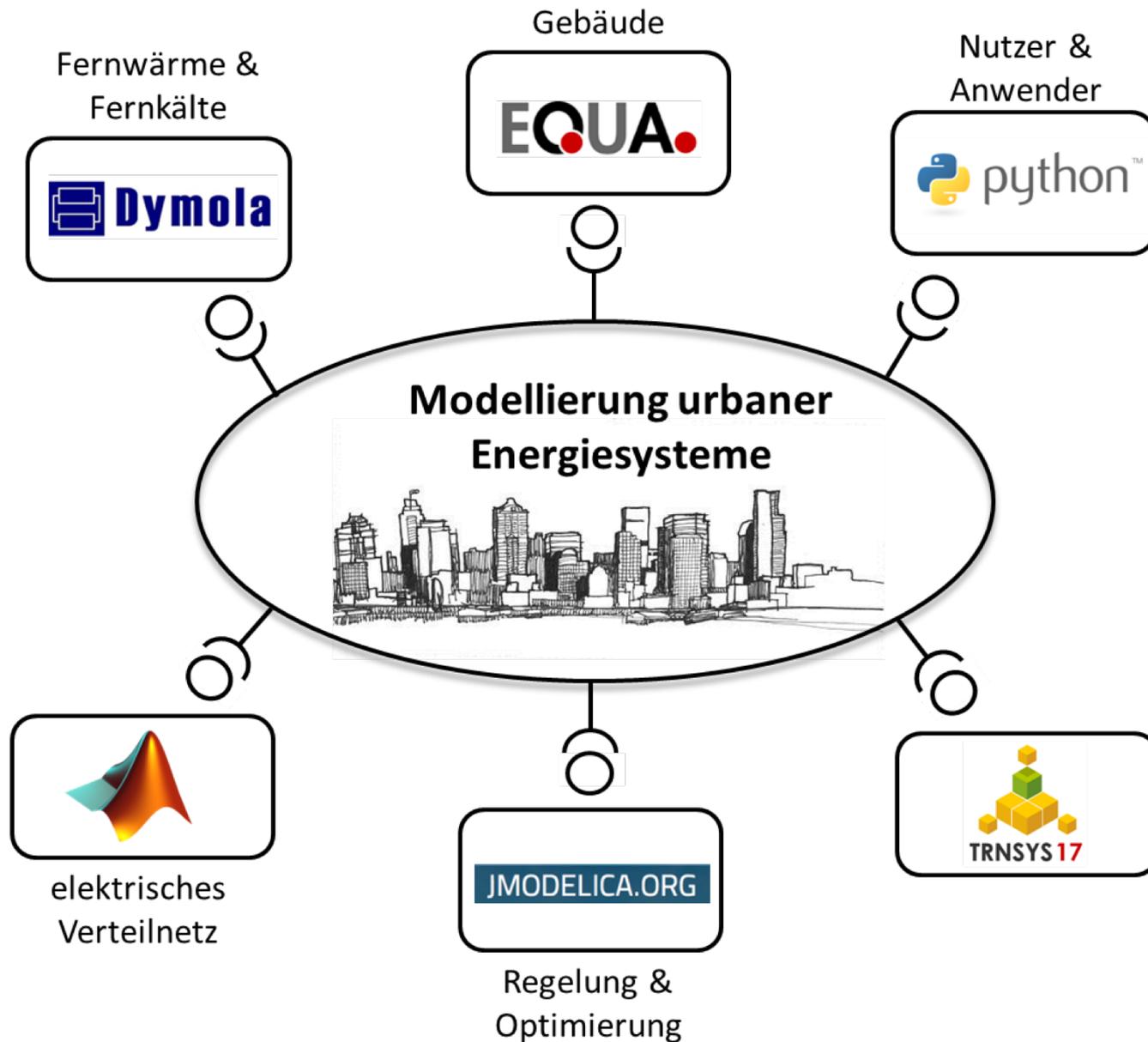
- Einfach zu erstellen, zu interpretieren und zu adaptieren
- Wiederverwendbarkeit, Erweiterbarkeit, Anpassbarkeit der Modelle
- „Direkter Zugriff auf Modellwissen“ wird in Büchern gespeichert, auf die der Computer keinen Zugriff hat, da Programmiersprachen in der Regel keine Gleichungen zulassen.
- Modell ist weiter weg von der Lösung - ausgefeilten Tools erforderlich

## Akausale Modellierung:

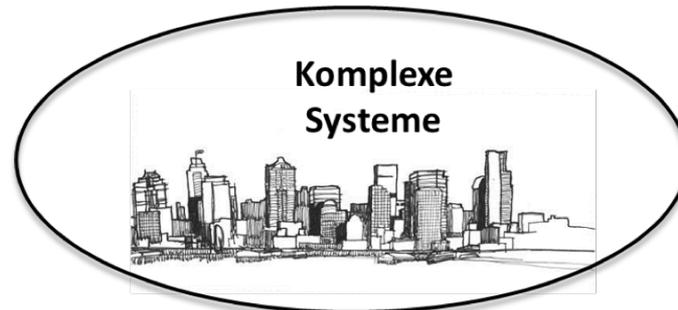
*“Es wird einfacher für den Modellierer, aber schwieriger für den Algorithmus”*



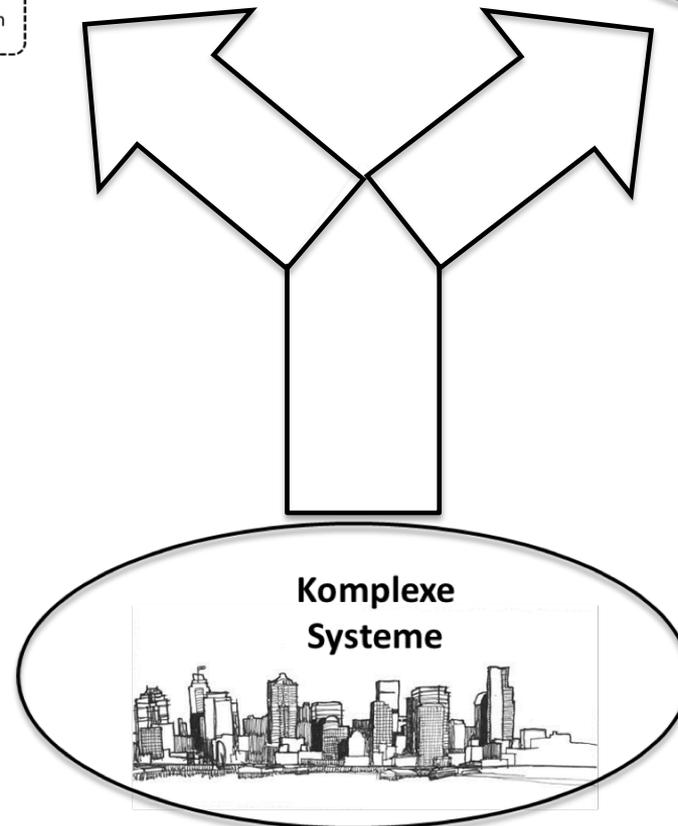
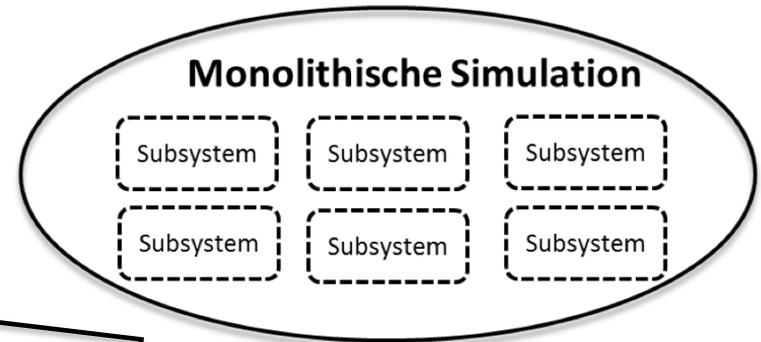
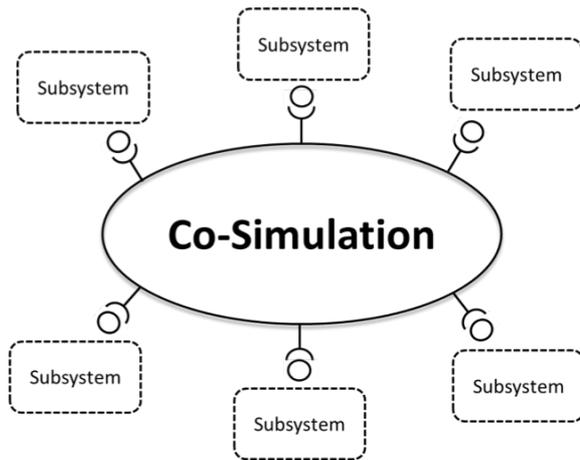




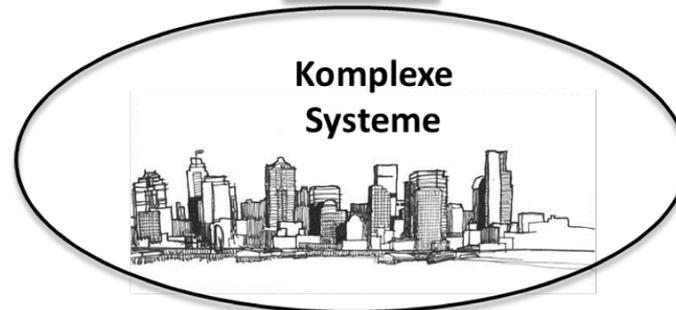
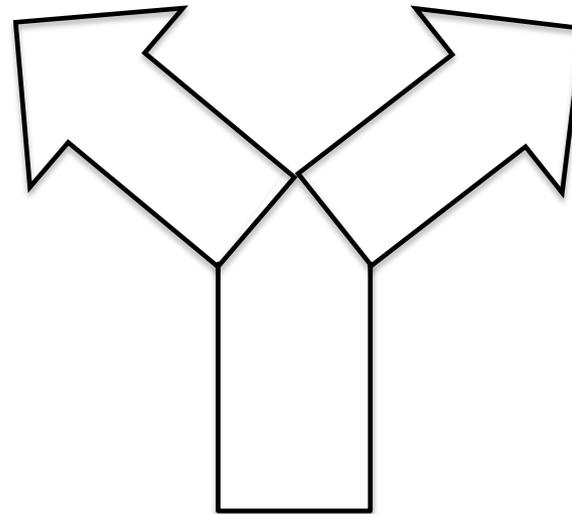
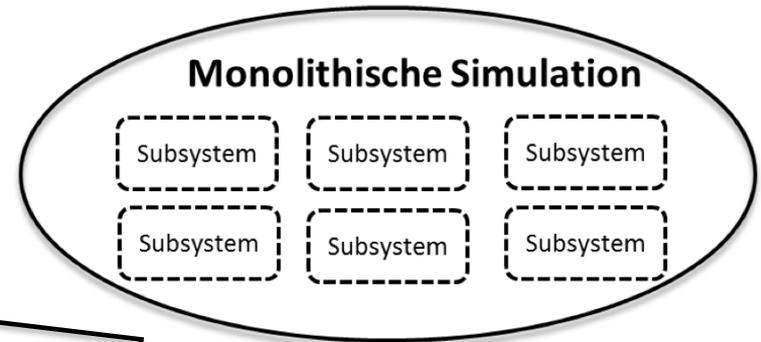
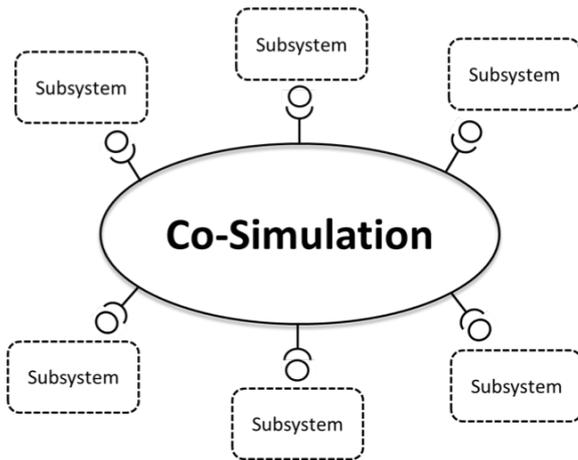
# Modellierung von komplexen Systeme - Zwei Möglichkeiten



