

BETRIEB UND SPEICHERBEWIRTSCHAFTUNG EINER „CLOSED-LOOP“ - POWER-TO-GAS ANLAGE

Thomas Grandl

Benjamin Böckl

Peter Pechtl

Thomas Kienberger

DEPARTMENT FÜR
*Umwelt- & Energieverfahren*STECHNIK



16.2.2018

Inhalt

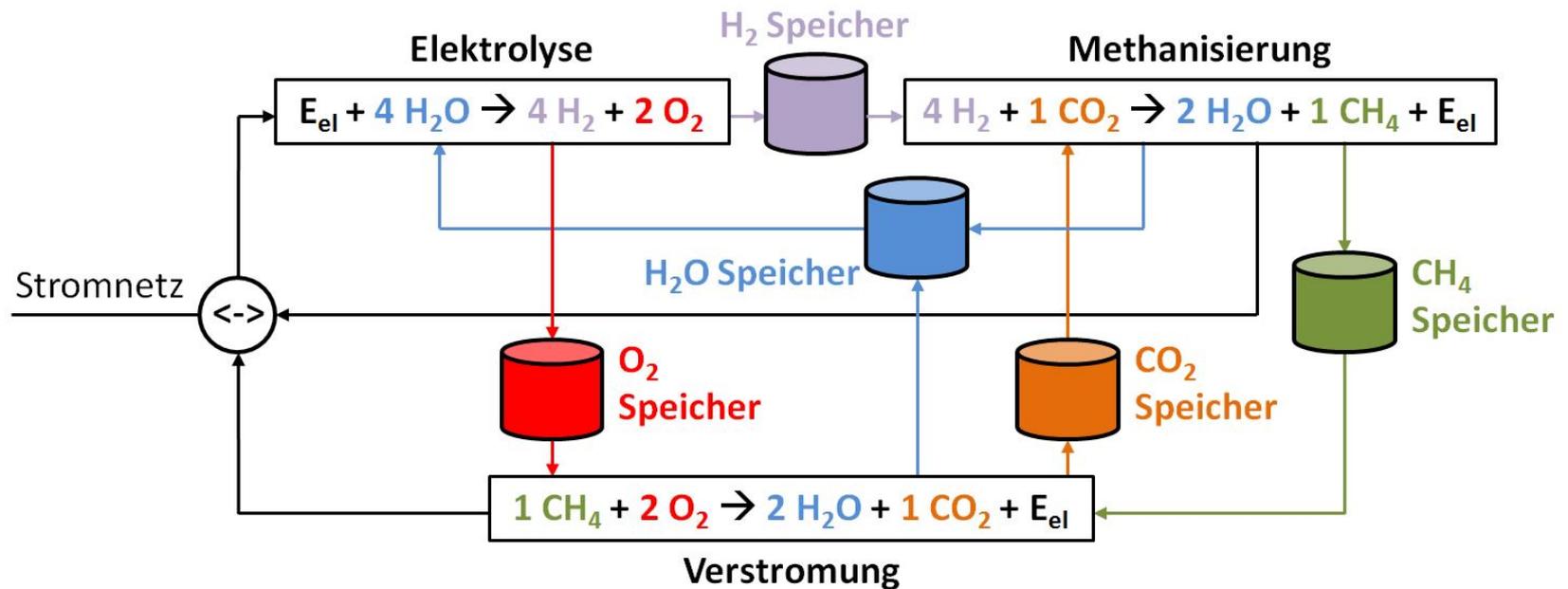
- Motivation
- Konzept
- Modell
 - Elektrolyse
 - Methanisierung
 - Verstromung
 - Gesamtanlage
- Optimierung
 - Auslegung
 - Fahrplanerstellung
- Ergebnisse

Motivation

- Große Fluktuationen im Stromnetz durch Erneuerbare
→ große Residuallasten
 - Ausgleich von Spitzen in der Residuallast
 - Saisonaler Ausgleich
- Saisonaler Ausgleich: Power-To-Gas
- Problem: CO₂-Quelle

