

AT02

Verzwickte Fälle

*A : Offene und geschlossene
Leitungen*

B : Black Box Modellierung

Offene und geschlossene Leitungen

1. Offene und geschlossene Leitungen

- a) Allgemeine Formeln
- b) Fallbeispiele

2. Volle Kondensatrückführung

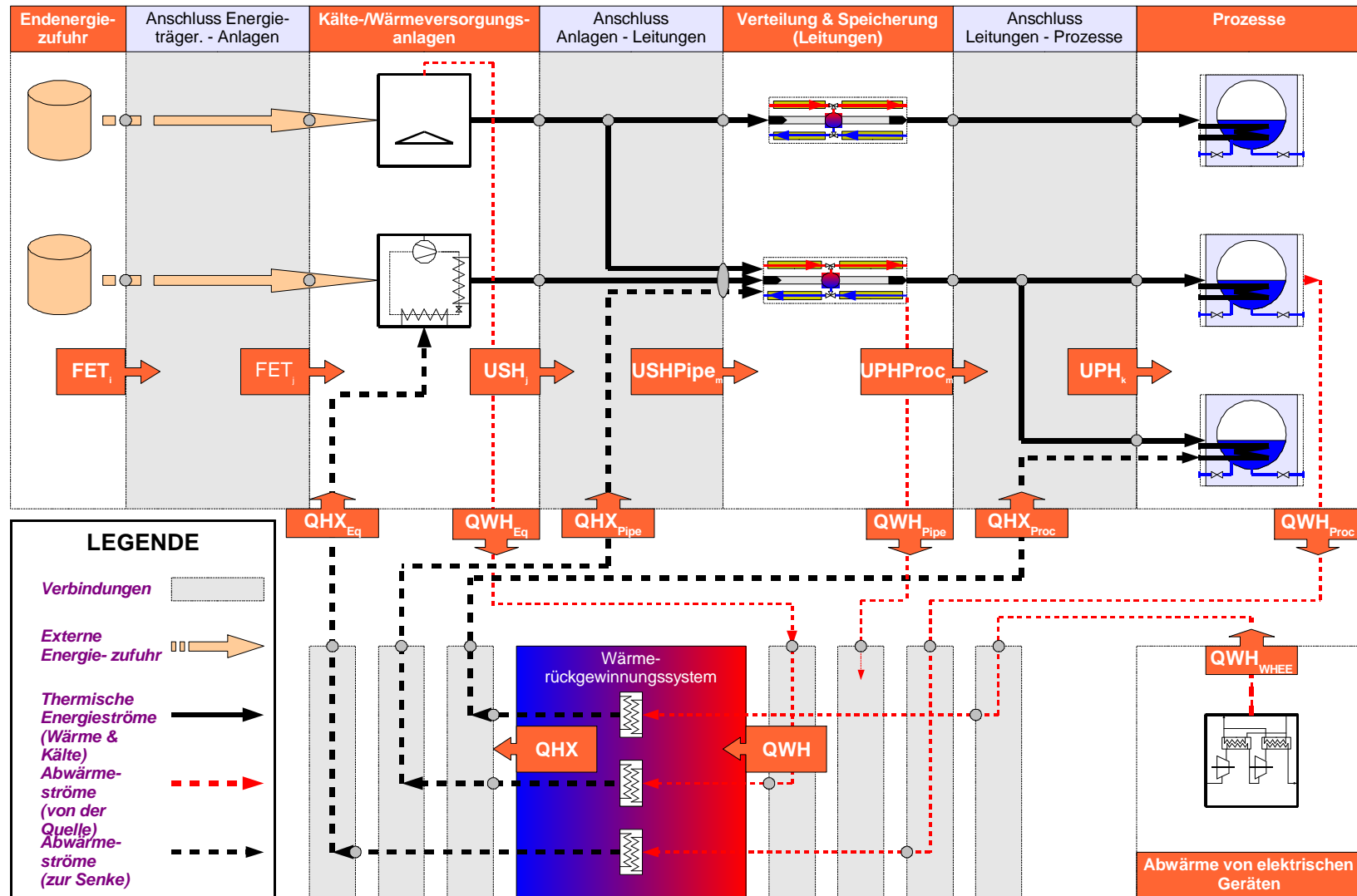
- a) Keine Kondensatrückführung
- b) Teilweise Kondensatrückführung
- c) Fallbeispiele
- d) Spezialfall: Dampfeinspritzung
 - Abwärme gehört zur Leitung
 - Abwärme gehört zu Prozess