# Modellierung von komplexen Systeme - Zwei Möglichkeiten



# Modellierung von komplexen Systeme - Zwei Möglichkeiten



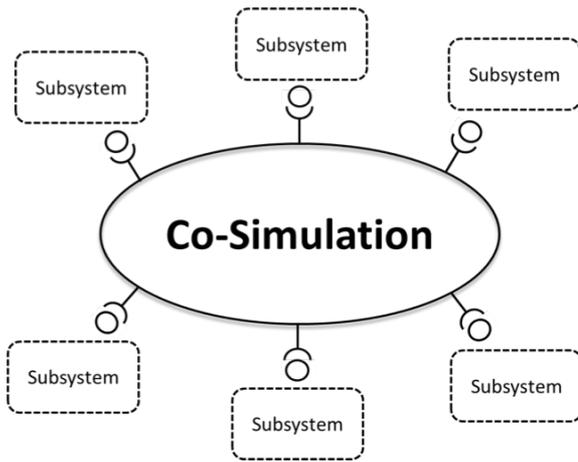
## Vorteile

- Verwendung spezialisierter Tools
- Fördert domainübergreifende Arbeiten
- Fördert firmenübergreifend Arbeiten

## Nachteile

- Performance
- Robustheit
- Lizenzen aller Tools
- Viele Standards und Tools verfügbar

# Modellierung von komplexen Systeme - Zwei Möglichkeiten

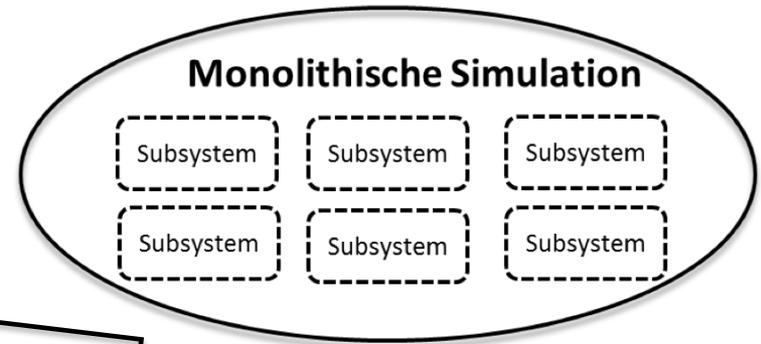


## Vorteile

- Verwendung spezialisierter Tools
- Fördert domainübergreifende Arbeiten
- Fördert firmenübergreifend Arbeiten

## Nachteile

- Performance
- Robustheit
- Lizenzen aller Tools
- Viele Standards und Tools verfügbar

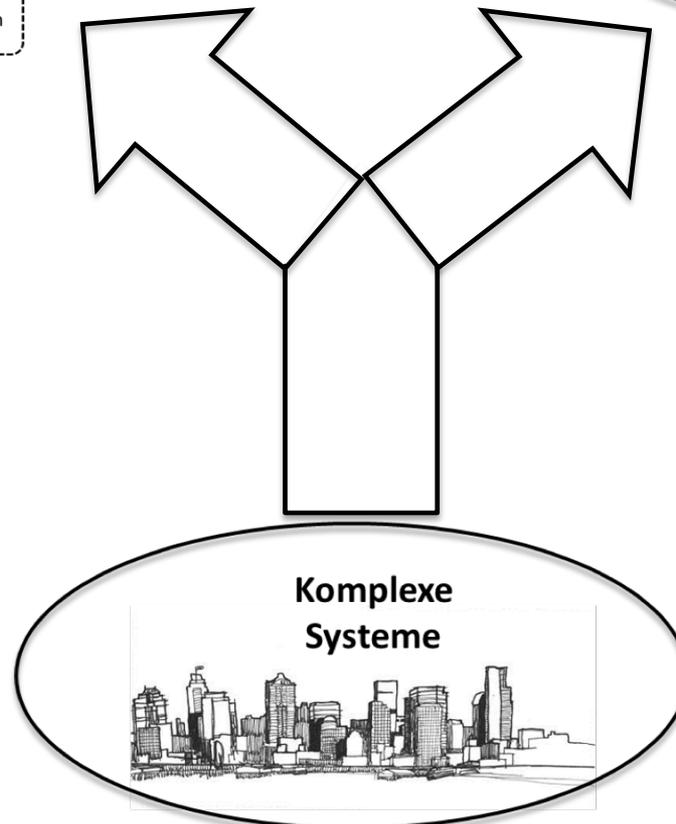


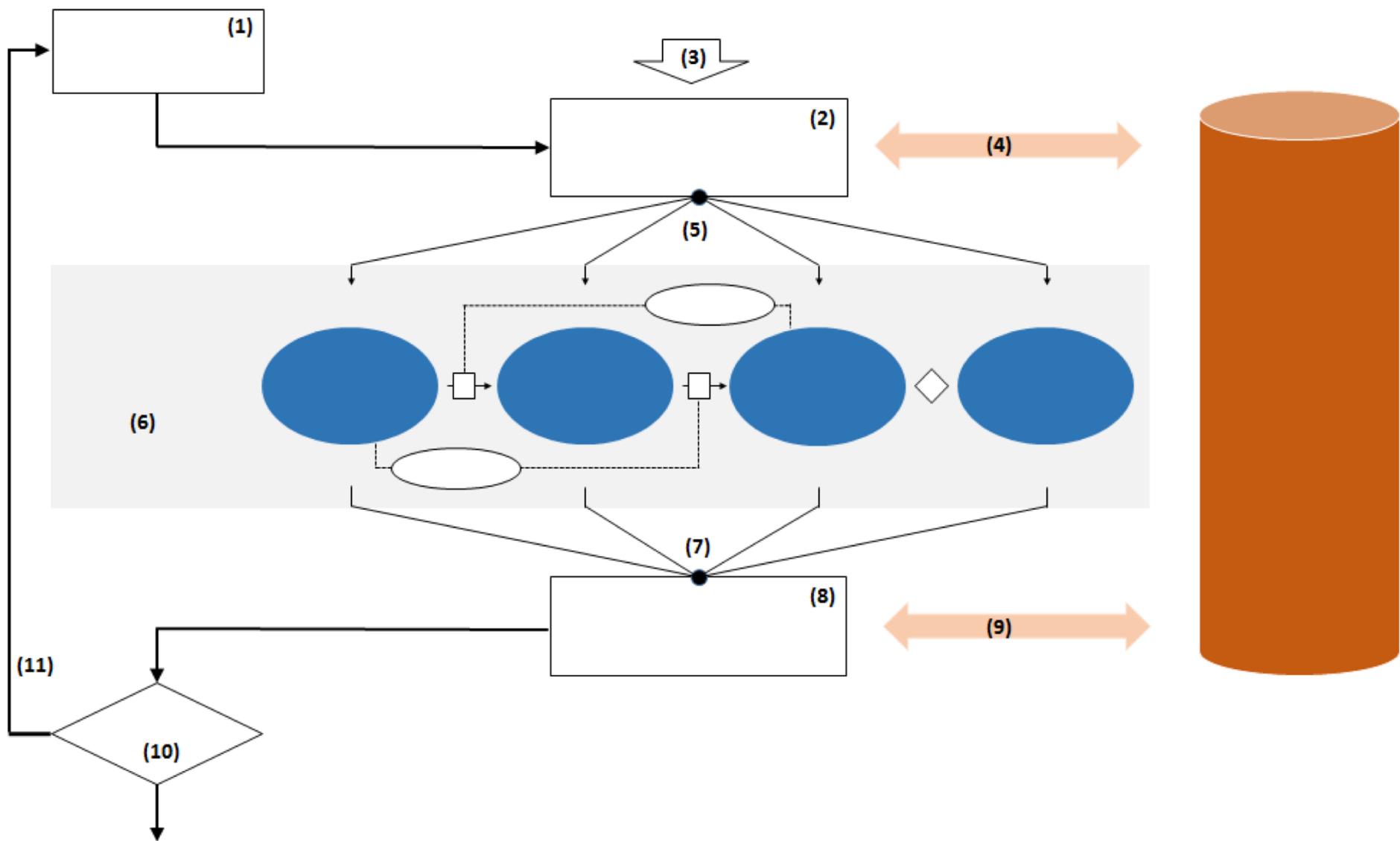
## Vorteile

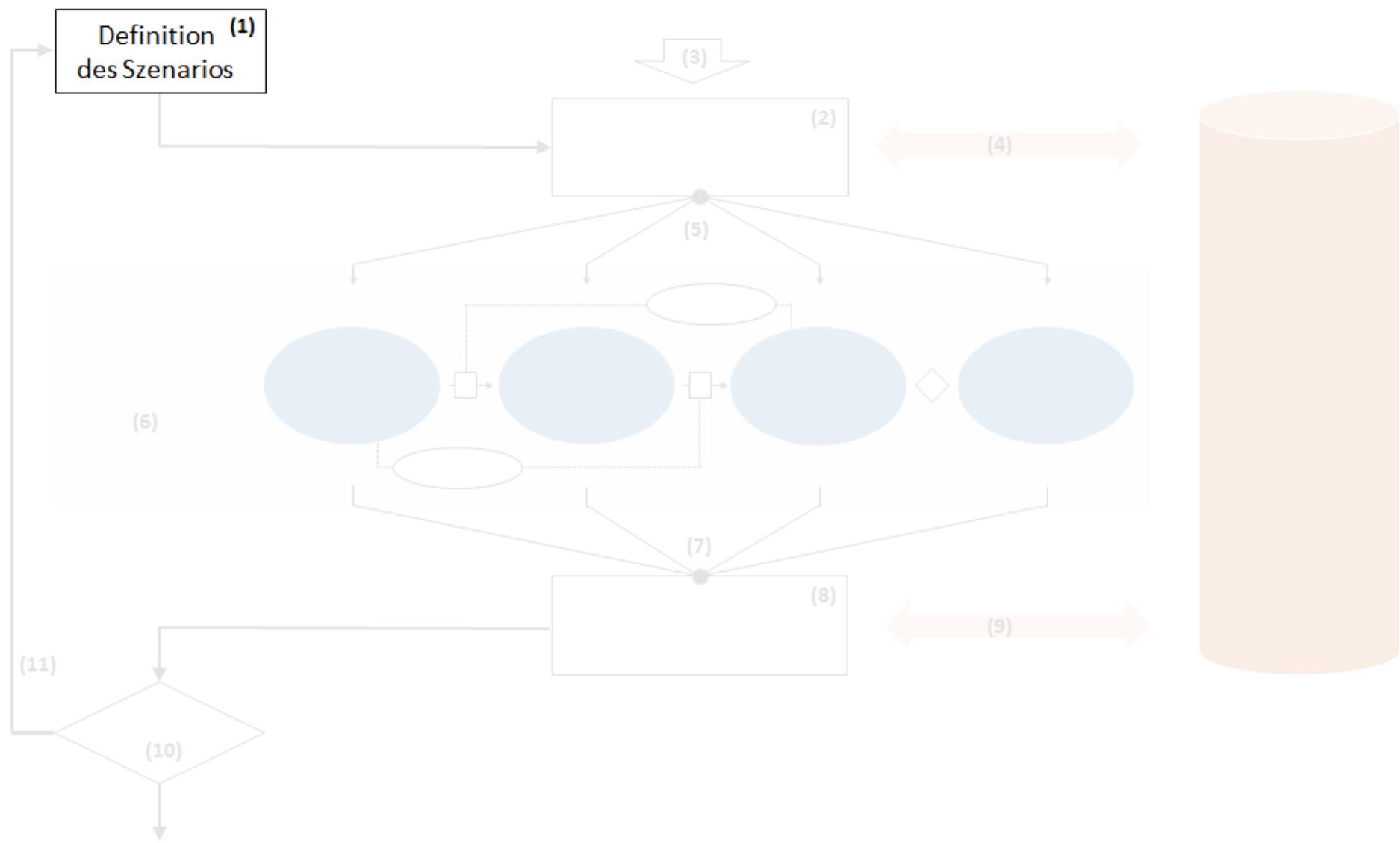
- Oftmals bessere Performance
- Robuster