Konzept

- Power-To-Gas Anlage im „Closed Loop“ Prinzip



Modell

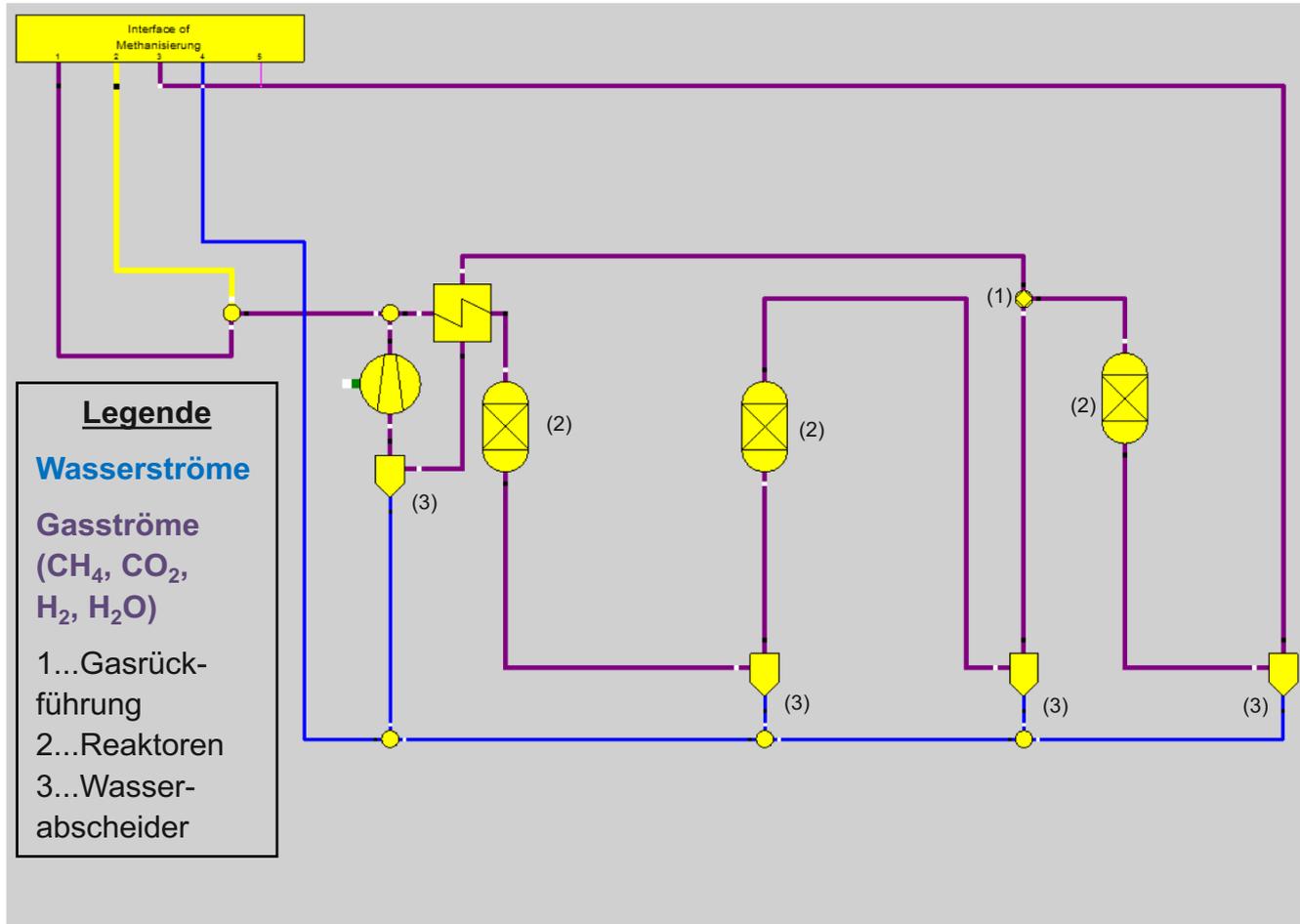
- Entwicklung in „EBSILON Professional“
- Hoher Detaillierungsgrad der einzelnen Komponenten
- Gliederung der Anlage in drei Komponenten
 - Elektrolyse
 - Methanisierung
 - Verstromung

