

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

1.2 Strukturierung und Hierarchie verfahrenstechnischer Systeme

1. Einführung in die Systemverfahrenstechnik

Lehrveranstaltung Systemverfahrenstechnik

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

Vom kybernetischen Systembegriff ...

Das verfahrenstechnische **System** ist der Gegenstand der Systemverfahrenstechnik.

Ein System im kybernetischen Sinne

$$S = (E, \Sigma)$$

mit

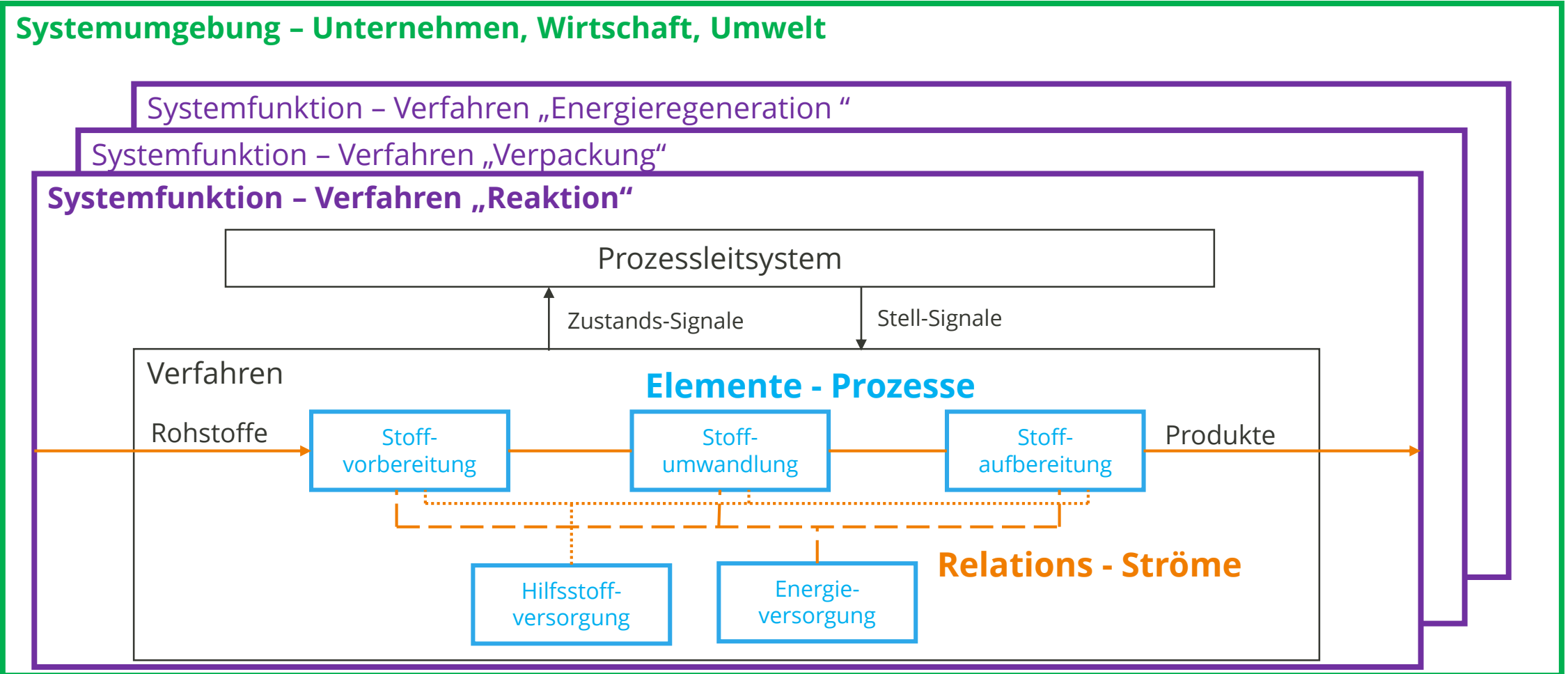
E - Menge der **Elemente** eines Systems

Σ - Menge der **Relationen** zwischen den Elementen (Struktur, Topologie, Mereologie)