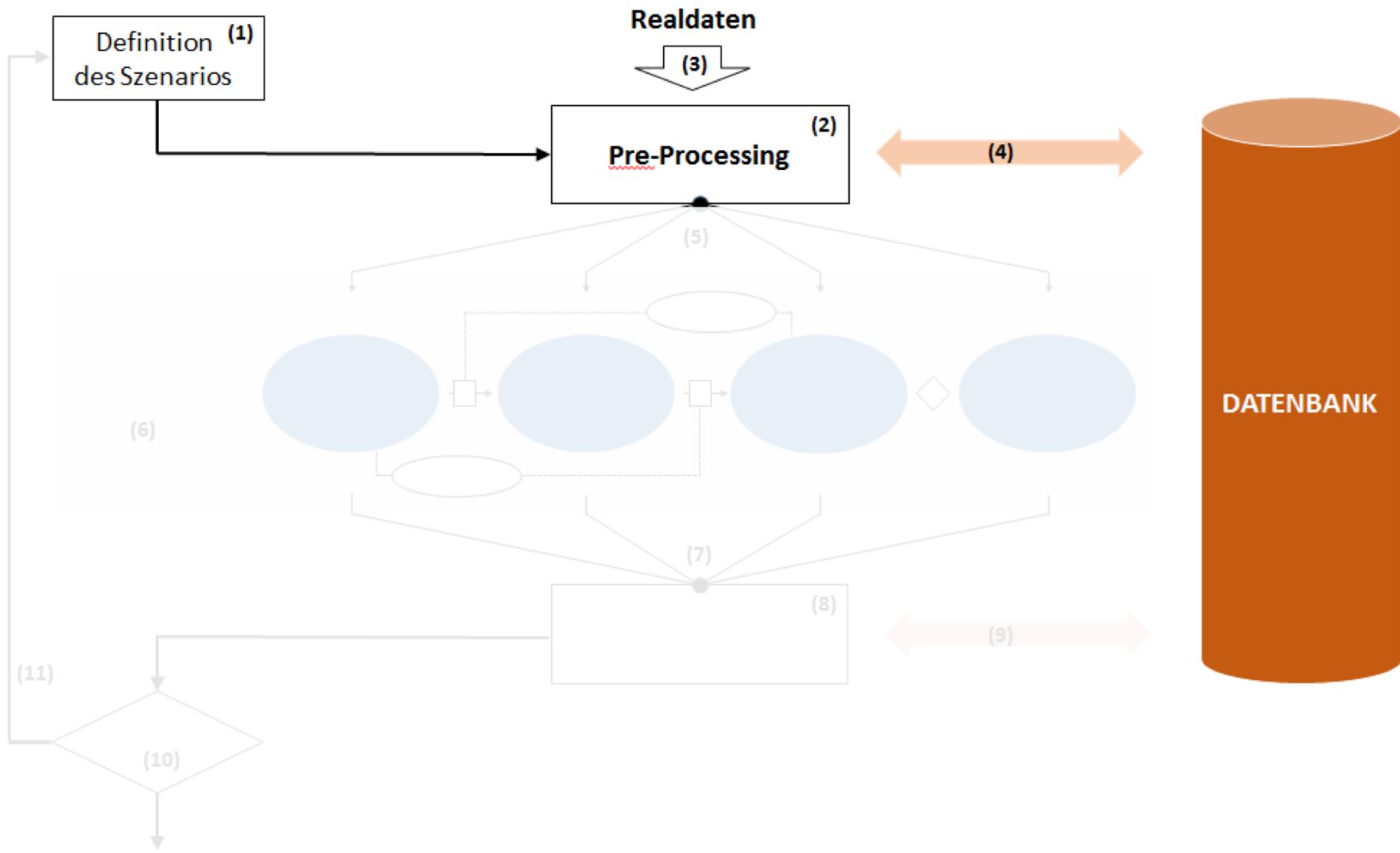
## Nachteile

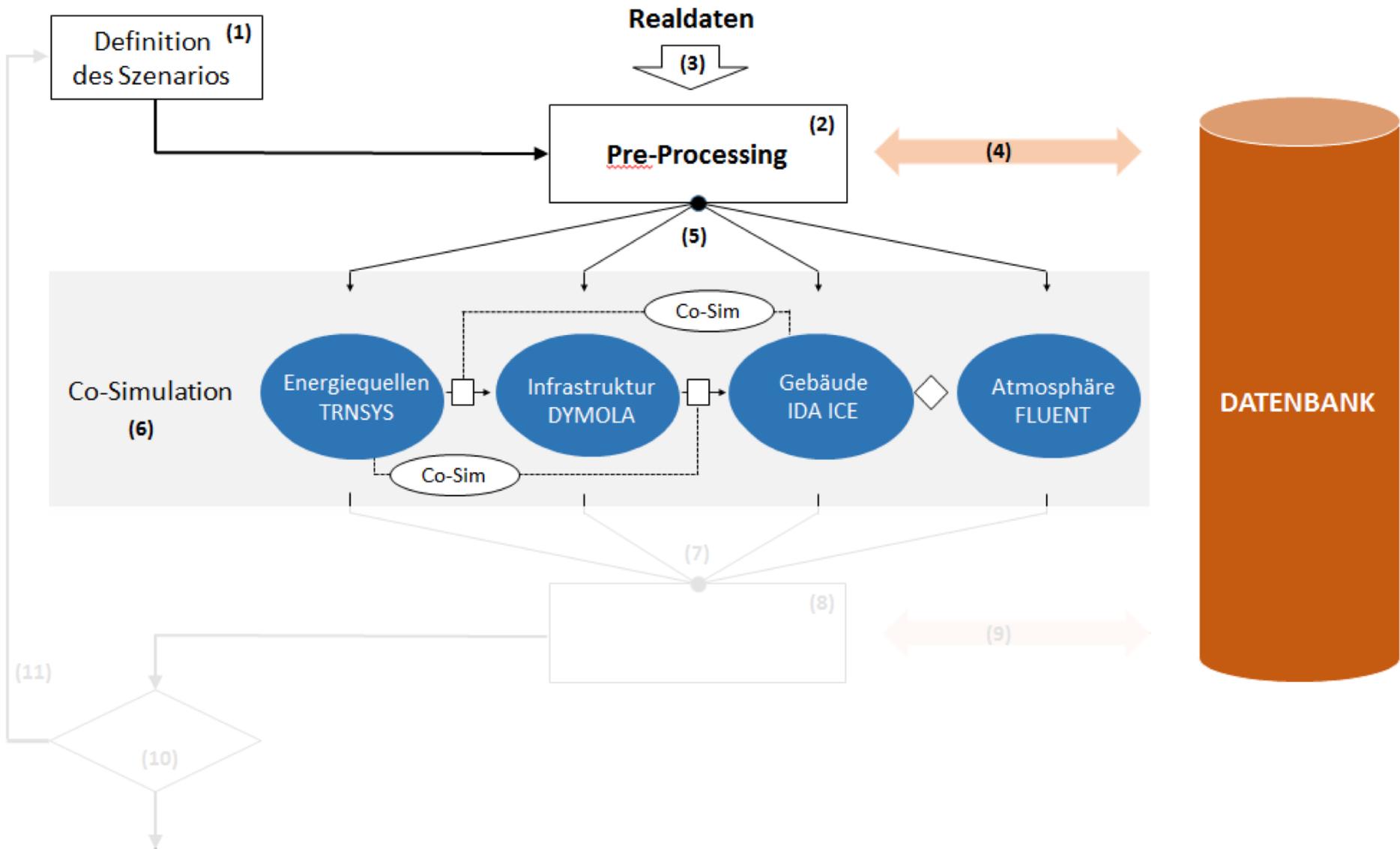
- Ein Tool für „Alles“
- „Tool-gekoppeltes“ Expertenwissen