Modell - Elektrolyse

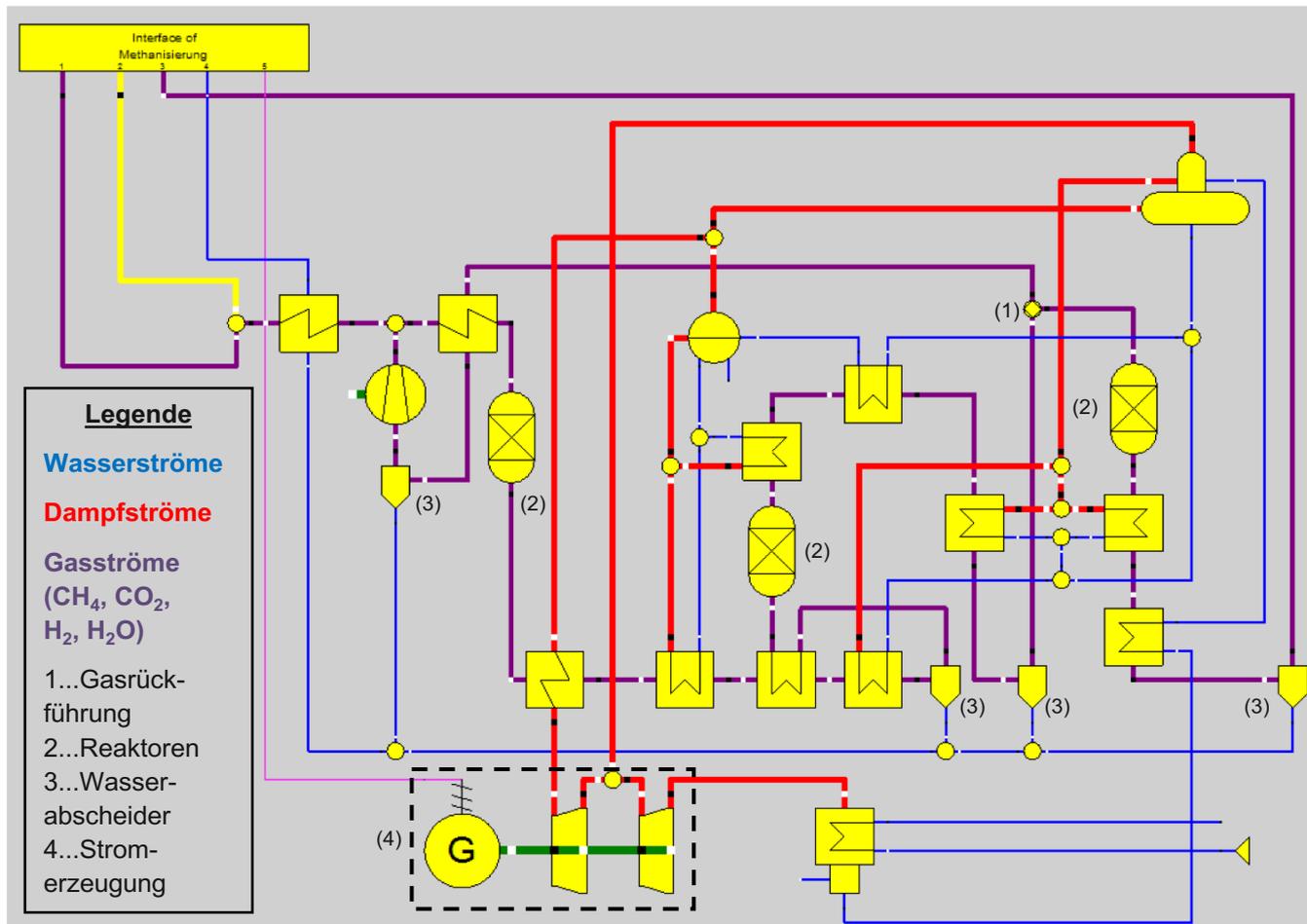
- Baustein als „Black Box“
- Eckdaten:

Betriebsdruck	18 bar
Spezifischer Verbrauch	5.2 kWh/Nm ³ H ₂
Wirkungsgrad bezogen auf Heizwert	57.5 %
Wirkungsgrad bezogen auf Brennwert	68.2 %

Modell - Methanisierung (1)



Modell - Methanisierung (2)



Modell - Methanisierung (3)

- Eckdaten:

Betriebsdruck	18 bar
CH₄ Ausbeute	97 %
Wirkungsgrad	83 %
Brennstoffnutzungsgrad (inklusive Stromerzeugung)	89,6 %

Modell - Gesamtbetrachtung

- Eckdaten:

Gesamtwirkungsgrad (exkl. Verstromung der Methanisierung)	18,4 %
Gesamtwirkungsgrad (inkl. Verstromung der Methanisierung)	~20 %

Optimierung (1)

