TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna | Austria

Diplomarbeit

Untersuchung von verschiedenen Konzepten der Abwärmenutzung und Wärmeauskopplungs–Konzepten im Zementwerk Gmunden

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom Ingenieurs

unter Anleitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Markus HAIDER

Institut für Energietechnik und Thermodynamik

Eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Mohammad Reza Jafarian, B.Sc.

e1026757

Wien, März 2020

_____

Unterschrift

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna | Austria

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Kurzfassung

Da Energieverbrauch und Energiekosten steigen, rücken Wiederverwendung von Industrieabgasen immer mehr ins Zentrum. Dadurch können Gesamtwirkungsgrade von Anlagen verbessert, Emissionen verringert und Kosten gespart werden. In dieser Diplomarbeit wird zum einen ein allgemeiner Vergleich erstellt, um mit verschiedenen Transferfluiden Abgaswärme so effizient wie möglich zu nützen und zum Abnehmer transportieren zu können. Zum anderen wird an einem konkreten Beispiel dieser Vergleich am Abgas eines Zementwerkes detaillierter betrachtet. Der Drehrohrofen des Zementwerkes der Firma Hatschek GmbH in Gmunden produziert Abgas, welches für den Energietransport genützt werden kann. Mit der gewonnenen Energie kann die 1500 m entfernte Molkerei beliefert werden, um die Milchproduktherstellung zu unterstützen.

Neben dem Vergleich von verschiedenen Transfermedien sind Rippenrohrwärmetauscher, Rohrnetzwerke, Verdampfer, Economizer, Überhitzer und Pumpen wichtiger Bestandteil der Anlage und werden im Laufe dieser Arbeit näher betrachtet und ausgelegt.

Je nach Konzept wird ein bestimmtes Wärmeträgerfluid vom Abgas des Zementwerkes in einem Rippenrohrwärmetauscher erwärmt. Einerseits kann die Wärme in einem Regenerator gespeichert werden, um im Falle eines Stillstandes des Zementwerkes die Energiezufuhr der Molkerei zu gewährleisten. Andererseits kann die Wärme dazu benützt werden die Molkerei mit der benötigten Energie zu beliefern. Die verschiedenen vorgestellten Konzepte können aus zwei oder drei Kreisprozessen aufgebaut sein, der Erzeuger-, Speicher- und Abnehmerkreislauf, oder als Konzepte ohne Speicherung, in dem das Wärmeträgerfluid direkt zum Abnehmer geführt wird.

Für die Darstellung der thermodynamischen Systeme und Berechnung der thermodynamischen Gleichungen wurde das Simulationsprogramm IPSEpro herangezogen. Mit der Software KED PPSD werden Wärmetauscher detailliert ausgelegt Die Randbedingungen der Anlage ergeben sich aus dem Abgasmassenstrom, den Stoffeigenschaften und der benötigten Energie der Molkerei in Form von Dampfmassenstrom.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Abstract

Due to the fact that energy consumption and energy costs are increasing rapidly, the use of exhaust energy is becoming more and more important. This process can help reducing emissions, improve the overall efficiency of plants and save costs. This master thesis represents a general comparison of the use of exhaust heat with different transfer fluids as efficiently as possible and to be able to transport the heat to the recipient. Furthermore, this comparison will be viewed in more detail on an example of the exhaust gas of a cement plant. The furnace of the cement plant Hatschek GmbH in Gmunden emits hot flue gas, which can be used for energy transport. With the energy gained, the dairy, which is located 1500 meters from the cement plant, can be supplied to ensure their production.

This thesis shows the comparison between various transfer media. Furthermore, tube heat exchangers, pipe networks, evaporators, economizers, superheaters and pumps are important components of the plant and will be configurated in the course of this work.

Depending on the concept, a specific heat transfer fluid is heated by the flue gas of the cement plant in a finned tube heat exchanger. On the one hand, the heat can be stored in a regenerator, in order to ensure the energy supply of the dairy in case of a standstill of the cement plant. On the other hand, the heat can be used to supply the dairy with the required energy. The different concepts can consist of two or three cycles, the producer, storage and customer cycle. In the concepts without storage the heat transfer fluid is fed directly to the recipient.

