

Prof. Dr.-Ing. habil. Leon Urbas  
Professur für Prozessleittechnik & Arbeitsgruppe Systemverfahrenstechnik

## **1.3 Grundlagen der systemverfahrenstechnischen Modellierung und Simulation**

### **1. Einführung in die Systemverfahrenstechnik**

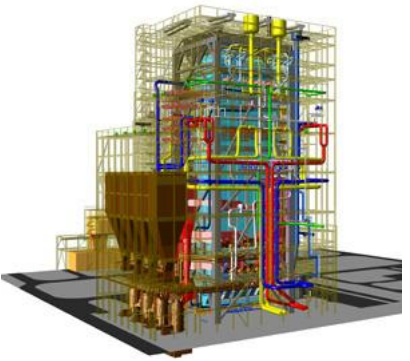
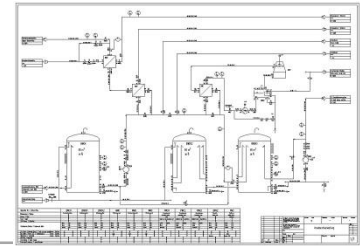
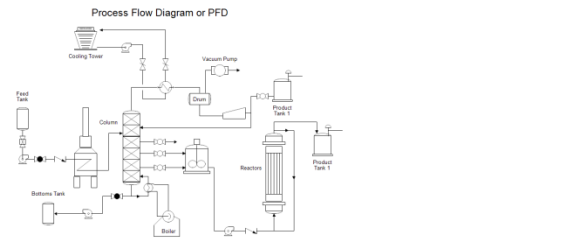
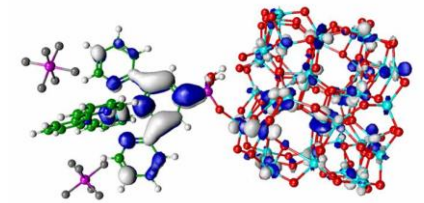
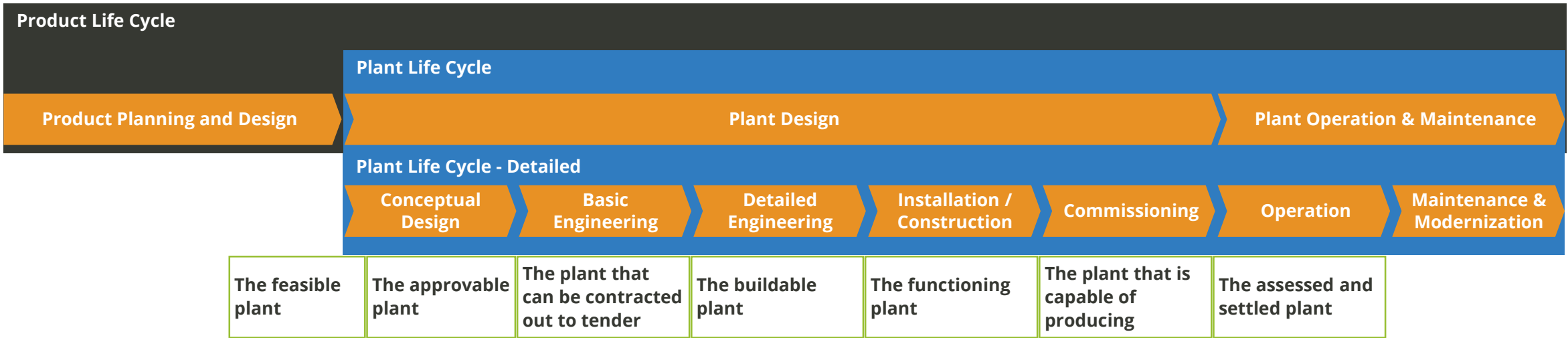
Lehrveranstaltung Systemverfahrenstechnik, 2020

# Überblick

- 1.1 Aufgaben und Gegenstand der Disziplin
- 1.2 Strukturierung und Hierarchie verfahrenstechnischer Systeme
- 1.3 **Grundlagen der systemverfahrenstechnischen Modellierung und Simulation**
- 1.4 Modellarten, Modellierungsstrategien und Simulationswerkzeuge