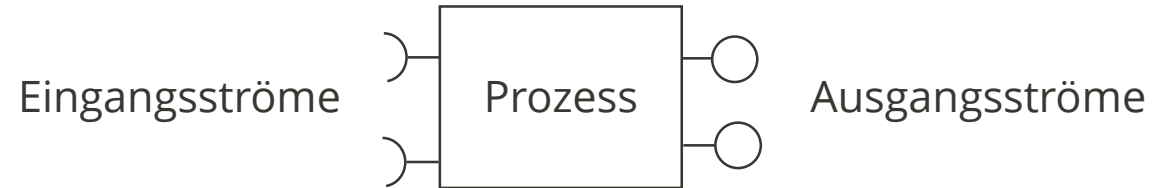
.. zur Spezifikation für verfahrenstechnische Systeme

Kybernetischer Systembegriff	Verfahrenstechnisches System
Elemente	Prozesse - der Stoff- und Energiewandlung - des Stoff- und Energietransportes - der Stoff- und Energiespeicherung
Struktur (Relationen zwischen den Elementen)	Stoff-, Energie- und Informationsströme zwischen den Elementen
Systemfunktion	Realisierung komplexer industrieller Stoff-und Energiewandlungsprozesse
Systemumgebung	Im engeren Sinne: - das Unternehmen Im erweiterten Sinne: - die Wirtschaft - die Umwelt

Verfahrenstechnische Systeme



Elemente = Prozesse



Eigenschaften:

- Schnittstellen: Anzahl und Art der Eingangs- und Ausgangsströme
 - Prozess- und Flowsheet-Simulation
 - Port-Modell
- Mathematisches Modell
- Verhalten: stationär oder instationär
- Prozesstechnische Funktion – Betrachtungsebene-bezogen!

Überblick über Standardformen mathematischer Modellgleichungen und -gleichungssysteme

		Ortsabhängigkeit der Zustandsgrößen	
		Konzentriertes Verhalten (Keine Ortsabhängigkeit)	Verteiltes Verhalten (Ortsabhängige Größen)
Zeitabhängigkeit der Zustandsgrößen	Stationäres Verhalten	Algebraische Gleichungen und Gleichungssysteme	Gewöhnliche Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme (Randwertprobleme (RWP))
			Gewöhnliche Differential-Algebraische Gleichungssysteme (RWP)
			Partielle Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme (RWP)
			Partielle Differential-Algebraische Gleichungssysteme (RWP)
Dynamisches Verhalten		Gewöhnliche Differentialgleichungen und Differentialgleichungssystem (Anfangswertprobleme (AWP))	Partielle Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme (Anfangs- und Randwertprobleme (AWRWP))
		Gewöhnliche Differential-Algebraische Gleichungssysteme (AWP)	Partielle Differential-Algebraische Gleichungssysteme (AWRWP)

Überblick über Standardformen mathematischer Modellgleichungen und -gleichungssysteme

		Ortsabhängigkeit der Zustandsgrößen	
		Konzentriertes Verhalten (Keine Ortsabhängigkeit)	Verteiltes Verhalten (Ortsabhängige Größen)
Zeitabhängigkeit der Zustandsgrößen	Stationäres Verhalten	Algebraische Gleichungen und Gleichungssysteme <div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">PAVP</div>	Gewöhnliche Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme (Randwertprobleme (RWP))
			Gewöhnliche Differential-Algebraische Gleichungssysteme (RWP)
			Partielle Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme (RWP)
			Partielle Differential-Algebraische Gleichungssysteme (RWP)
Dynamisches Verhalten	Gewöhnliche Differentialgleichungen und Differentialgleichungssystem (Anfangswertprobleme (AWP))	Partielle Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme (Anfangs- und Randwertprobleme (AWRWP))	
	Gewöhnliche Differential-Algebraische Gleichungssysteme (AWP)	Partielle Differential-Algebraische Gleichungssysteme (AWRWP)	

Überblick über Standardformen mathematischer Modellgleichungen und -gleichungssysteme