With the simulation software IPSEpro the thermodynamic systems are visualized and solved. To design the heat exchangers the software KED PPSD has been used. The boundary conditions of the plant result from the hot flue gas flow, the material properties and the required energy of the dairy in form of steam massflow.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Variablen und Abkürzungen

Leiteinische Zeichen

A	[m²]	mittlerer wärmeleitender Querschnitt der Rippe bei mittleren Rippendurchmesser
A_{Ri}	[m²]	Rippenfläche
A_{Ro}	[m²]	Grundrohrfläche
a_{quer}	[-]	Querteilungsverhältnis
B	[m]	Kanalbreite
$b_{längs}$	[-]	Längsteilungsverältnis
c_1	[mm]	Zuschlag für negative Fertigungstoleranz
c_2	[mm]	Zuschlag für Wanddickenunterscheidung aufgrund von Korrosion
C_3	[-]	Korrekturfaktor
C_5	[-]	Korrekturfaktor
c_p	[kJ/kg * K]	spezifische Wärmekapazität
d	[m]	charakteristischer Durchmesser
D	[mm]	Rippenaußendurchmesser
D_a	[mm]	Rohraußendurchmesser
D_i	[mm]	Rohrinnendurchmesser
Eu	[-]	Euler-Zahl
e_{ct}	[mm]	Rohrwandstärke ohne Zuschläge
e_t	[mm]	Mindestwandstärke
$f_{anord,flucht}$	[-]	fluchtender Anordnungsfaktor
$F_{anord,versetzt}$	[-]	versetzter Anordnungsfaktor
h	[kJ/kg]	Enthalpie
ΔH_{ges}	[m]	Ausdehnung der Rohrleitung
ΔH	[mm]	Dehnungsaufnahme eines Dehnungsausgleichers
l_+	[m]	Längenänderung durch Dehnungsausgleicher
l_0	[m]	ungedehnte Länge der Rohrleitung
k	[W/m²*K]	Wärmedurchgangskoeffizient
L	[m]	Ausgleicherausladung, Kanallänge
$\dot{m}$	[kg/s]	Fluidmassenstrom
m	[-]	Parameter für Rippenwirkungsgrad
Nu	[-]	Nusselt – Zahl

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

$Nu_{Bündel}$	[-]	Nusselt – Zahl eines Rohrbündels
Nu_{lam}	[-]	laminarer Anteil der Nusselt Zahl
Nu_{turb}	[-]	turbulenter Anteil der Nusselt Zahl
Δp	[bar]	Druckverlust
Δp_{Fluid}	[bar]	Druckverlust fluidseitig
Δp_{RG}	[bar]	Druckverlust rauchgasseitig
p	[bar]	Fluiddruck
$p_{sCO2ein}$	[bar]	Kohlenstoffdioxideintrittsdruck
$p_{sCO2aus}$	[bar]	Kohlenstoffdioxidaustrittsdruck
p_{Wein}	[bar]	Wassereingangsdruck
p_{Waus}	[bar]	Wasseraustrittsdruck
p_c	[bar]	Berechnungsdruck
Pr	[-]	Prandtl – Zahl
$\dot{Q}$	[W]	Wärmestrom
Q_{Tes}	[kWh]	gespeicherte Energie
$\dot{q}$	[W/m²]	spezifischer Wärmestrom
R	[mm]	Beziehung zwischen Dehnungsausgleicherradius und Rohraußendurchmesser
Re	[-]	Reynolds – Zahl
R_{mTc}	[N/mm2]	Zeitstandfestigkeit für die Lebensdauer L und Berechnungstemperatur
$R_{p0,2}$	[N/mm²]	0,2%-Dehngrenze bei Berechnungstemperatur
s_1	[-]	Querverteilung
s_2	[-]	Längsverteilung
T	[°C]	Betriebstemperatur
ΔT	[°C]	Temperaturdifferenz zwischen Wand und Fluid
T_{gm}	[°C]	mittlere Gastemperatur
ΔT_m	[°C]	mittlere Temperaturdifferenz zwischen Wand und Fluid
T_{rm}	[°C]	mittlere Rippentemperatur
T_0	[°C]	Montagetemperatur
T_{Aus}	[°C]	Ausgangstemperatur
T_{Ein}	[°C]	Eingangstemperatur
ΔT_m	[K]	mittlere logarithmische Temperaturdifferenz
T_{RG}	[°C]	Rauchgastemperatur
T_{RGaus}	[°C]	Rauchgasaustrittstemperatur