- Nutzung eines numerischen Optimierers der das Problem

$$\min \frac{1}{2} \|Cx - d\|_2^2$$

unter den Randbedingungen

$$Ax \leq a,$$

$$Bx = b,$$

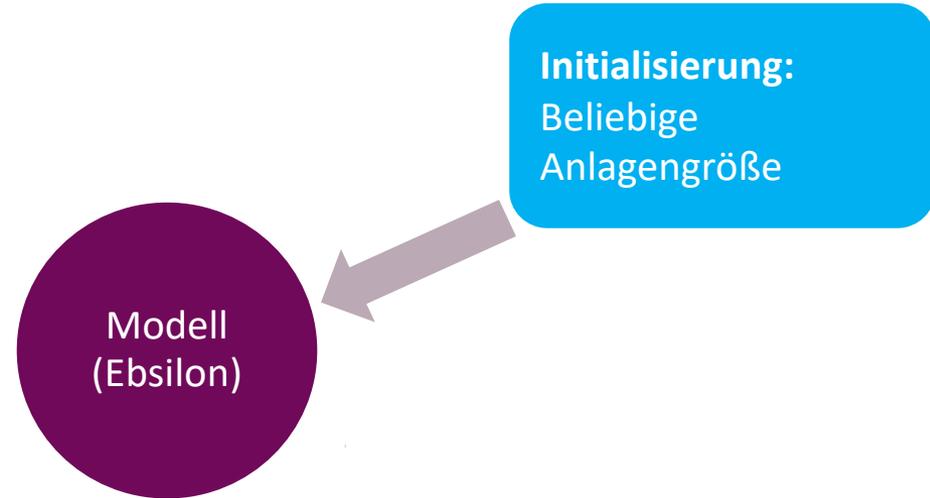
$$lb \leq x \leq ub.$$

löst.

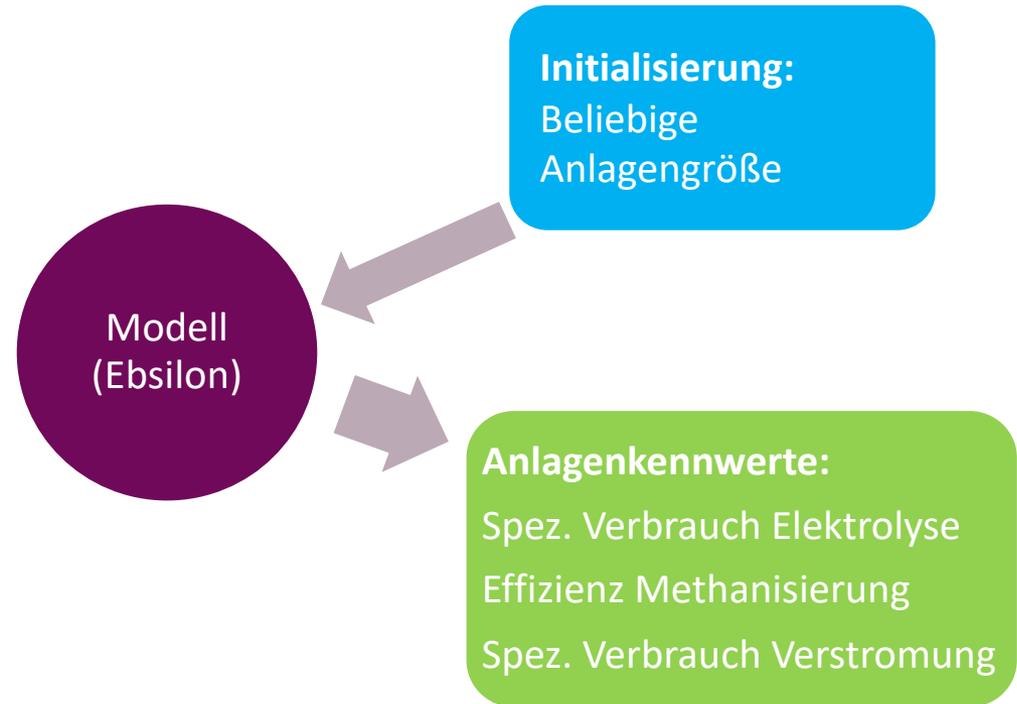
Optimierung (2)

- Zielfunktion: Reduktion (Ausgleich) der Residuallast durch den Betrieb der Anlage
- Randbedingungen:
 - Maximalleistungen
 - Ramp rates
 - Speicherbegrenzungen
- Zwei Einsatzgebiete:
 - Auslegung
 - Fahrplanerstellung