3. Black Box Modell

- a) Prozessmodellierung
- b) Beispiele
 - Verworfenen Kondensat
 - Rückgewinnbares Kondensat

Offenes und geschlossenes Leitungssystem

EINSTEIN thermal energy
industry audit



Offenes und geschlossenes Leitungssystem

Die gesamte Wärme, die in eine Verteilleitung eintritt, entspricht:

$$\dot{Q}_{USH, pipe, m} = \dot{Q}_{USH, m} + \dot{Q}_{QHX, m}$$

$\dot{Q}_{USH, m}$ Nutzenergie von der Umwandlungsanlage zur Leitung m
 $\dot{Q}_{QHX, m}$ Rückgewonnene Abwärme direkt in Rohr m gespeist (z.B. Vorwärmen des Rücklaufs).

Allgemeine Energiebilanzgleichung:

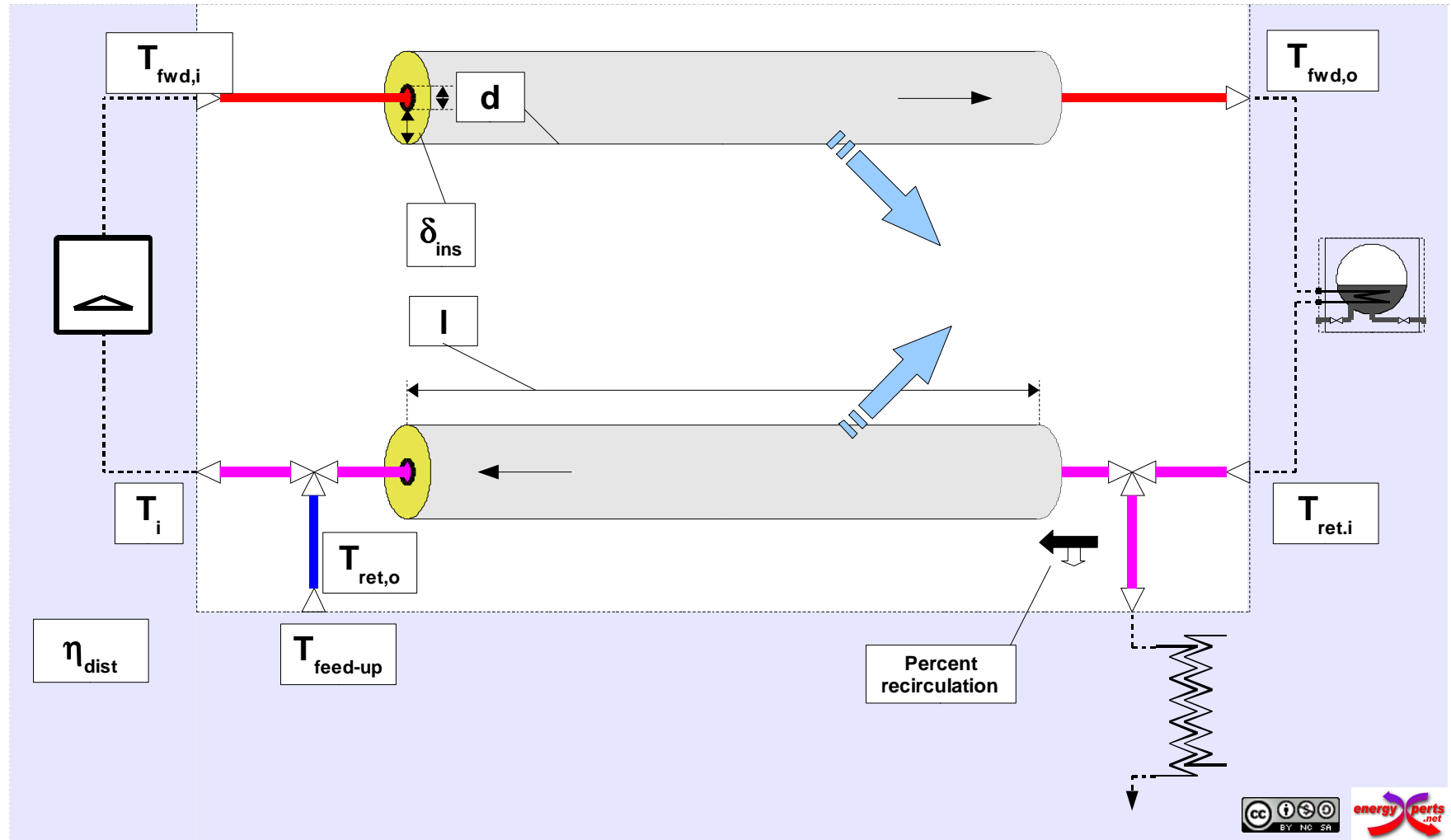
$$\dot{Q}_{USH, pipe, m} = \dot{Q}_{UPH, proc, m} + \dot{Q}_{WH, pipe, m} + \dot{Q}_{losses, pipe, m}$$