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

T_{RGein}	[°C]	Rauchgaseintrittstemperatur
T_{Rm}	[°C]	mittlere Rippentemperatur
$T_{sCO2ein}$	[°C]	Kohlenstoffdioxideintrittstemperatur
$T_{sCO2aus}$	[°C]	Kohlenstoffdioxidaustrittstemperatur
T_{Wein}	[°C]	Wassereintrittstemperatur
T_{Waus}	[°C]	Wasseraustrittstemperatur
U	[m]	mittlerer Umfang
V_{TES}	[m^3]	Festbettspeichervolumen
w	[m/s]	Fluidgeschwindigkeit

Griechische Zeichen

α	[W/m^2*K]	Wärmeausdehnungskoeffizient
α_0	[W/m^2*K]	wahre Wärmeausdehnungskoeffizient
α_L	[W/m^2*K]	linearer Wärmeausdehnungskoeffizient
ζ_K	[-]	Rohrreibung durch Leitungsbauteile
φ	[-]	dimensionsloser Rechenparameter
η	[Pa * s]	dynamische Viskosität
η_R	[-]	Rippenwirkungsgrad
λ	[W/m*K]	Wärmeleitkoeffizient
λ_{Ro}	[W/m*K]	Wärmeleitkoeffizient des Rohres
ξ	[-]	Druckverlustbeiwert
ρ	[kg/m^3]	Dichte
σ_K	[$N/mm^{2]}$	Knick – Spannung
ν	[m^2/s]	kinematische Viskosität
ε	[-]	Hohlraumanteil

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Inhaltsverzeichnis

1. Motivation 1
1.1. Projekt 2
1.2. Projektproblemstellung 3
2. Theoretische Grundlagen 5
3. Vergleichsstudie 6
3.1. Allgemeine Überlegung 6
3.2. Konzept 1 – H_20 – flüssig 7
3.3. Konzept 3 – sCO_2 – flüssig 15
3.4. Konzept 5 25
4. Systemkonfigurationen 30
4.1. Konfiguration 1 33
4.2. Konfiguration 2a 37
4.3. Konfiguration 2b 44
4.4. Konfiguration 3 51
4.5. Konfiguration 5 54
4.6. Konfiguration 6a1 61
4.7. Konfiguration 6a2 68
4.8. Konfiguration 7a 75
4.9. Konfiguration 7b 82
5. Auslegung der Anlagenkomponenten 89
5.1 Rippenrohrwärmetauscher 89
5.1.1. Konfiguration 1 90
5.1.2. Konfiguration 2a 90
5.1.3. Konfiguration 2b 95
5.1.4. Konfiguration 7a 96
5.2. Rohrleitungsauslegung 96
5.3. Gebläseauslegung 97
5.4 Pumpenauslegung 98
6. Diskussion der Ergebnisse 100
7. Zusammenfassung 103
8. Literaturverzeichnis 104
A. Tabellenverzeichnis 105

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

B. Abbildungsverzeichnis 106
C. Rippenrohrwärmetauscher I
C.1. Konfiguration 1 Betriebsfall 1 I
C.2. Konfiguration 2a Betriebsfall 1 III
C.3. Konfiguration 2a Betriebsfall 5b XXIII
C.4. Konfiguration 2b Betriebsfall 1 XLI
C.5. Konfiguration 7a Betriebsfall 1 XLIII

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

1. Motivation

Mit der Nutzung der Abwärme von Industriewärmequellen kann die Energie effizienter genützt werden. Dies ist vor allem in Zeiten von steigenden Energieverbräuchen und Energiekosten eines der Konzepte welches näher betrachtet wird und immer mehr zum Einsatz kommt. Bei Industrieöfen ist die Technik der Nutzung der Abwärme schon länger ein wichtiger Bestandteil der Energieproduktion.