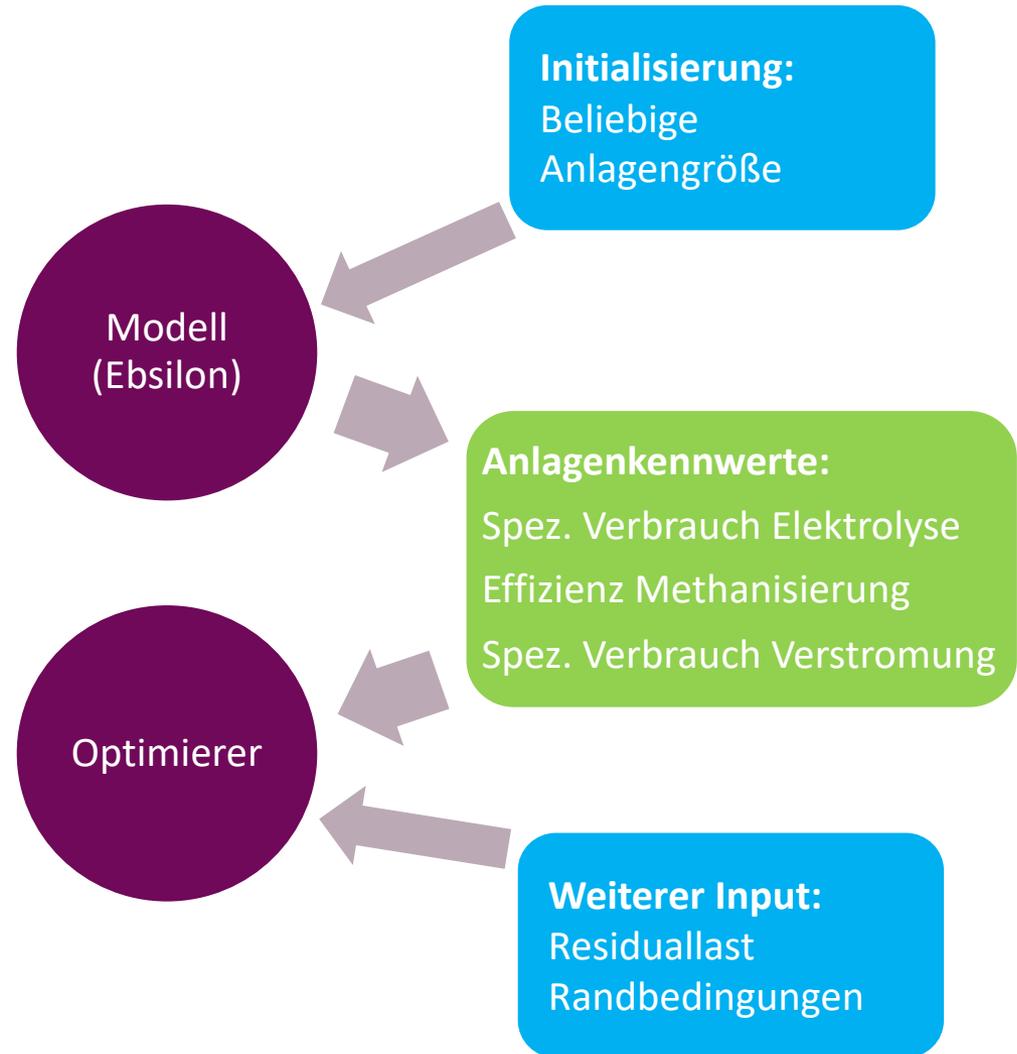
Auslegung (1)