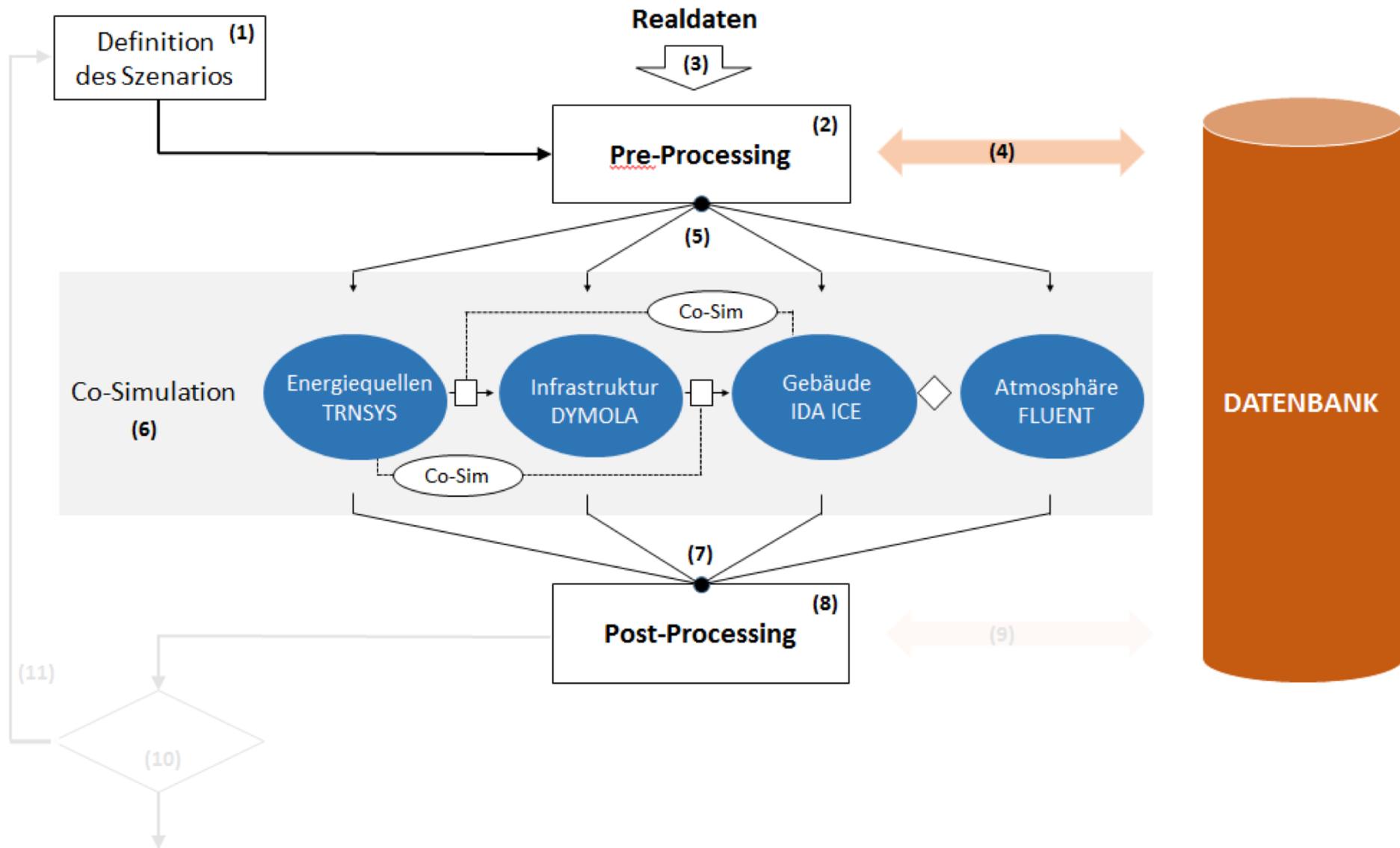


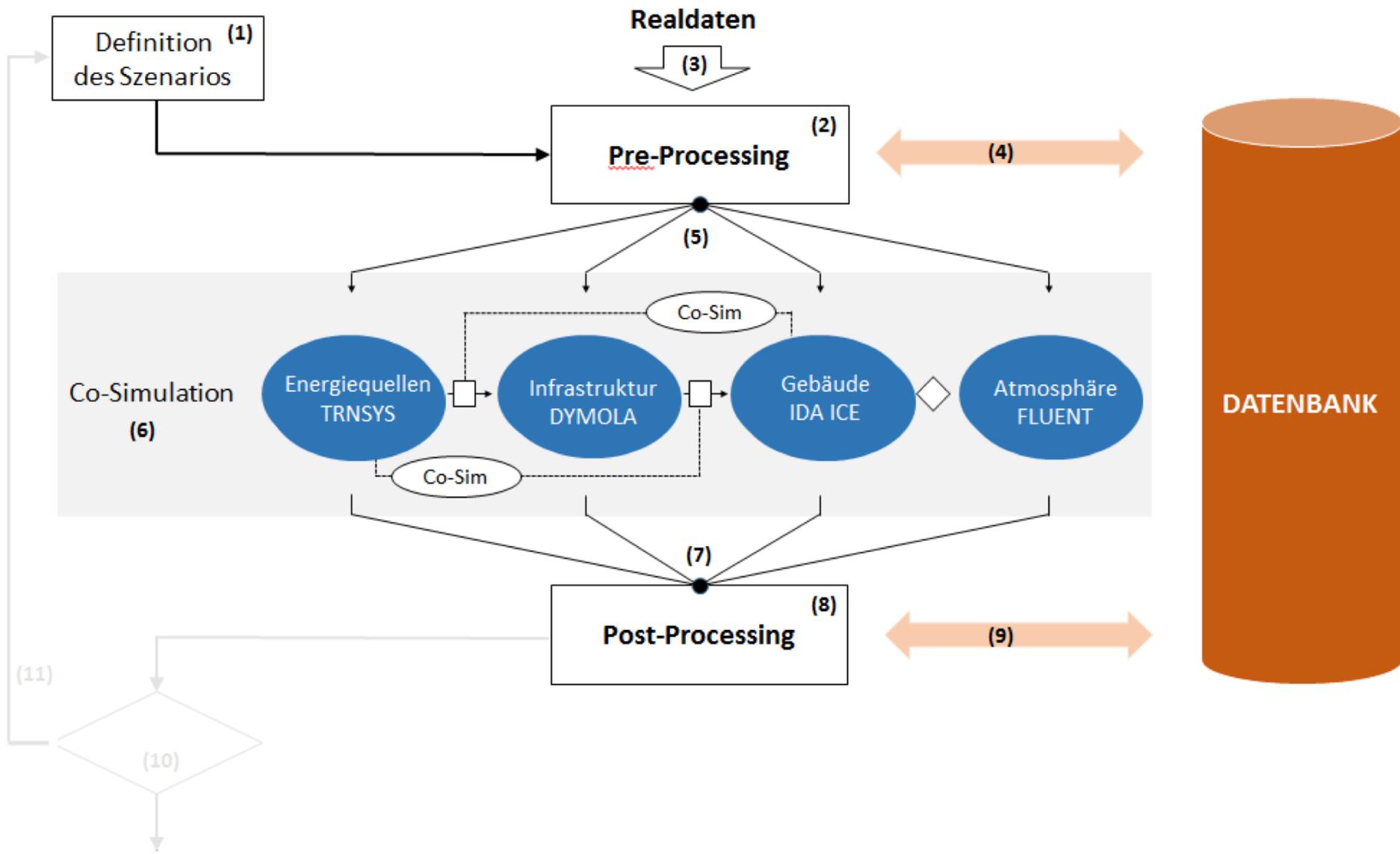


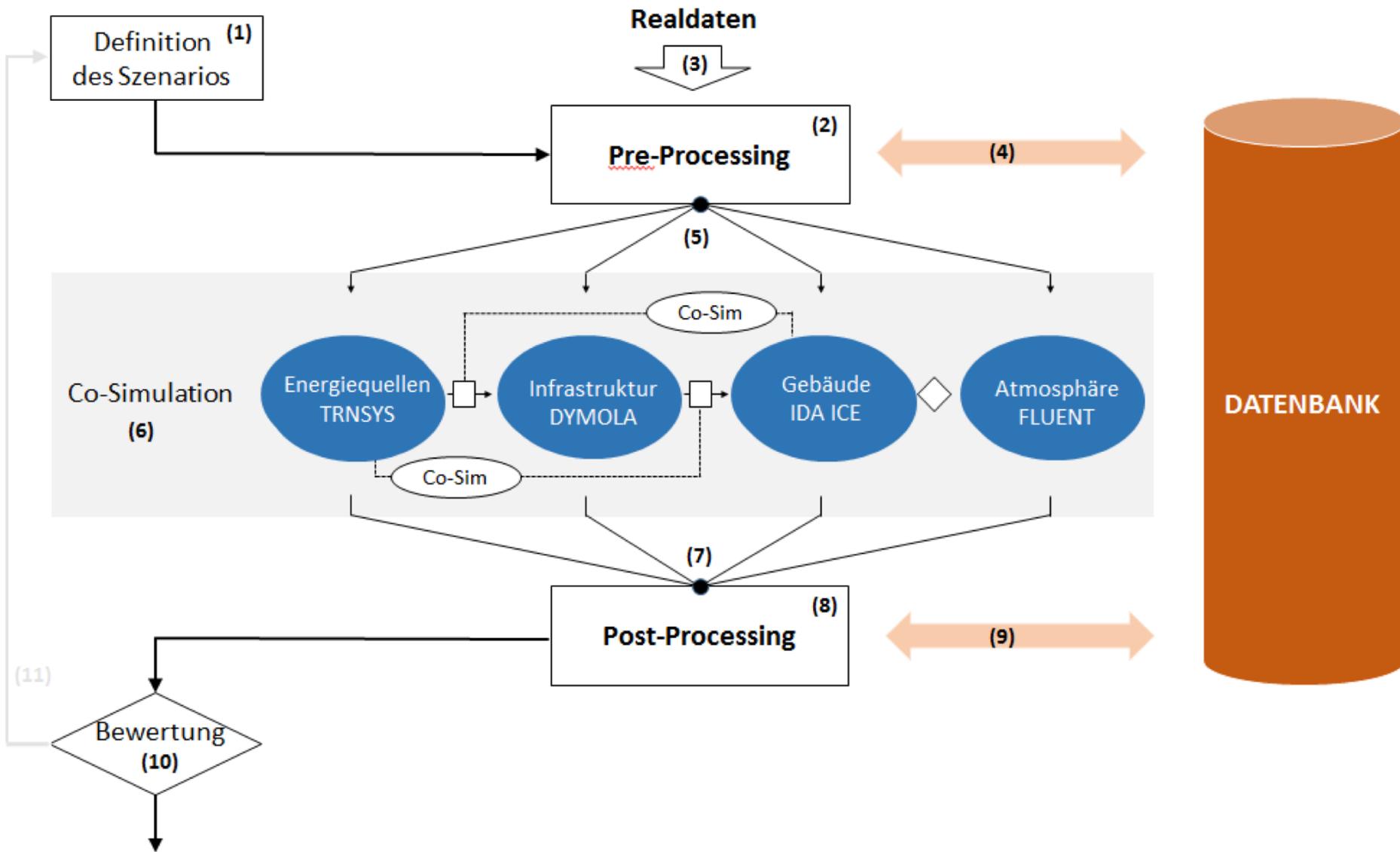




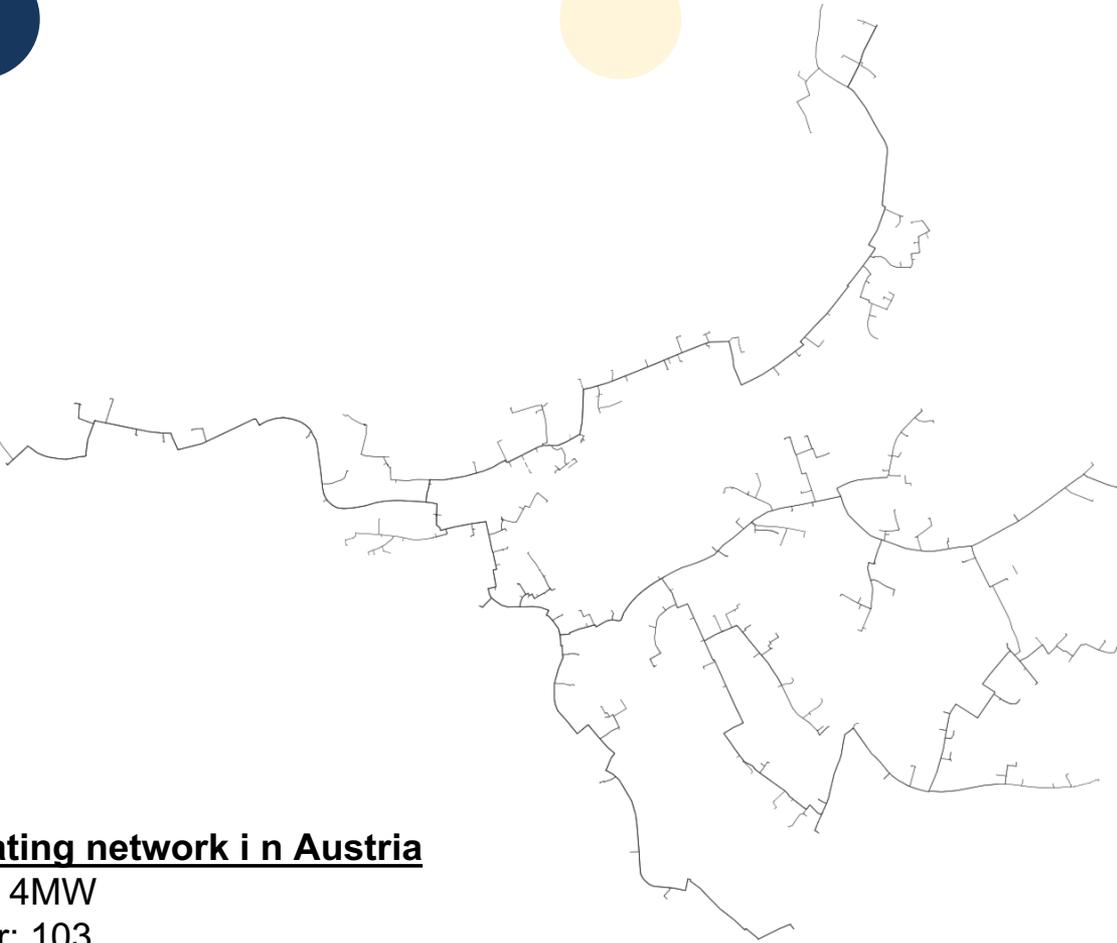
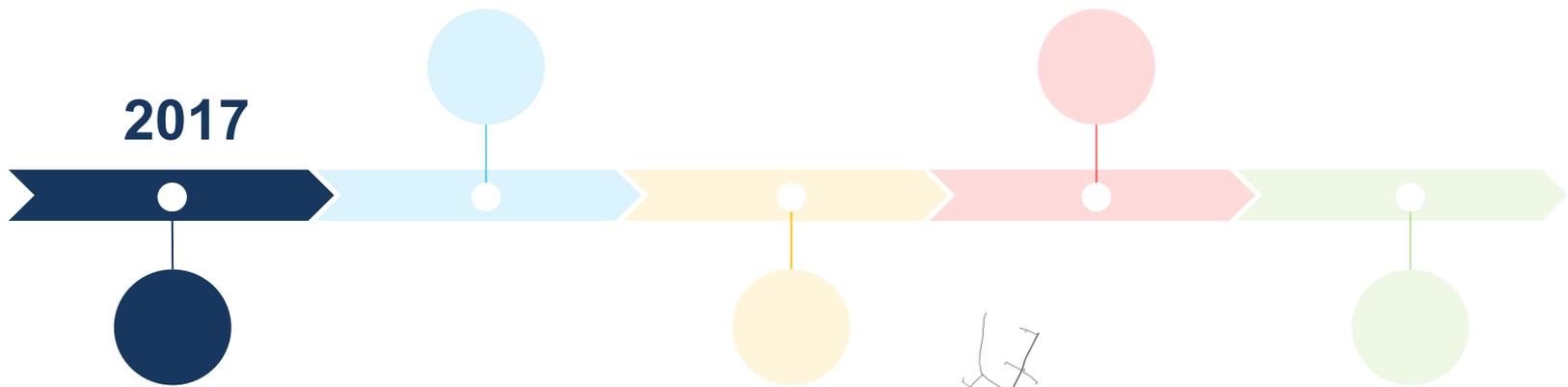