Da bei der Abwärmenutzung keine konstanten Temperaturen oder Zyklen garantiert werden können, muss dies in der Überlegung der Auslegung der Anlage berücksichtigt werden. Durch verschiedene Speichermodelle kann man Überschüsse kurz oder langfristig speichern und nutzen. Es können Lastspitzen geglättet, aber auch Stillstände und Ausfälle überbrückt werden. Bei Solar-Kraftwerken kommen solche Wärmespeicherungen bereits zum Einsatz.

Es müssen viele verschiedene Punkte bei der Auslegung der Anlage betrachtet werden. Das Wärmeträgermedium ist hierbei sehr wichtig und hat direkten Einfluss auf die restlichen Auslegungskomponenten. Einerseits sind die Kosten des Mediums für die Projektkosten wichtig, anderseits sind die Stoffwerte, wie z.B. Dichte, und Arbeitsbereich der verschiedenen Medien entscheidend. Durch die Wahl des Mediums ändern sich auch die Rohrdimensionierung und Rohrgeometrie. Diese muss so ausgelegt werden, dass so wenig Energie wie möglich auf dem Weg zum Abnehmer verloren geht. Weiters muss beachtet werden, dass es nicht zu hohen Druckverlusten und Druckwiderständen kommt. Diese führen aufgrund von Ausgleichern zu höheren Kosten.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

1.1. Projekt

Das Projekt „Gmunden High Temperature Heat Link R&D“ stellt eine Lösung für die Nutzung der Abwärme des Zementwerkes Hatschek GmbH für die Produktion von Dampf in der Molkerei Gmundner Molkerei eGen vor. Die Abgastemperatur des Zementwerkes nach dem Vorwärmturm beträgt ca. 385°C und kann mittels Rippenrohrwärmetauscher genützt werden, siehe Abbildung 1. In Tabelle 1 sind die Stoffparameter, Massenströme, Temperaturen und Drücke des heißen Abgases nach dem Heißgasfilter gelistet.

				1.350 tato	1.900 tato
vor HG-Filter	3-101	Volumenstrom	m³/h (i.N.f.)	103.032	140.220
			m³/h (i.B.)	270.268	382.013
		Temperatur	°C	379	385
		Druck	mbar	-34,7	-60,8
		Staub	g/m³ (i.N.f.)	46	116
		O_2	Vol-%	5,26	5,23
		H_2O	Vol-%	12,05	12,05
		CO_2	Vol-%	23,13	23,13
		N_2	Vol-%	59,56	59,59

Tabelle 1: Stoffparameter des Ofengases (Quelle: Hatschek GmbH)

Die gewonnene Wärme aus dem Zementwerk wird mittels einer Rohrleitung über die Distanz von 1500 m zum Abnehmer transportiert. Die Molkerei wird mit 8 bar Sattdampf beliefert.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

1.2. Projektproblemstellung

Eine konstante Energieversorgung über das ganze Jahr ist für die Produktion in der Molkerei essenziell. Da der Ofen des Zementwerks im Winter bis zu 60 Tage nicht im Betrieb ist, muss über das restliche Jahr Wärme gespeichert werden. Mit dieser gespeicherten Wärme können unerwartete Ausfälle oder auch die betriebsfreien Tage des Zementwerkes überbrückt werden.

Neben der Verlegung und Dämmung der Rohrleitung ist auch die Temperaturausdehnung ein wichtiger Aspekt, der nicht vergessen werden darf. Diese muss konstruktiv ausgeglichen werden.

Mit dem größten Anteil der Gesamtkosten schlagen die Rohrkosten zu Buche. Hierbei muss ein geeignetes Wärmeträgermedium gewählt werden damit die Rohrdurchmesser und die Druckverluste so minimal wie möglich gehalten werden. Die Dimensionierung und die Länge ergeben ein Rohrgewicht, welches direkt proportional zu den Kosten ist.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