Wirkungsgrad der Verteilung:

$$\eta_{dist} = UPH_{proc, m} / USH_{pipe, m}$$

Offene und geschlossene Leitungen

Geschlossene Leitung



Offene Leitung



Offene und geschlossene Leitungen

Allgemeine Energiebilanzgleichung:

$$\dot{Q}_{USH, pipe, m} = \dot{Q}_{UPH, proc, m} + \dot{Q}_{WH, pipe, m} + \dot{Q}_{losses, pipe, m}$$

Allgemein:

$$\dot{Q}_{USH, pipe, m} = q_{m, fwd} h_{fwd} - q_{m, ret} h_{ret} - q_{m, feedup} h_{feedup}$$

Geschlossen:

$$\dot{Q}_{USH, pipe, m} = q_{m, fwd} h_{fwd} - q_{m, ret} h_{ret}$$

Offen:

$$\dot{Q}_{USH, pipe, m} = q_{m, fwd} h_{fwd} - q_{m, feedup} h_{feedup}$$

fwd: forward Vorlauf (zum Prozess)

ret: return (Kondensatrückführung)

feed up: Speisewasser (zum Kessel)

Offene und geschlossene Leitungen

Allgemeiner Fall:

- Prozessmedium: Wasser
- Verteilmedium: Dampf

Prozess

Heißwasser

$T_p = 50^\circ\text{C}$

Erhaltungswärmeleistung: 100 kW

10 h/Tag, 260 Tag/Jahr

UPH=260 MWh

Erzeugung-Bereitstellung

Dampfkessel

Jahresnutzungsgrad/Effizienz: 80%

Nennleistung: 500 kW

10 Stunden, 260 Tage/Jahr

Verteilung

Dampf 2 bars ($T_{\text{evap}}=120,23^\circ\text{C}$, $h_{\text{vap}}=2203 \text{ kJ/kg}$, $cp_l=4,21 \text{ kJ/kgK}$, $cp_v=2,05 \text{ kJ/kgK}$)