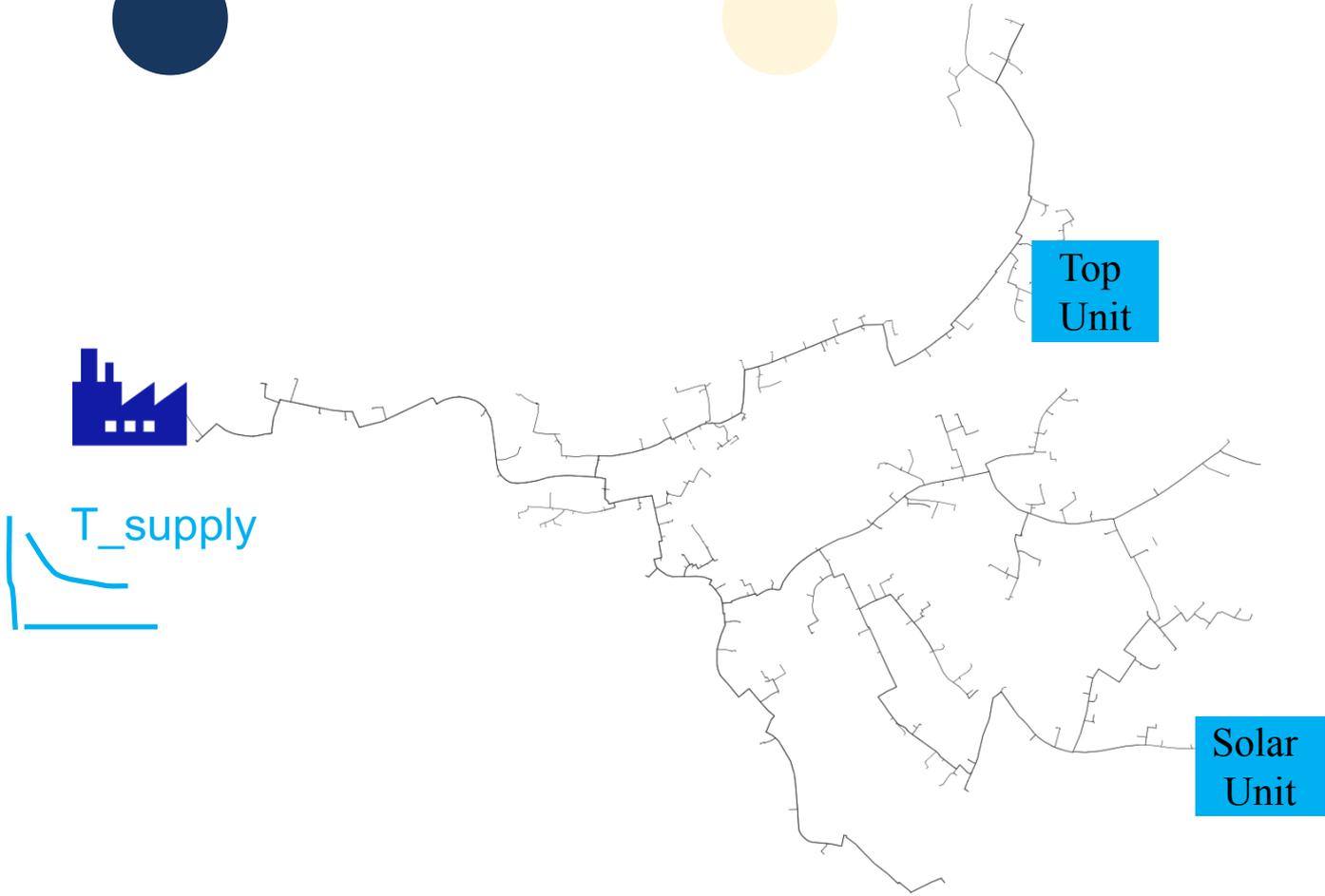
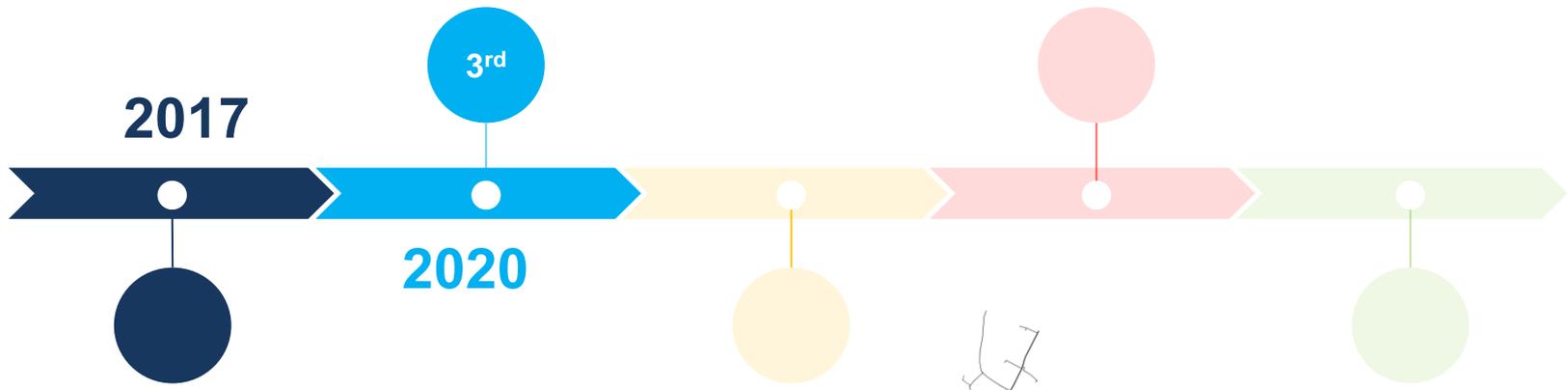


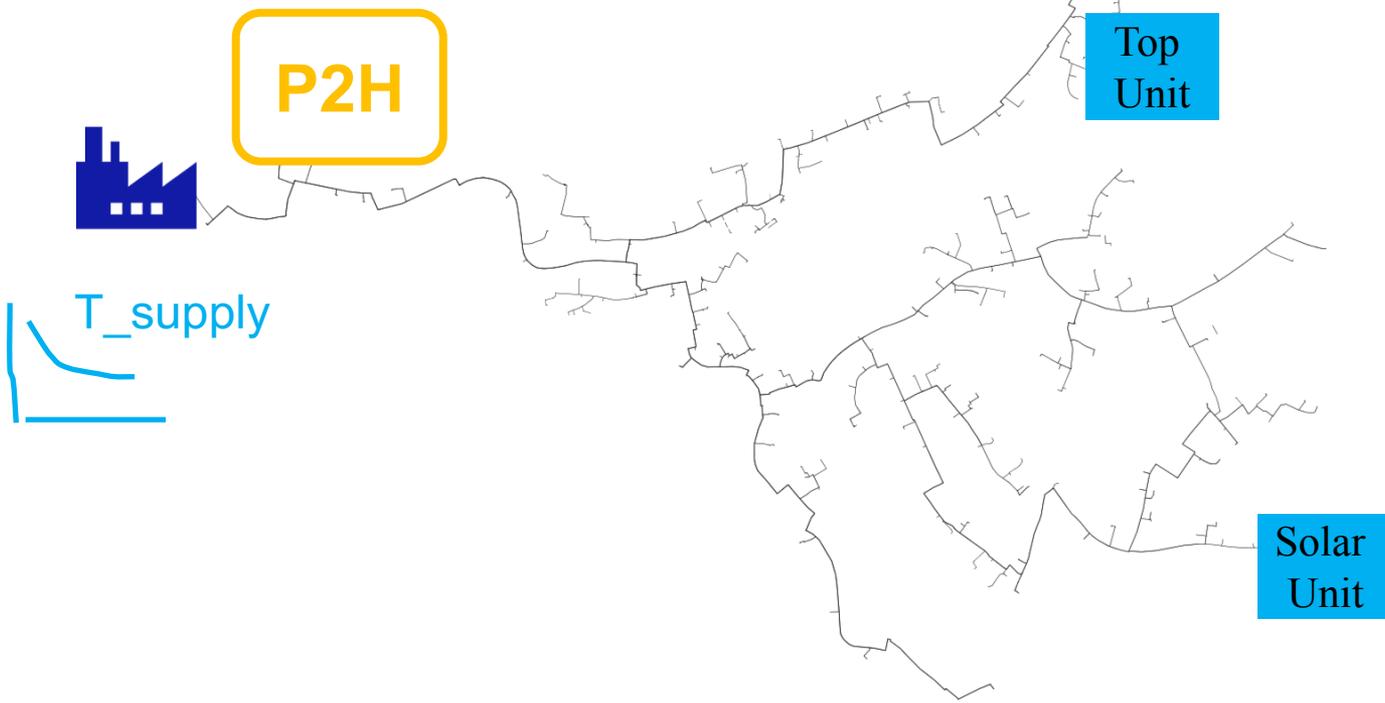
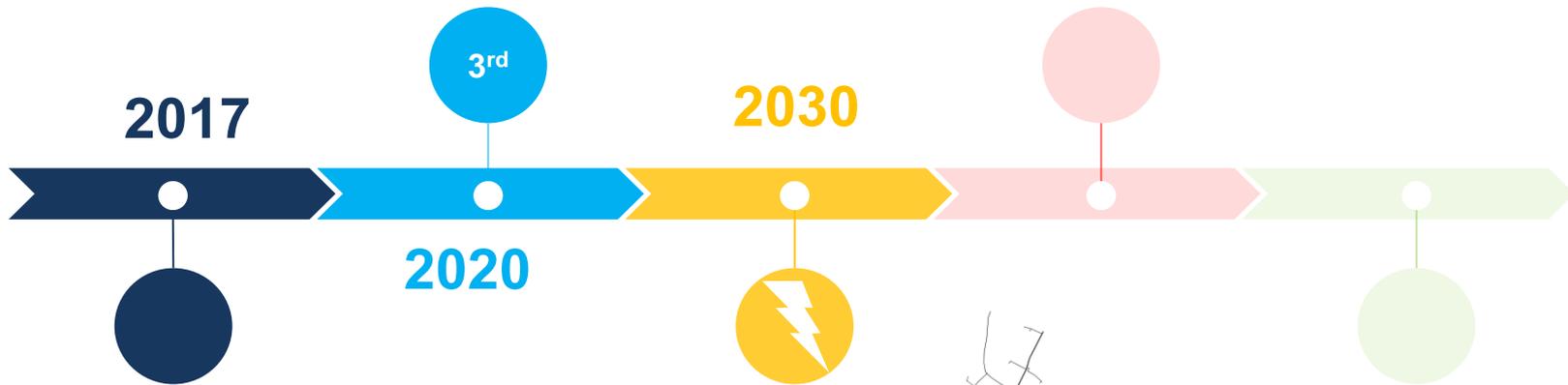
# Anwendung