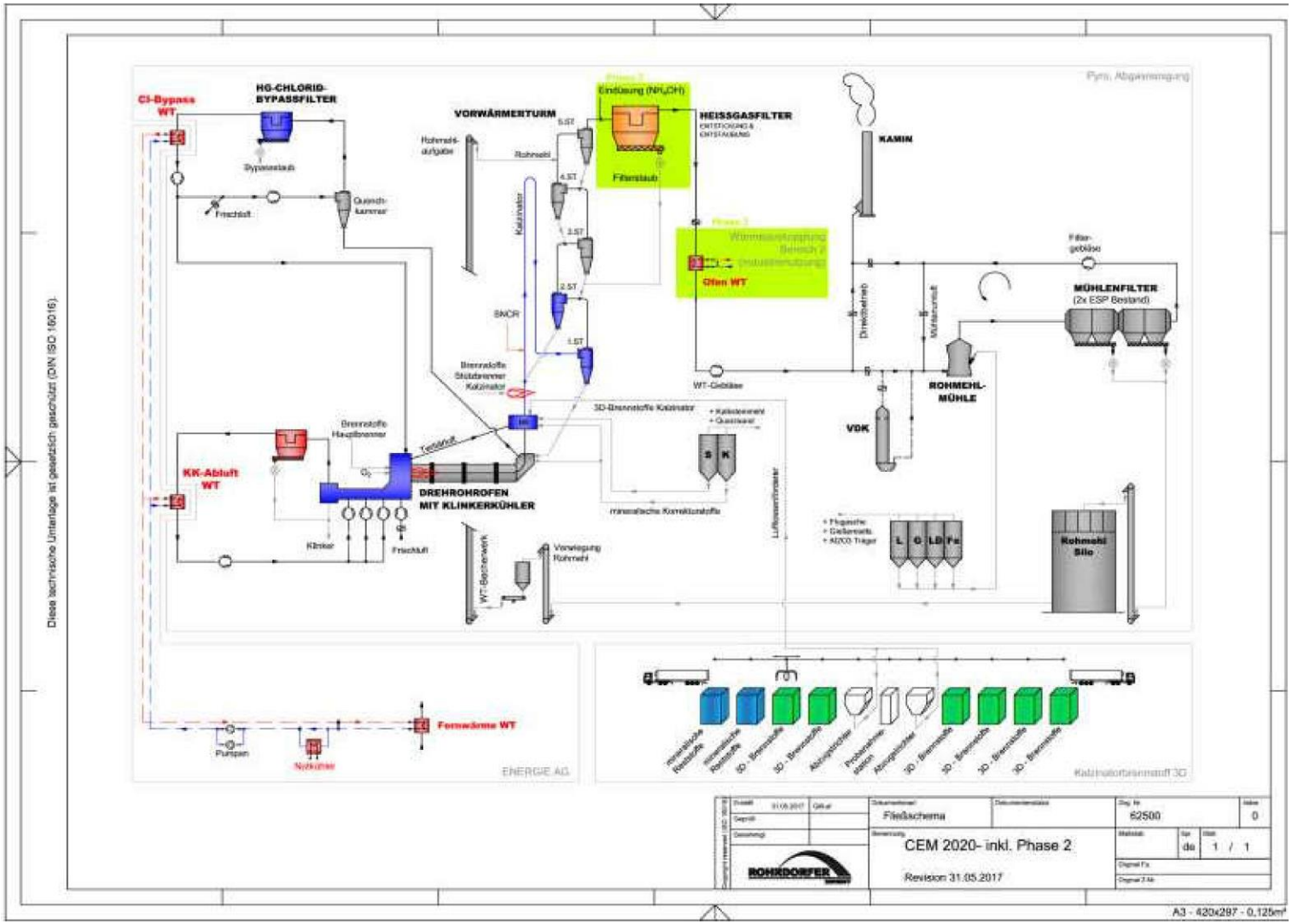


Abbildung 1: Anlagenschema Zementwerk Gmunden (Quelle: Hatschek GmbH)

2. Theoretische Grundlagen

Um ein besseres Verständnis der Berechnungen und Auslegungen in dieser Arbeit zu erhalten, müssen die theoretischen Grundlagen und verwendeten Formeln näher beleuchtet werden. Da diese Arbeit aufbauend auf die Diplomarbeit „Systemvergleich von Hochtemperatur Wärmeauskopplungs-Konzepten im Zementwerk Gmunden“ des Herrn Diplom Ingenieur A. Zweimüller ist [1], können in der erwähnten Arbeit die theoretischen Grundlagen genauer nachgelesen werden.