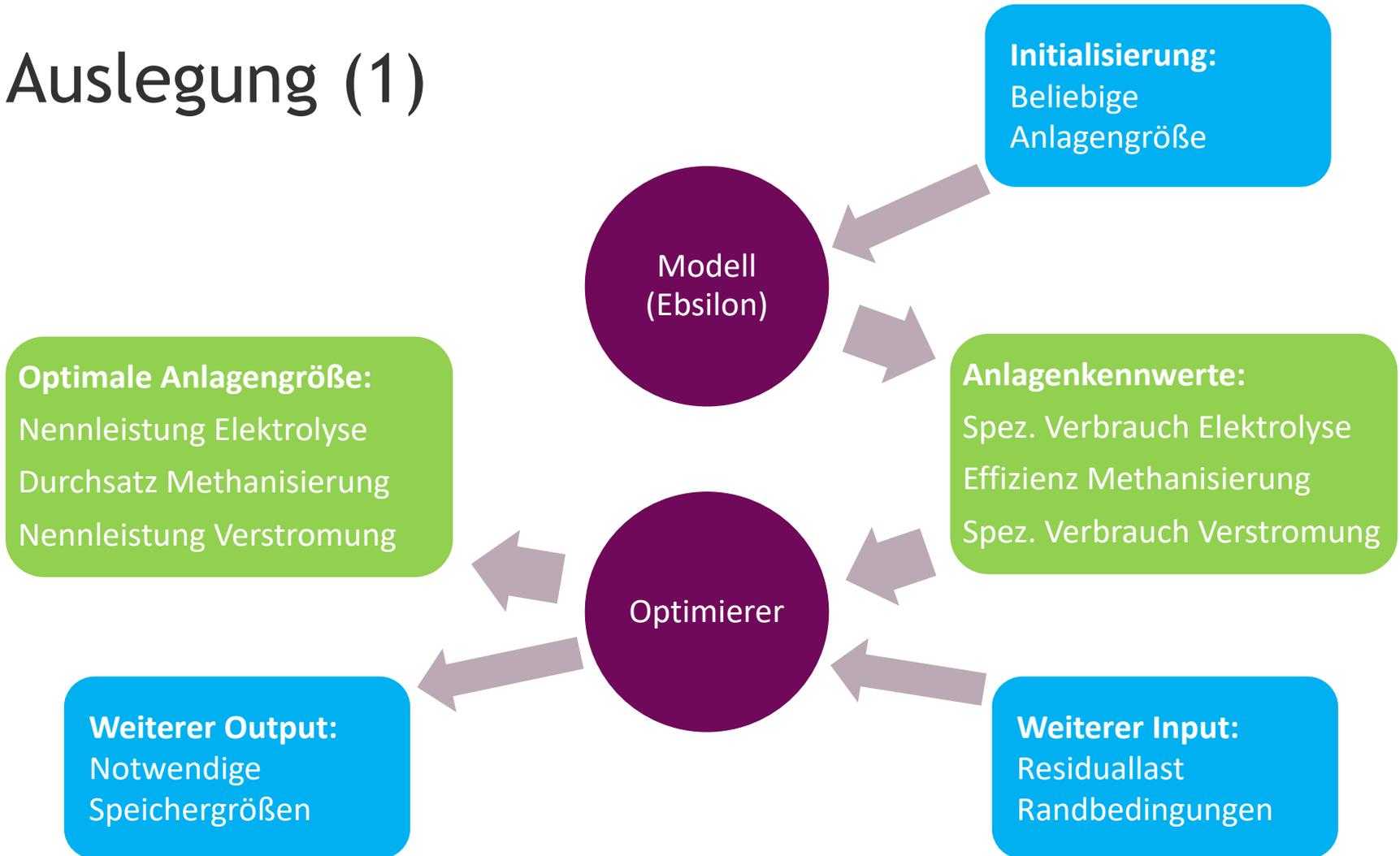
Auslegung (1)



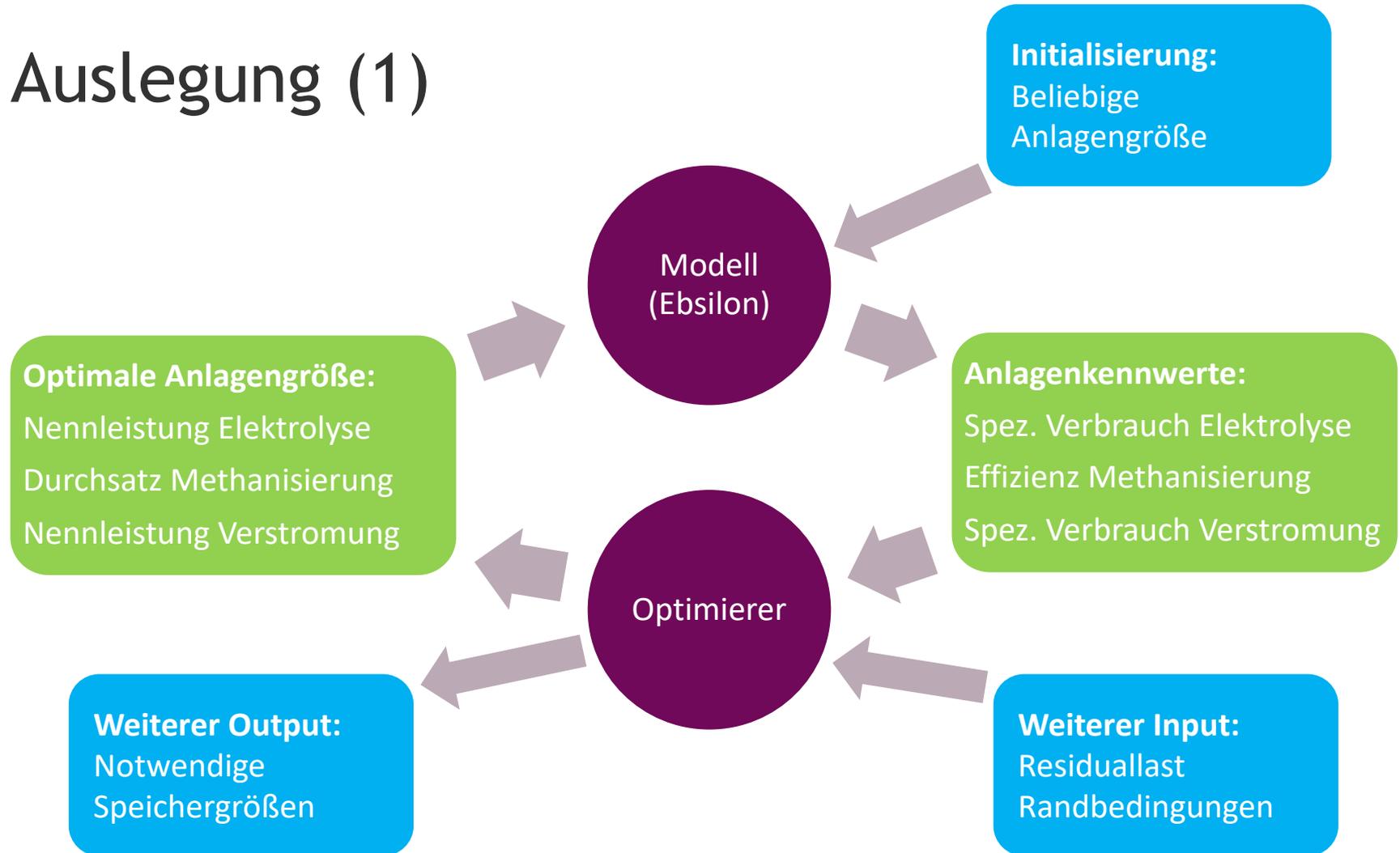
Auslegung (1)