		Ortsabhängigkeit der Zustandsgrößen	
		Konzentriertes Verhalten (Keine Ortsabhängigkeit)	Verteiltes Verhalten (Ortsabhängige Größen)
Zeitabhängigkeit der Zustandsgrößen	Stationäres Verhalten	Algebraische Gleichungen und Gleichungssysteme SVT	Gewöhnliche Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme (Randwertprobleme (RWP))
			Gewöhnliche Differential-Algebraische Gleichungssysteme (RWP)
			Partielle Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme (RWP)
			Partielle Differential-Algebraische Gleichungssysteme (RWP)
Dynamisches Verhalten	Gewöhnliche Differentialgleichungen und Differentialgleichungssystem (Anfangswertprobleme (AWP))	Partielle Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme (Anfangs- und Randwertprobleme (AWRWP))	
	Gewöhnliche Differential-Algebraische Gleichungssysteme (AWP)	Partielle Differential-Algebraische Gleichungssysteme (AWRWP)	

Überblick über Standardformen mathematischer Modellgleichungen und -gleichungssysteme

		Ortsabhängigkeit der Zustandsgrößen	
		Konzentriertes Verhalten (Keine Ortsabhängigkeit)	Verteiltes Verhalten (Ortsabhängige Größen)
Zeitabhängigkeit der Zustandsgrößen	Stationäres Verhalten	Algebraische Gleichungen und Gleichungssysteme	Gewöhnliche Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme (Randwertprobleme (RWP))
			Gewöhnliche Differential-Algebraische Gleichungssysteme (RWP)
			Partielle Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme (RWP)
			Partielle Differential-Algebraische Gleichungssysteme (RWP)
	Dynamisches Verhalten	Gewöhnliche Differentialgleichungen und Differentialgleichungssystem (Anfangswertprobleme (AWP))	Partielle Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme (Anfangs- und Randwertprobleme (AWRWP))
		Gewöhnliche Differential-Algebraische Gleichungssysteme (AWP)	Partielle Differential-Algebraische Gleichungssysteme (AWRWP)

TPA

Überblick über Standardformen mathematischer Modellgleichungen und -gleichungssysteme

		Ortsabhängigkeit der Zustandsgrößen	
		Konzentriertes Verhalten (Keine Ortsabhängigkeit)	Verteiltes Verhalten (Ortsabhängige Größen)
Zeitabhängigkeit der Zustandsgrößen	Stationäres Verhalten	Algebraische Gleichungen und Gleichungssysteme	Gewöhnliche Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme (Randwertprobleme (RWP))
			Gewöhnliche Differential-Algebraische Gleichungssysteme (RWP)
			Partielle Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme (RWP)
			Partielle Differential-Algebraische Gleichungssysteme (RWP)
Dynamisches Verhalten		Gewöhnliche Differentialgleichungen und Differentialgleichungssystem (Anfangswertprobleme (AWP))	Partielle Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme (Anfangs- und Randwertprobleme (AWRWP))
		Gewöhnliche Differential-Algebraische Gleichungssysteme (AWP)	Partielle Differential-Algebraische Gleichungssysteme (AWRWP)

SimOpt

Elemente = Prozesse

Elemente des Systems sind Betrachtungsebene-bezogen und kann sein:

Prozesseinheit

- Grundprozess

Prozessgruppe

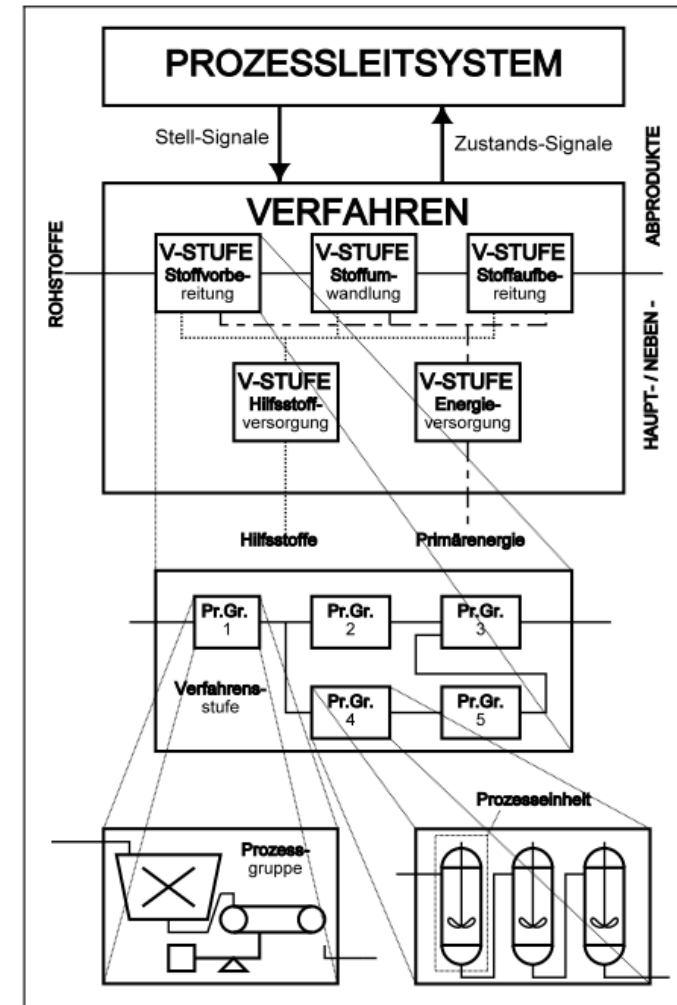
- Kopplung von Prozesseinheiten zur Erfüllung einer überschaubaren, abgegrenzten Funktion

Verfahrensstufe

- Komplexe Stoffwandlungseinheit (Vorbereitung, Wandlung, Aufbereitung)

Verfahren

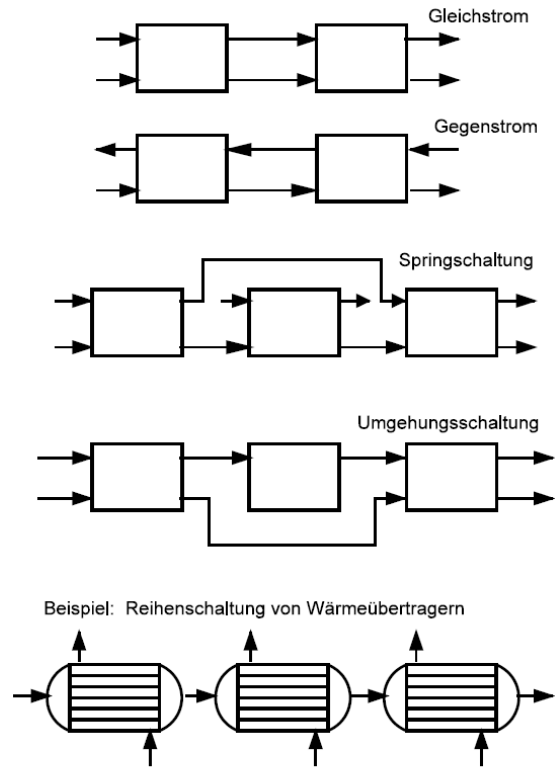
- Gesamtheit der Verfahrensstufen für die Erzeugung eines Produkts



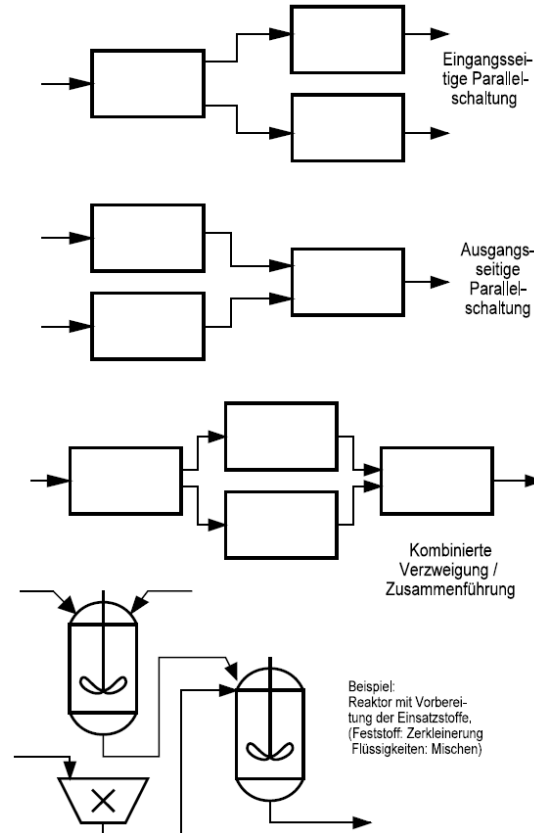
(Bildquelle: Klöden, 2008)