Im Kapitel 2.1 Wärmeübergang an glatten Rohren in [1] wird die Übertragung von Energie zwischen einem Fluid und einer Rohrwand mit Hilfe von Formeln näher beleuchtet. Es wird zwischen Strömungsarten in den Kapiteln 2.1.1.1. Turbulent durchströmtes Rohr und 2.1.1.2. Querumströmte Rohre unterschieden. Der Wärmeübergang ist von der Art der Strömung abhängig. Für die Beschreibung der Formeln wurden die Kapitel B1, B2, G1 und G6 aus [2] herangezogen.

Der Wärmedurchgang wird in Kapitel 2.2 in [1] mithilfe der mittleren Nusselt-Zahl für ein Rohr der Länge L und dem Zusammenhang der Nusselt-Zahl aus Wärmeübergangskoeffizient, charakteristischem Durchmesser und Wärmeleitkoeffizient ermittelt. Die Wärmübergangszahl bezieht sich auf die Rohroberfläche. [3], Kapitel 5

Wie in Kapitel 2.3 Wärmeübergang an Rippenrohren in [1] erläutert wurde, ist der Wärmeübergang durch die Oberflächenvergrößerung bei Rippenrohren um ein Vielfaches höher als bei glatten Rohren. In diesem Kapitel wird auf die unterschiedlichen Rippengeometrien, Rippenanordnungen und die Auswahlkriterien für die Bauformen näher eingegangen. Durch die entstehende Komplexität im Vergleich zu glatten Rohren wird die Methode von ESCOA als Lösungsansatz in der Industrie hergenommen. Diese Formel ist in Kapitel 2.3.1 Gleichung von ESCOA beschrieben. [4] Kapitel 5

Bei der Ventilatorbauweise des Kapitel 2.4 in [1] wird grundsätzlich zwischen Verdichter und Ventilatoren unterschieden, wobei diese eine axialen bzw. radialen Bauweise besitzen können. Die Pumpenbauweisen (Kapitel 2.5) lassen sich in Verdrängermaschienen, Umwälzpumpen und Tauchpumpen unterteilen. [5], [6]

Der Kettle Boiler (Kapitel 2.6 in [1]) hat einen innenliegenden Dampfraum. Die Heizrohre sind glatt und horizontal im Behälter positioniert. Diese sind vom Kesselwasser vollständig umgeben. Beim Kettle Boiler ist das Ausbauen von Rohrbündel möglich, was das Reinigen und Reparieren vereinfacht. Weiters ermöglichen die zahlreichen Rohre eine gleichmäßige und rasche Erwärmung. [7] [8]

Die Rohrleitungen (Kapitel 2.9 in [1]) sind im Projekt ein wichtiger Aspekt, da diese die Wärme über eine 1,5 Kilometer lange Strecke transportieren. In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Punkte zur Festigkeitsberechnung, Auslegung und Konstruktion beschrieben. Für die Formeln und Diagramme werden [9] Kapitel 11, [10] Kapitel 3.1 und [11] herangezogen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

3. Vergleichsstudie

Es wurde eine Vergleichsstudie mit drei Konzepten erstellt, welche in diesem Kapitel näher beleuchtet werden. Es wird zwischen den drei eingesetzten Wärmetransferfluiden unterschieden.

Konzept	Wärmetransferfluid
Konzept 1	H_20 – flüssig
Konzept 3	$sC0_2$
Konzept 5	H_20 – gasförmig (Dampf)

Tabelle 2: Konzeptübersicht

Weiters wurden für diese Konzepte verschiedenste Fälle entwickelt, welche sich in den Punkten Druck und Temperatur unterscheiden.

	Konzept	1				3				5	
	Wärmetransferfluid	H_20 flüssig				$sC0_2$				H_20 gasförmig	
	Fall	1a	1b	1c	1d	3a	3b	3c	3d	5a	5b
Druck	$[bar]$	45	80	120	160	100	100	100	100	20	30
Temperatur	$[°C]$	240	280	305	330	300	330	360	390	250	260

Tabelle 3: Fallübersicht

Zusätzlich sind die Rauchgasmassenströme in Abhängigkeit der Tagestonnen Zement vorgegeben.