TVerteilung: 125°C

TRücklauf: 60°C

TSpeisewasser: 10°C

Länge: 100m

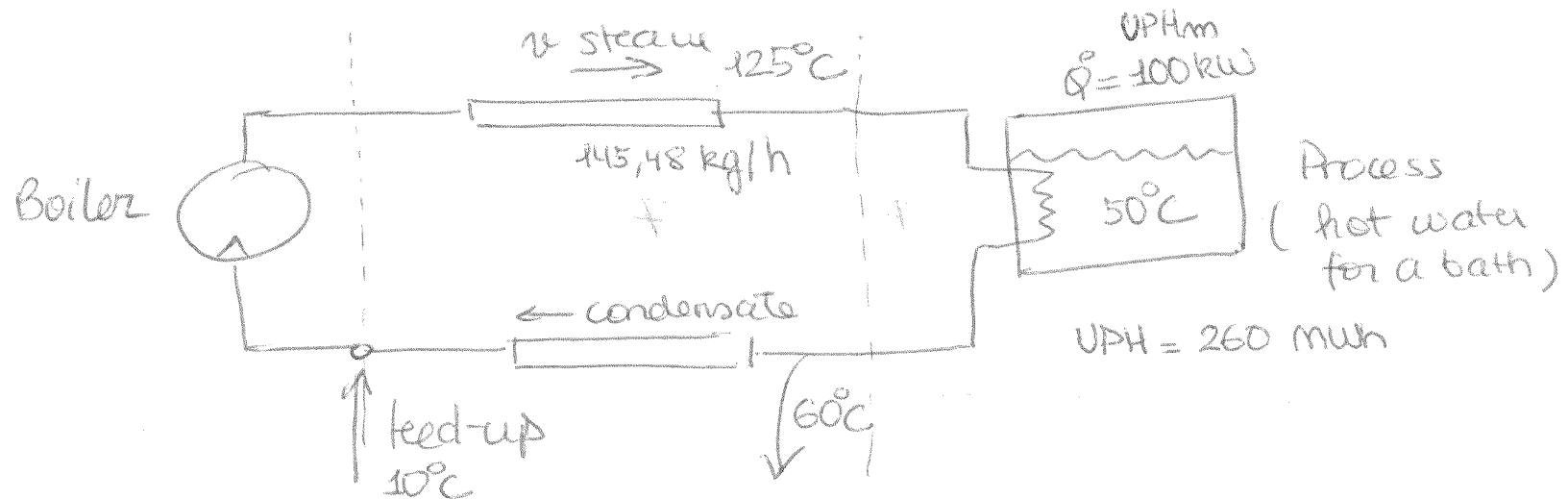
Wärmeverlustkoeffizient: $0 \text{ kW/K} \rightarrow Q_{\text{loss}}=0$

mit Daten von oben: Ergebnis für Dampfstrom = 145,48 kg/h

→ Untersuchen Sie Änderungen in der Rückführrate (r)

Offene und geschlossene Leitungen

Allgemeiner Fall:

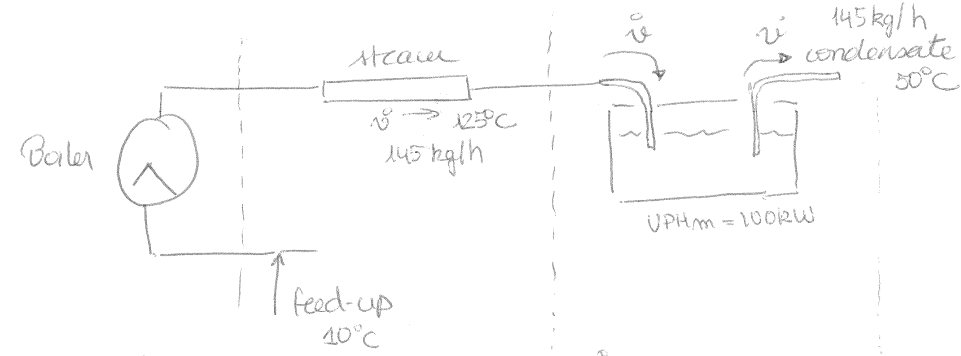


	$r=1$	$r=0,5$	$r=0$
UPH	260	260	260
QWH	0	11	22
USH	260	271	282
Effizienz der Verteilung	1	0,96	0,92