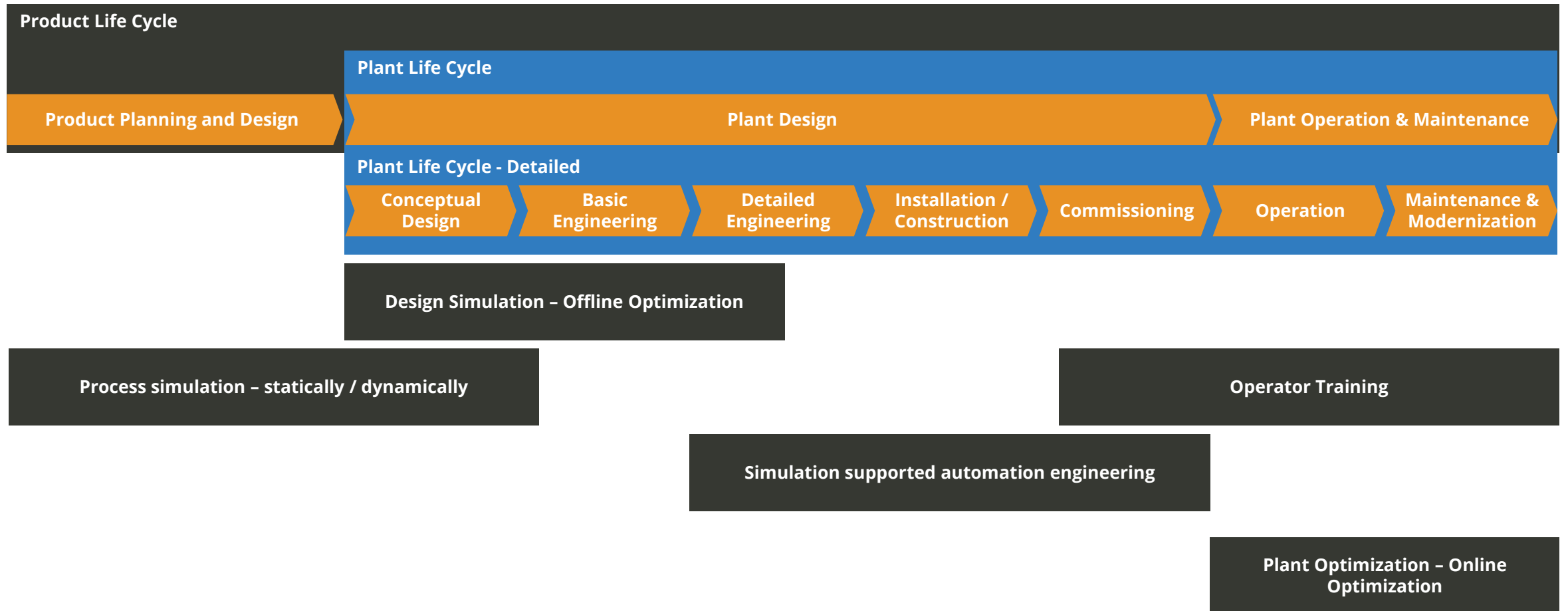
# Lebenszyklus konventioneller Prozessanlagen

Life Cycle  
NA35-Objectives  
Emergence of a plant



Quellen: NAMUR Worksheet 35 und Urbas, Leon: Process Control Systems Engineering, 2012

# Simulation im Lebenszyklus konventioneller Prozessanlagen



Quellen: NAMUR Worksheet 35 und Urbas, Leon: Process Control Systems Engineering, 2012

# Begriffe

**Modell:** Für einen Beobachter B ist ein Objekt  $A^*$  ein Modell in dem Maße in dem  $A^*$  geeignet ist die Fragen von B zu A zu beantworten (Minsky 1965).

**Mathematisches Modell:** Ein Triple  $(S, Q, M)$  mit einem System  $S$ , einer Frage  $Q$  über  $S$  und einem Satz von mathematischen Aussagen  $M = \{\Sigma_1, \Sigma_2, \dots, \Sigma_3\}$  die die Frage  $Q$  beantworten können (Velten 2009).