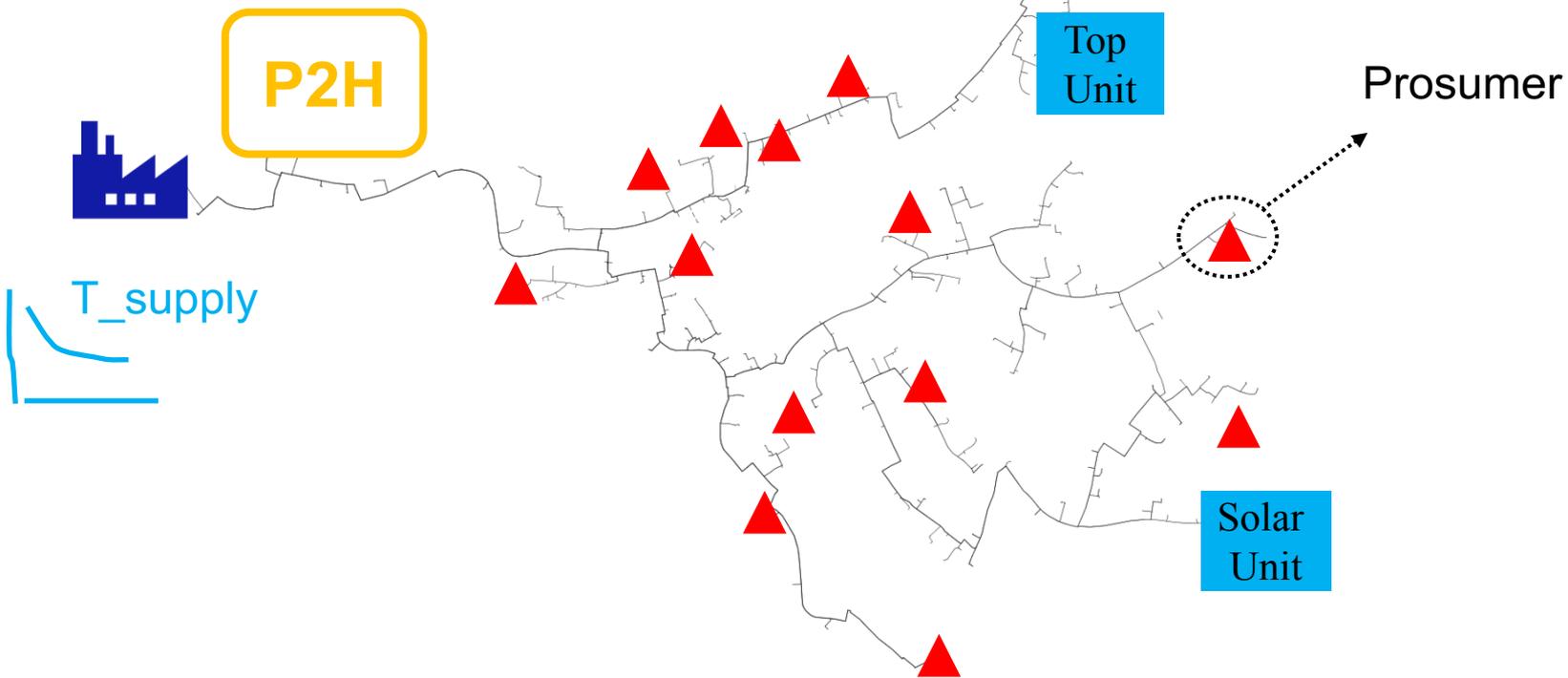
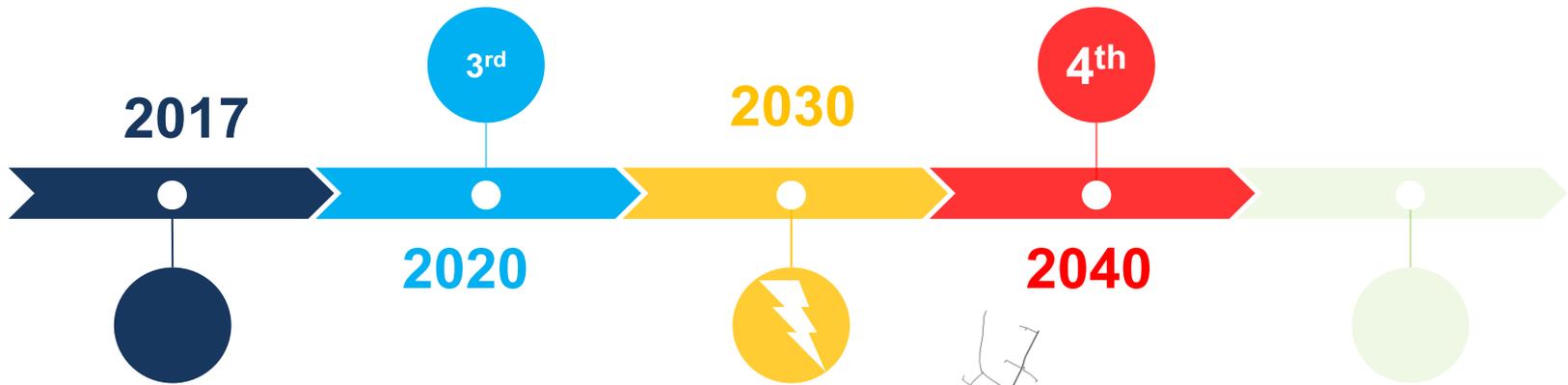


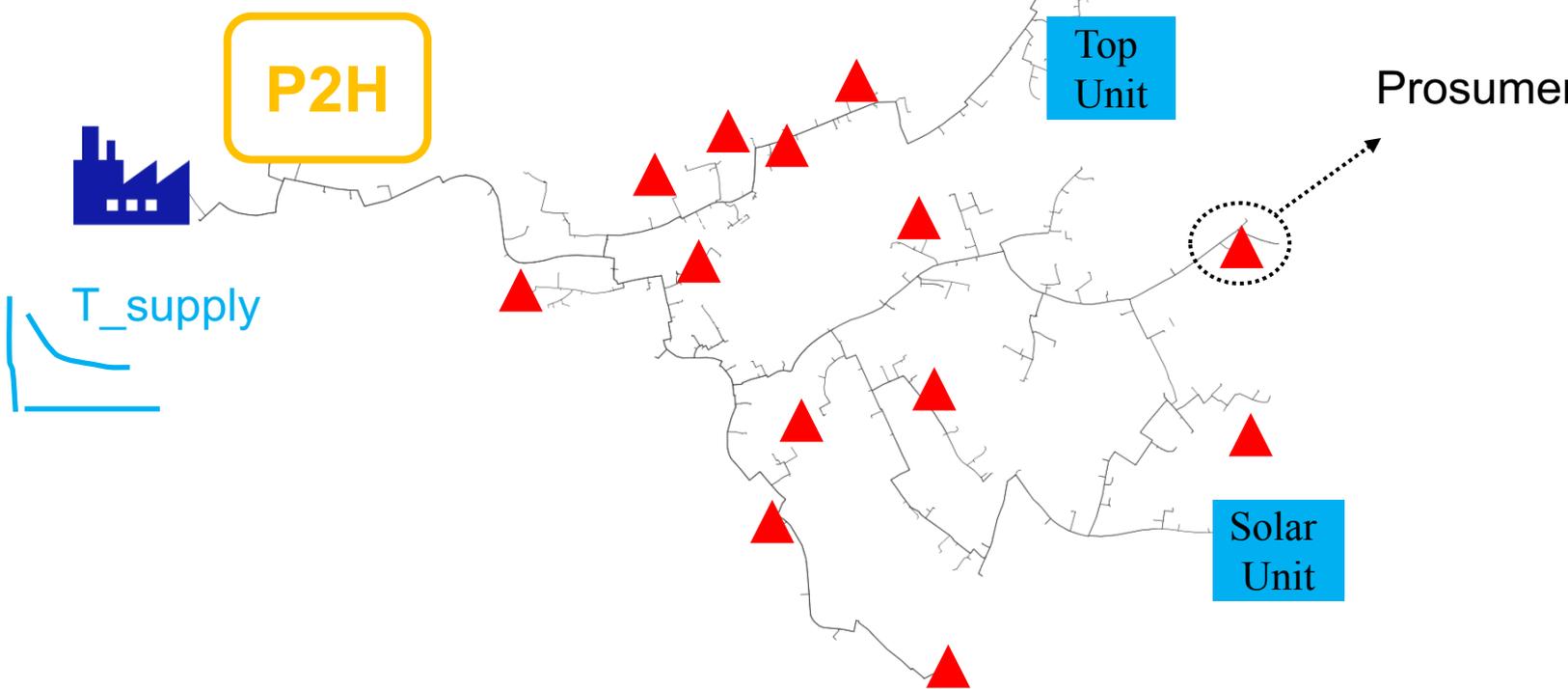
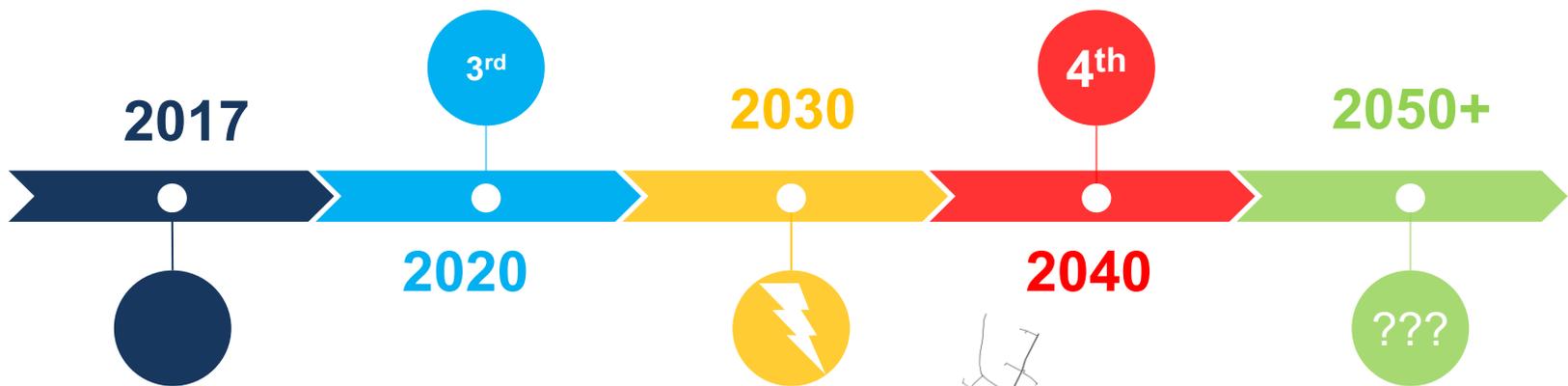
**District Heating network i n Austria**