Auslegung (1)



Auslegung (1)



Auslegung (2)

- Mögliche Auslegungsszenarien:

Gegeben:	Berechnet:
Residuallast	Notwendige Anlagengröße Notwendige Speichergröße
Residuallast Anlagengröße	Notwendige Speichergröße
Residuallast Speichergröße	Notwendige Anlagengröße

Fahrplanerstellung

- Optimierung wie bei der Auslegung
- Zusätzliche Randbedingungen:
 - Maximalleistungen
 - Speichergrößen
 - Aktuelle Speicherstände

Ergebnisse (1)

- Annahme: Gesamten Strombedarf Österreichs durch Erneuerbare decken
- Ermittlung der notwendigen Steigerung unter Berücksichtigung des Anlagenwirkungsgrades

Gesteigerte Laufwassererzeugung (120% zu 2016)	36,7 TWh
Steigerungsfaktor Wind & Photovoltaik (zu 2016)	7,32
Gesteigerte Erzeugung Wind & Photovoltaik	45,8 TWh
Gesteigerte Spitzenleistung Wind & Photovoltaik	19,9 GW

Ergebnisse (2)

- Notwendige Anlage zur Deckung der gesamten österreichischen Residuallast:

Eingangsleistung (Elektrolyse)	17,7 GW
Ausgangsleistung (Verstromung)	6,43 GW
H₂ Speichergröße	798 Mio. Nm ³
O₂ Speichergröße	1.604 Mio. Nm ³
CH₄ Speichergröße	635 Mio. Nm ³
CO₂ Speichergröße	623 Mio. Nm ³
H₂O Speichergröße	1,6 Mio. m ³

Ergebnisse (3)