Relationen = Ströme

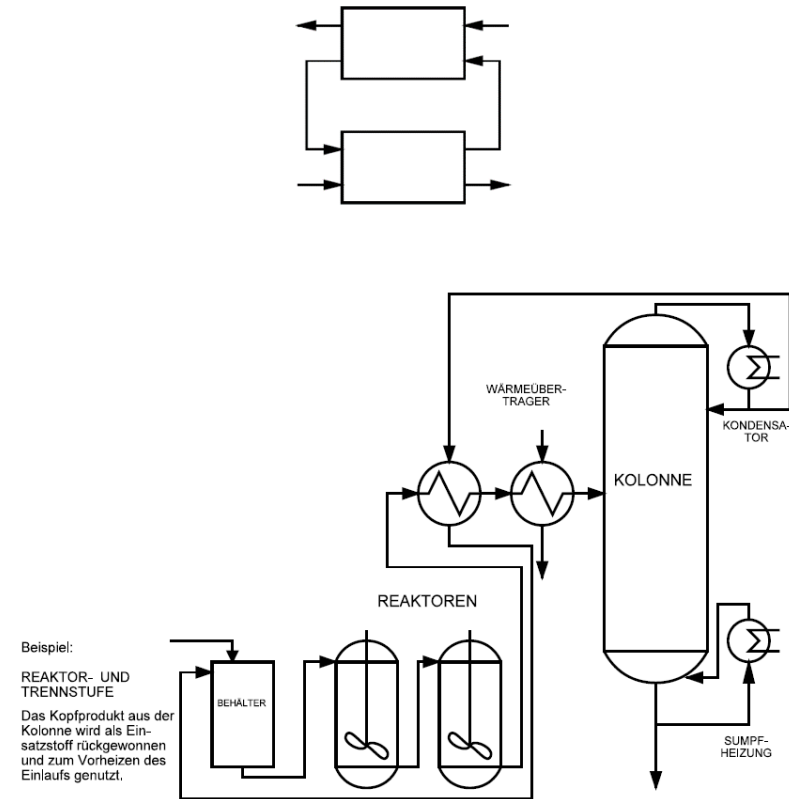
Grundsaltungen:



Reihenschaltung

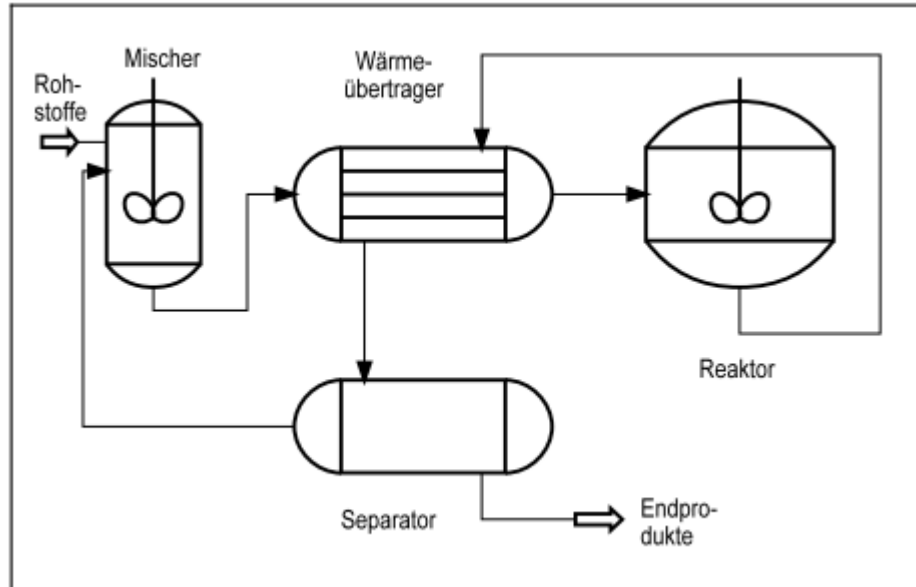


Parallelschaltung



Rückführungsschaltung

Abbildung der Kopplungsstruktur durch Kopplungsmatrix (Adjazenz, Laplace)