- Base Unit 4MW
- Consumer: 103
- Total length: 14.000m
- Loop

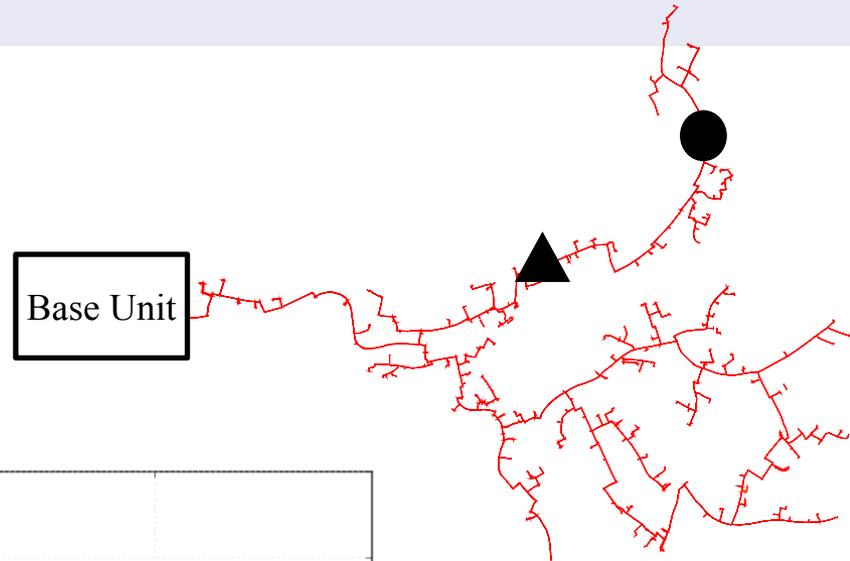




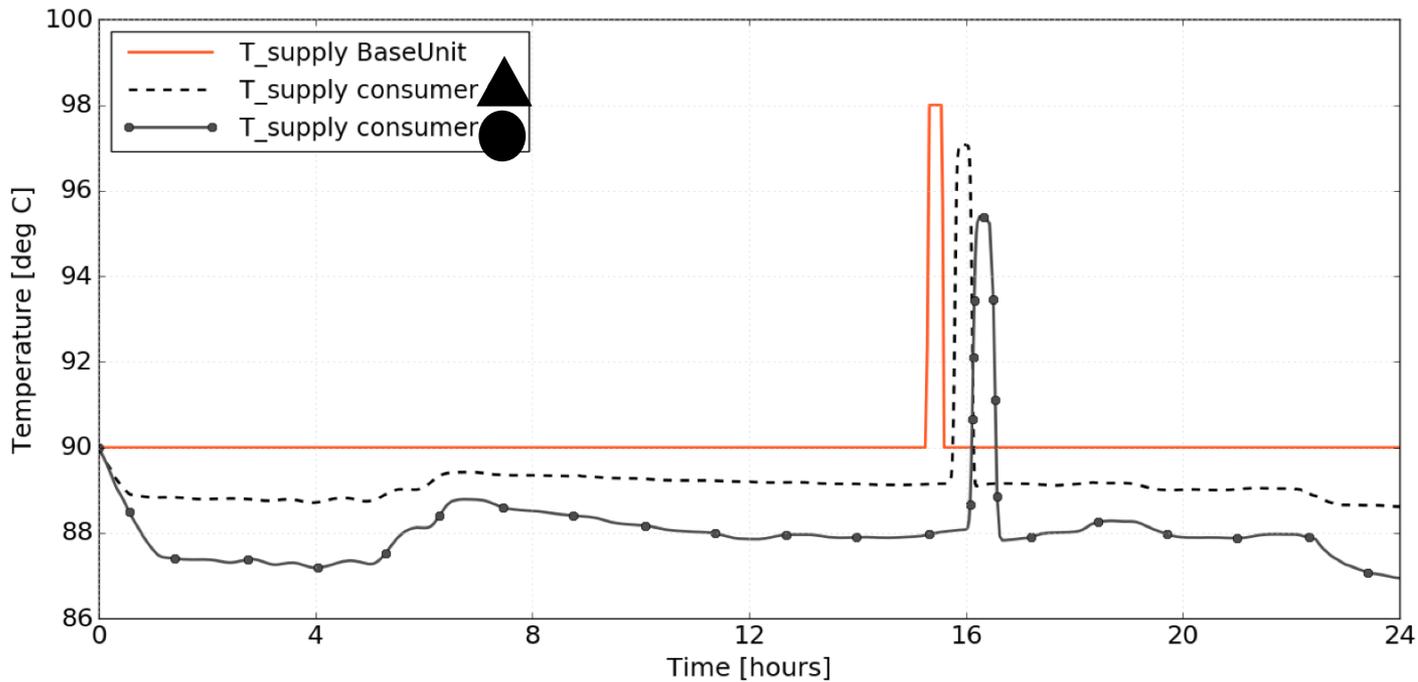




# Use Case Simulation “Future district heating systems”

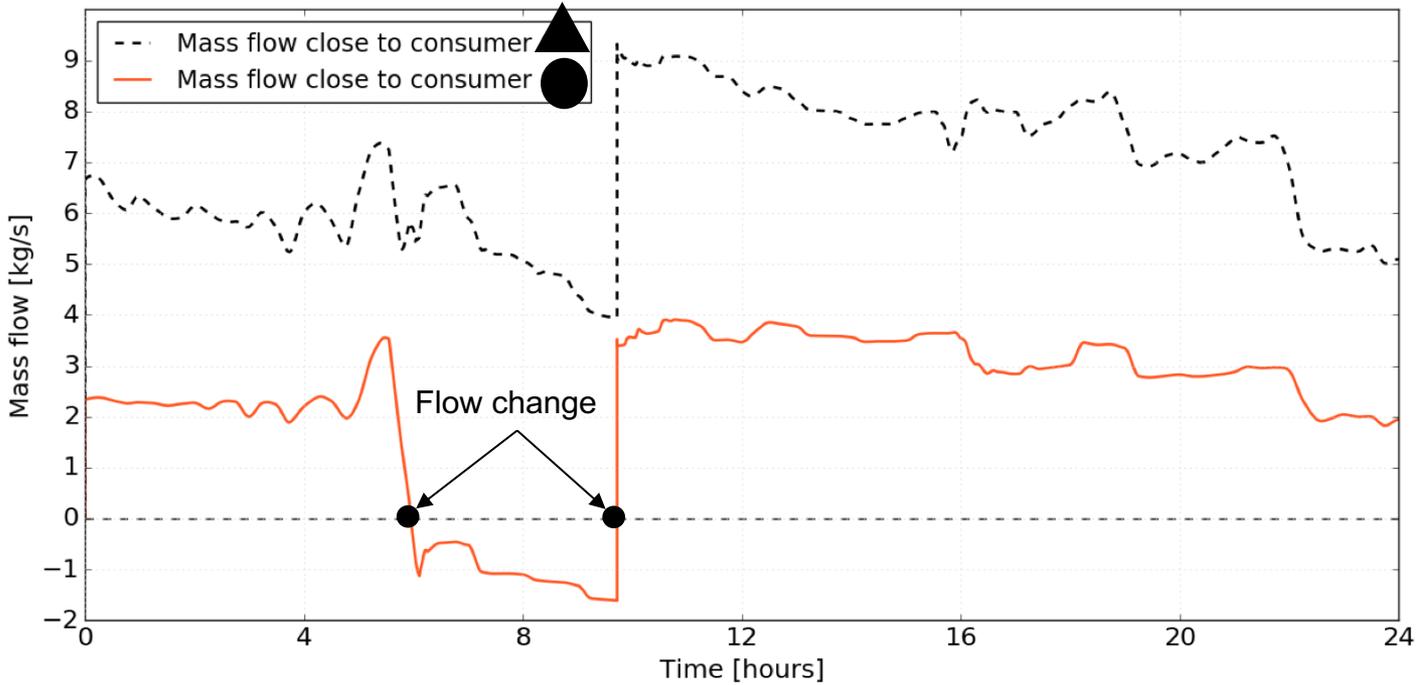
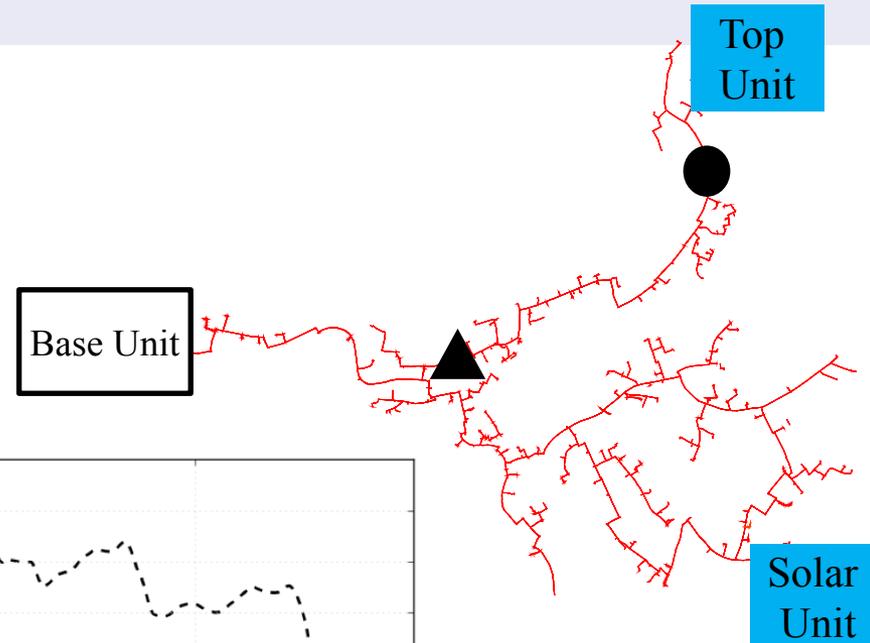