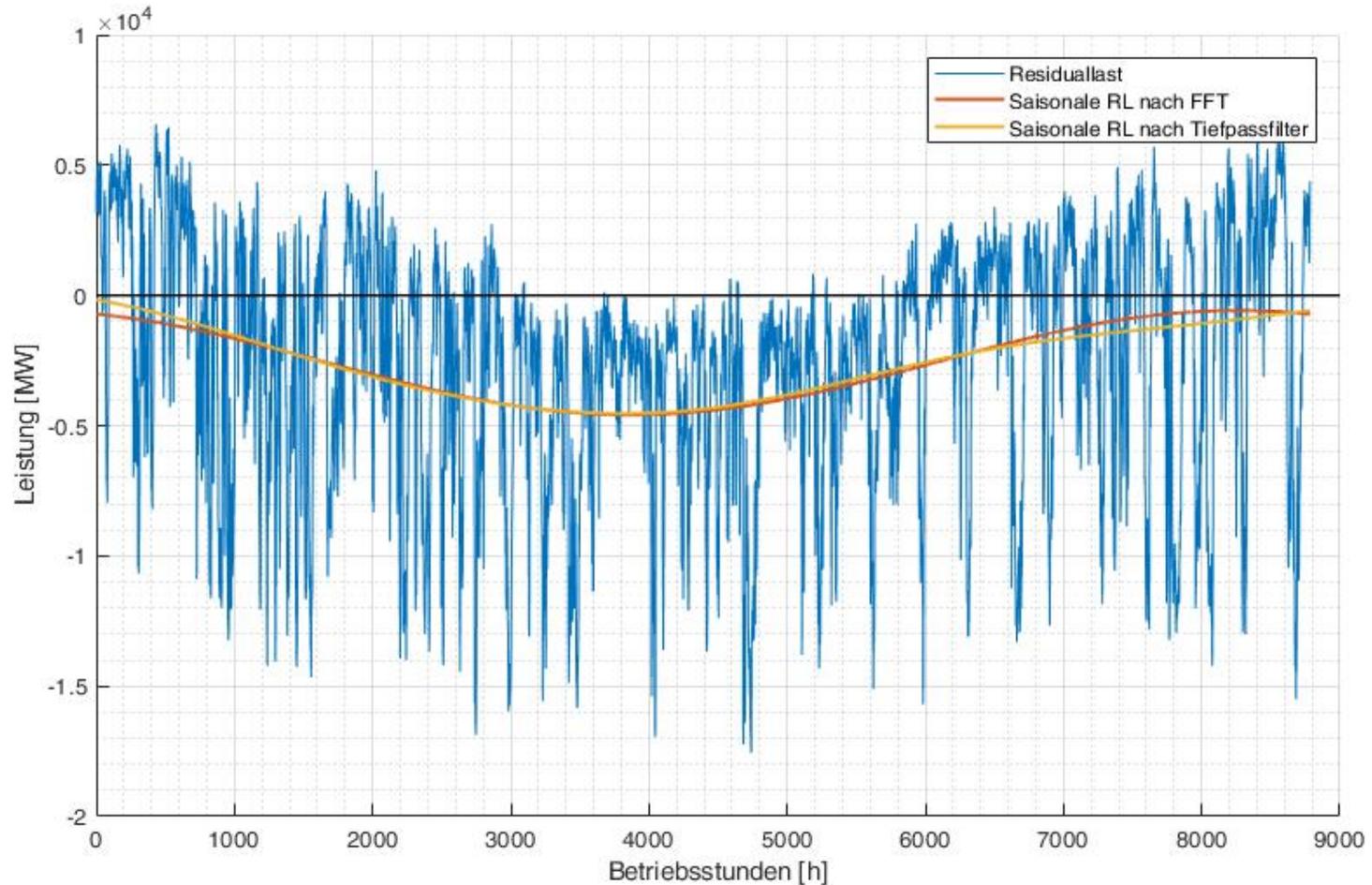
- Äquivalente Umlegung der Daten auf eine Referenzanlage mit 100 MW (Speicherung unter 100 bar, Kaverne $H/D = 15$):

Eingangsleistung (Elektrolyse)	100 MW
Ausgangsleistung (Verstromung)	36,2 MW
H₂ Speichergröße	52.400 m ³ , $d = 37,4m$, $h = 561m$
O₂ Speichergröße	105.000 m ³ , $d = 47,2m$, $h = 708m$
CH₄ Speichergröße	41.700 m ³ , $d = 34,7m$, $h = 520m$
CO₂ Speichergröße	40.900 m ³ , $d = 34,5m$, $h = 517m$
H₂O Speichergröße	9.040 m ³ , $d = 20,8m$, $h = 312m$

Ergebnisse (4)

- Deckung der gesamten Residuallast mit allen Leistungsspitzen unwahrscheinlich
- Deckung von saisonalen Komponenten naheliegender
- Ermittlung der saisonalen Jahreskomponente in der Residuallast

Ergebnisse (5)



Ergebnisse (6)

- Flächenausgleich der saisonalen Residuallast
- Notwendige Anlage zur Deckung der gesamten österreichischen saisonalen Residuallast

Eingangsleistung (Elektrolyse)	3,14 GW
Ausgangsleistung (Verstromung)	1,11 GW
H₂ Speichergröße	938 Mio. Nm ³
O₂ Speichergröße	1.061 Mio. Nm ³
CH₄ Speichergröße	371 Mio. Nm ³
CO₂ Speichergröße	363 Mio. Nm ³
H₂O Speichergröße	1,12 Mio. m ³



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

DEPARTMENT FÜR
Umwelt- & EnergieverfahrenSTECHNIK