(Bildquelle: Klöden, 2008)

	RS	M	WÜ	R	S	EP
RS		1				
M			1			
WÜ				1	1	
R			1			
S		1				1
EP						

Eingangsknoten: leere Spalte

Endknoten: leere Zeile

Recycle: keine obere/untere Dreiecksmatrix herstellbar

Abbildung der Kopplungsstruktur durch Kopplungslisten

Eingangsseitig

M: RS, S

WÜ: M, R

R: WÜ

S: WÜ

EP: S

Ausgangsseitig

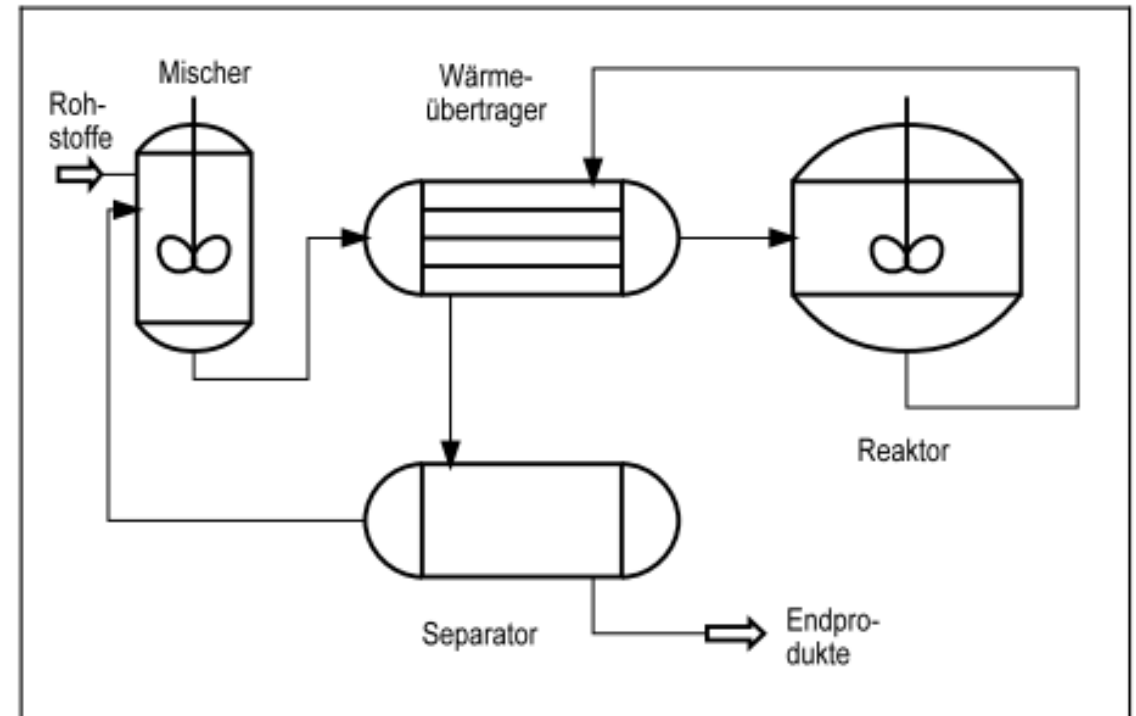
RS: M

M: WÜ

WÜ: R, S

R: WÜ

S: M, EP



(Bildquelle: Klöden, 2008)

Empfehlung für Selbststudium

Klöden, W. (2008). Skript Systemverfahrenstechnik. Technische Universität Dresden, S. 1-4 bis 1-11

Lorenz Biegler; Ignacio Grossmann; Arthur Westerberg. (1999). Systematic Methods of Chemical Process Design. Prentice Hall PTR., S. 25-51



PROCESS CONTROL SYSTEMS **PROCESS SYSTEMS ENGINEERING**

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

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!