**Temperature wave propagation**



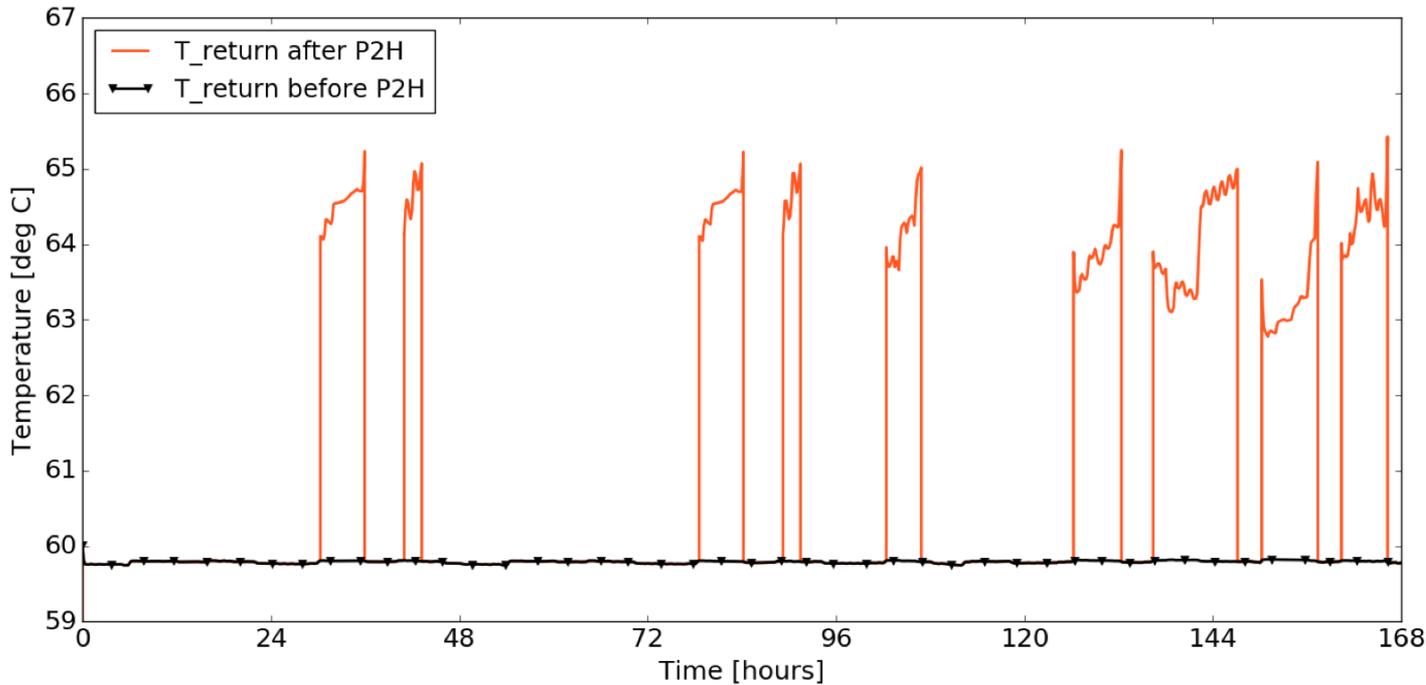
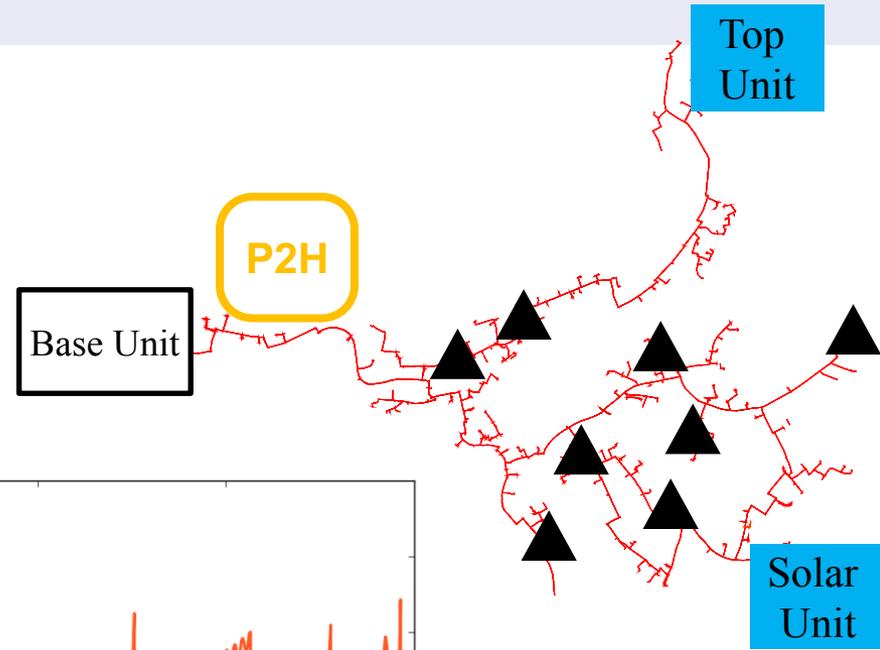
# Use Case Simulation “Future district heating systems”

## Reverse and zero flow



# Use Case Simulation “Future district heating systems”

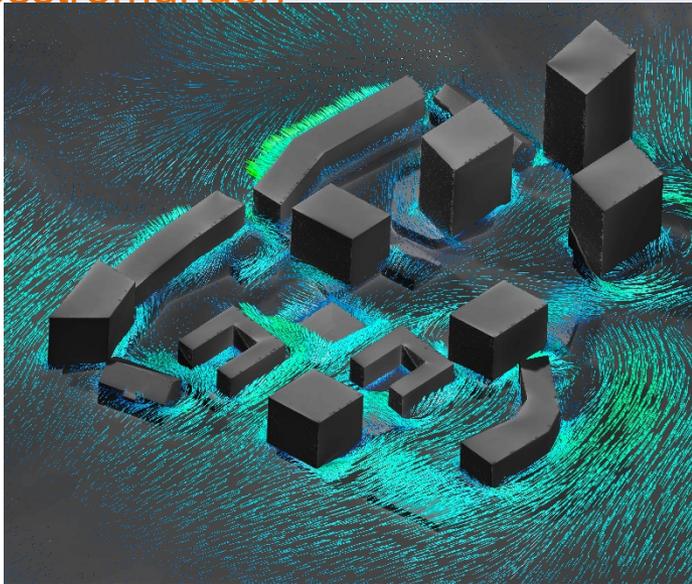
## Integration of Power-to-Heat and Prosumer



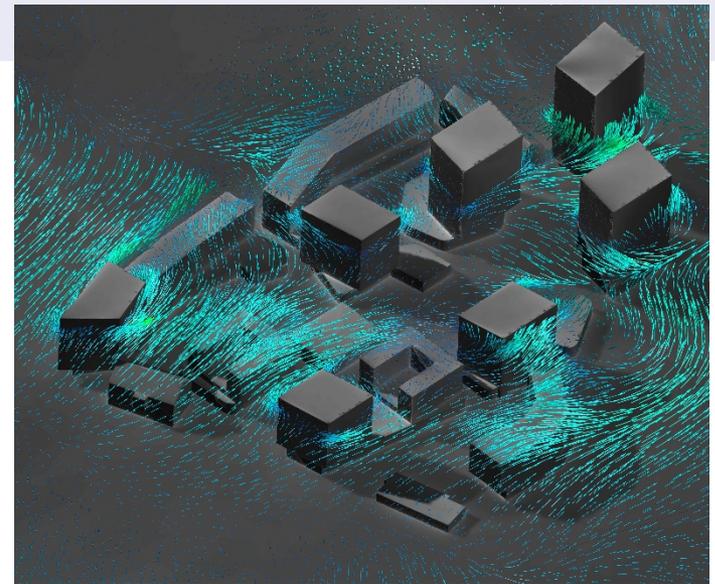
# Thermisches Verhalten und Auftriebsströmungen

AEE INTEC

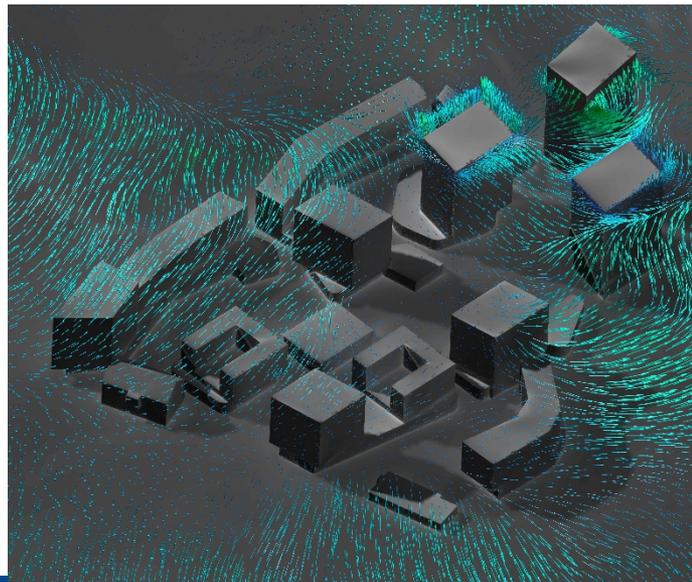
10 m



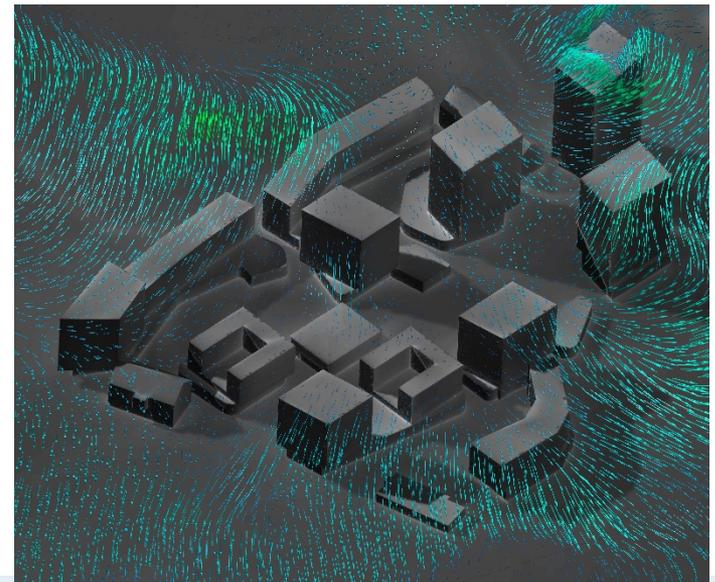
30 m



50 m



70 m



- Large-Scale Anwendungen
- Integration von Designe-Optimierung und modellprädiktiver Regelung
- 1999: „Myth of accuracy“ - relationship of accuracy and value → 2018?

An aerial photograph of a modern architectural complex. The buildings feature large glass facades and are surrounded by a paved courtyard and green spaces. A prominent feature is a large, tilted solar panel array in the foreground. The sky is clear and blue. In the background, there are trees and other residential buildings.

**AEE INTEC**

**IDEA TO ACTION**

**Thank you  
for your attention**