**Simulation:** Beantwortung von Fragen über ein Systems durch zielgerichtete Experimente am mathematischen Modell des Systems (nach Velten 2009, Klöden 2008)

# Vorgehensmodell Modellierung und Simulation (nach Velten 2009)

## 1. Problemanalyse

- Definition des zu lösenden Problems bzw. der zu beantwortenden Frage

## 2. Systemanalyse

- Identifikation der Systemelemente, die für Fragestellung relevant sind

## 3. Modellierung

- Entwicklung eines Modells auf der Basis der Systemanalyse

## 4. Simulation

- Anwendung des Modells auf Fragestellung
- Ableitung einer Lösungsstrategie

## 5. Validierung

- Ist die erlangte Antwort auch für das reale System anwendbar?

# Schritt 1: Problemanalyse

Definition des Ziels der Untersuchung, beispielsweise

- Vorhersage des Systemverhaltens
- Überprüfung, Bewertung, Vergleich und Optimierung von Parametern und Strukturen
- Untersuchung kritischer Zustände und sicherheitsrelevanter Szenarien.
- Prozessbegleitende Simulation für Beobachtung oder Vorhersage
- Training, Ausbildung und Überprüfung des Bedienpersonals

Anforderungen, Untersuchungsformen und Kosten

- Eigenschaften? Genauigkeit? Gültigkeit?
- *Orientierende Untersuchungen*: überschlägig, qualitativ
- *Grob-/Feinuntersuchungen*: quantitativ, mit untersch. Genauigkeitsanforderungen

# Schritt 2: Systemanalyse

## Systemzerlegung (Dekomposition)

- Wahl einer zweckmäßigen Betrachtungsebene
- Auswahl der zu beschreibenden Elemente

## Modellbildung für die Elemente

- Theoretische/experimentelle Prozessanalyse
- Ein-/Ausgangsbeschreibungen

## Beschreibung der Systemstruktur

- Kopplungsterme

## Analyse des Gleichungssystems

- Eigenschaften
- Vereinfachung
- Diskussion von Lösungsverfahren

# Schritt 3: Modellierung

## Modellbildung

- Theoretische/experimentelle Prozessanalyse
- Ein-/Ausgangsbeschreibungen

## Analyse des Gleichungssystems

- Eigenschaften
- Vereinfachung

# Prozessmodellierung = heterogener Modellverbund

## First Principles

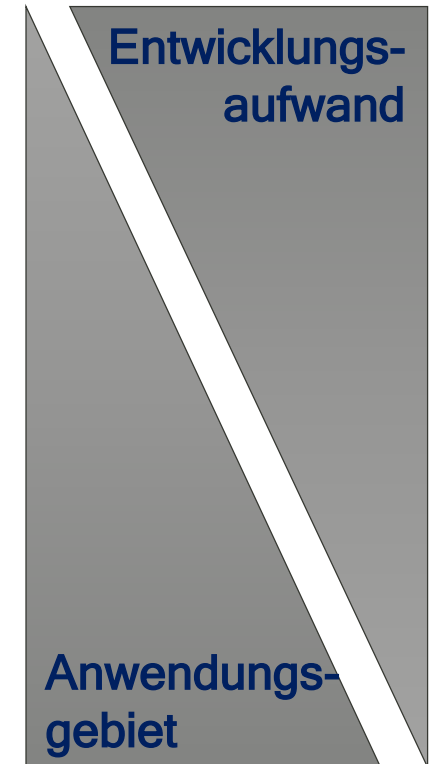
- Physikalisch-chemische Bilanz- und Transportmodelle (DAE)
- Regelbasierte Modelle (Logik)

## Hybride Modelle

- Theoriegeleitete Short-Cut-Modelle
- Neuro Fuzzy Modelle

## Empirische Modelle

- Regressionsmodelle
- Klassifikatormodelle (kNN, SVM, Entscheidungsbaum, DBN)



# Empfehlung für Selbststudium

Klöden, W. (2008). Skript Systemverfahrenstechnik. Technische Universität Dresden, S. 2-1 bis 2-5

Velten, K. (2009). *Mathematical Modeling and Simulation: Introduction for Scientists and Engineers*. Wiley-VCH.  
<https://doi.org/10.1002/9783527627608> S. 1-45



**PROCESS CONTROL SYSTEMS** **PROCESS SYSTEMS ENGINEERING**

Prof. Dr.-Ing. habil. Leon Urbas  
Email: [leon.urbas@tu-dresden.de](mailto:leon.urbas@tu-dresden.de)  
Telefon: 0351 463 39614

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**