Offene und geschlossene Rohre

Spezialfall: Dampfeinspritzung

- Prozessmedium: Wasser
- Verteilmedium: Dampf



		Abwärme zur Leitung	Abwärme zum Prozess
Prozess	Erhaltung [kW]	100	100
	V_Eingang [kg/h]	-	= V_steam_dist = 143,22
	T_Eingang [°C]	-	= T_feed_in=10
	V_Ausgang [kg/h]	-	= V_steam_dist = 143,22
	T_Ausgang [°C]	-	50
	QWH_Prozess [MWh]	0	17
	UPH [MWh]	260	277
Leitung	Rückführrate	0-1 (im Beispiel 0)	0
	T_RL [°C]	50	=T_feedup=10
	T_VL [°C]	10	10
	QWHLeitung [MWh]	17 (r=0)	0
	USH	277	277

QWHProc: hoch UPH, falls Abwärme von Prozess rückgewonnen wird → als Energieeffizienzmaßnahme angenommen

QWHPipe: niedrig UPH, falls Abwärme nicht rückgewonnen wird → als Ineffizienz in der Verteilung angenommen

Black Box

Spezialfall: Dampf einspritzung

- Prozessmedium: Dampf
- Verteilmedium: Dampf

Prozess

Dampf 2bar

$T_p = 120.23^\circ\text{C}$

Erhaltungswärme: 89.7 kW (manuelle
Berechnung der Erhaltung →
Verdampfung)

10 Stunden/Tag, 260 Tage/Jahr

Eingangsstrom: 145.48 kg/h Dampf 2
bar

$T_{\text{Eingang}} =$ (abhängig von Leitung)

Erzeugung

Dampfkessel

Jahresnutzungsgrad: 80%

Nennleistung: 500 kW

10 Stunden, 260 Tage/Jahr

Leitung

Dampf 2 bar ($T_{\text{evap}}=120.23^\circ\text{C}$, $h_{\text{vap}}=2203$ kJ/kg,
 $cp_l=4.21$ kJ/kgK, $cp_v=2.05$ kJ/kgK)

$T_{\text{Verteilung}}: 125^\circ\text{C}$

$T_{\text{Rücklauf}}:$ (abhängig von Modellierungsart)

$T_{\text{Speisewasser}}: 10^\circ\text{C}$

Länge: 100m

Wärmeverlustkoeffizient: 0 kW/K → $Q_{\text{loss}}=0$

Black Box

Dampfeinspritzung Modellierungsarten:

Abwärme zur Leitung:

Prozess

I_Eingang: 145 kg/h

T_Ringang=T_Rücklauf=60°C

Leitung

T_Rücklauf = 60°C

r=0

Abwärme zum Prozess:

Prozess

Eingang: 145 kg/h

T_Eingang=T_Speise=10°C

Ausgang: 145 kg/h

T_Ausgang = T_Rücklauf = 60°C

Leitung

T_Rücklauf= T_Speise = 10°C

r=0

Black Box

Ergebnisse der Dampfeinspritzung mit Black Box Modell:

		Rückgewinnbares Kondensat (Abwärme zur Leitung)	Verworfenes Kondensat (Abwärme zum Prozess)
	V_Eingang [kg/h]	= V_steam_dist = 145,48	= V_steam_dist = 145,48
	T_Eingang [°C]	= T_return=60	= T_feed_in=10
	V_Ausgang [kg/h]	-	= V_steam_dist = 145,45
	T_Ausgang [°C]	-	60
	QWH_Prozess [MWh]	0	22
	UPH [MWh]	260	282
Leitung	Rücklaufrate	0-1 (im Beispiel 0)	0
	T_RL [°C]	60	=T_feedup=10
	T_VL [°C]	10	10
	QWHLeitung [MWh]	22 (r=0)	0
	USH	282	282