Tagestonnen $[TaTo]$	Massenstrom $\left[\frac{kg}{s}\right]$
1300	39,21
1500	43,52
1950	53,21

Tabelle 4: Übersicht Tagestonnen

Mit den oben genannten Randbedingungen (Tabelle 3 und Tabelle 4) und dem Berechnungsprogramm können Massen- und Wärmeströme simuliert werden. Hierfür wird die Software IPSEpro der Firma SimTech verwendet, mittels der man komplexe thermodynamische Energiebilanzen und Prozesse übersichtlich darstellen und vor allem lösen kann. [12]

Für die Auslegung der Konzepte, Anlagenkomponenten, Prozesssimulationen und Erstellung einer Vergleichstabelle in diesem Teil der Arbeit wurde der Massenstrom des minimalen Lastfalles von 1300 Tagestonnen mit einer Temperatur von 400°C zur Berechnung herangezogen. Die Q-T-Diagramme wurden erstellt, um die Ein- und Ausgangstemperaturen deutlich dar zu stellen.

Die dargestellten Anlagenschemas der Konzepte und die Q-T-Diagramme sind in Zusammenarbeit mit einem Projekt-Team am Institut für Energietechnik und Thermodynamik unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. M. Haider erstellt. Einige dieser verwendeten Schemas wurden von Herrn Diplom Ingenieur R. Karimi erstellt und für diese Arbeit übernommen. [13]

3.1. Allgemeine Überlegung

Bei den Simulationen und Berechnung in diesem Kapitel wird ein grober Überblick gegeben. Die berechneten Varianten sind zum Teil stark vereinfacht dargestellt, da das Ziel ein Variantenvergleich der verschiedenen Wärmeträgermedien ist. Die Rechenergebnisse stellen zum Teil technische Möglichkeiten dar, jedoch wurde bei der Vergleichsstudie kein Fokus auf durchführbare technische Lösung gelegt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die in diesem Kapitel beschriebenen Varianten sind Konzepte ohne Speicher. Die Anlagen bestehen aus zwei Kreisläufen. Im Erzeuger-Kreislauf wird das Wärmeträgermedium vom Rauchgas erwärmt und gibt diese Wärme im Abnehmer-Kreislauf für die Dampfproduktion ab.

In Konzept 1 und 3 erhitzt das Rauchgas das Medium über einen Rippenrohrwärmetauscher. Für das Konzept 5 wird ein Abhitzekessel verwendet um überhitzen Dampf für den Wärmetransfer zu erhalten.

3.2. Konzept 1 – H_2O – flüssig

Das Konzept 1 besteht aus einem Rippenrohrwärmetauscher, Verdampfer und Economizer. Hierbei wird Druckwasser als Wärmetransferfluid verwendet, welches im Rippenrohrwärmetauscher durch das Rauchgas erwärmt wird.

		Fälle			
		1a	1b	1c	1d
H_2O	T_{Wein} $[°C]$	181.36	171,66	165,05	157,71
	p_{Wein} $[bar]$	46,5	81,5	121,5	161,5
	T_{Waus} $[°C]$	240	280	305	330
	p_{Waus} $[bar]$	45	80	120	160
RG	T_{RGein} $[°C]$	400	400	400	400
	T_{RGaus} $[°C]$	191,36	190,4	192	196,5
Wärmetauscher	$k * A$ $\left[\frac{kW}{K}\right]$	173,87	173,26	173,64	173,69
	Q $[kW]$	9406,82	9448,62	9378,95	9182,80

Tabelle 5: Randbedingungen des Rippenrohrwärmetauschers

Wie man in der Tabelle 5 sehen kann wurden die $k * A$ – Werte konstant gehalten, um am Ende eine bessere Vergleichbarkeit zu erhalten.

Das erwärmte Wasser fließt zum Abnehmer. Hier wird zuerst das Speisewasser im Economizer erhitzt und anschließend im Verdampfer Sattdampf erzeugt.

Das Anlagenschema des ersten Konzepts ist in der Abbildung 2 abgebildet. Die Q-T-Diagramme der Anlage sind in den Abbildungen 7 bis 10 dargestellt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

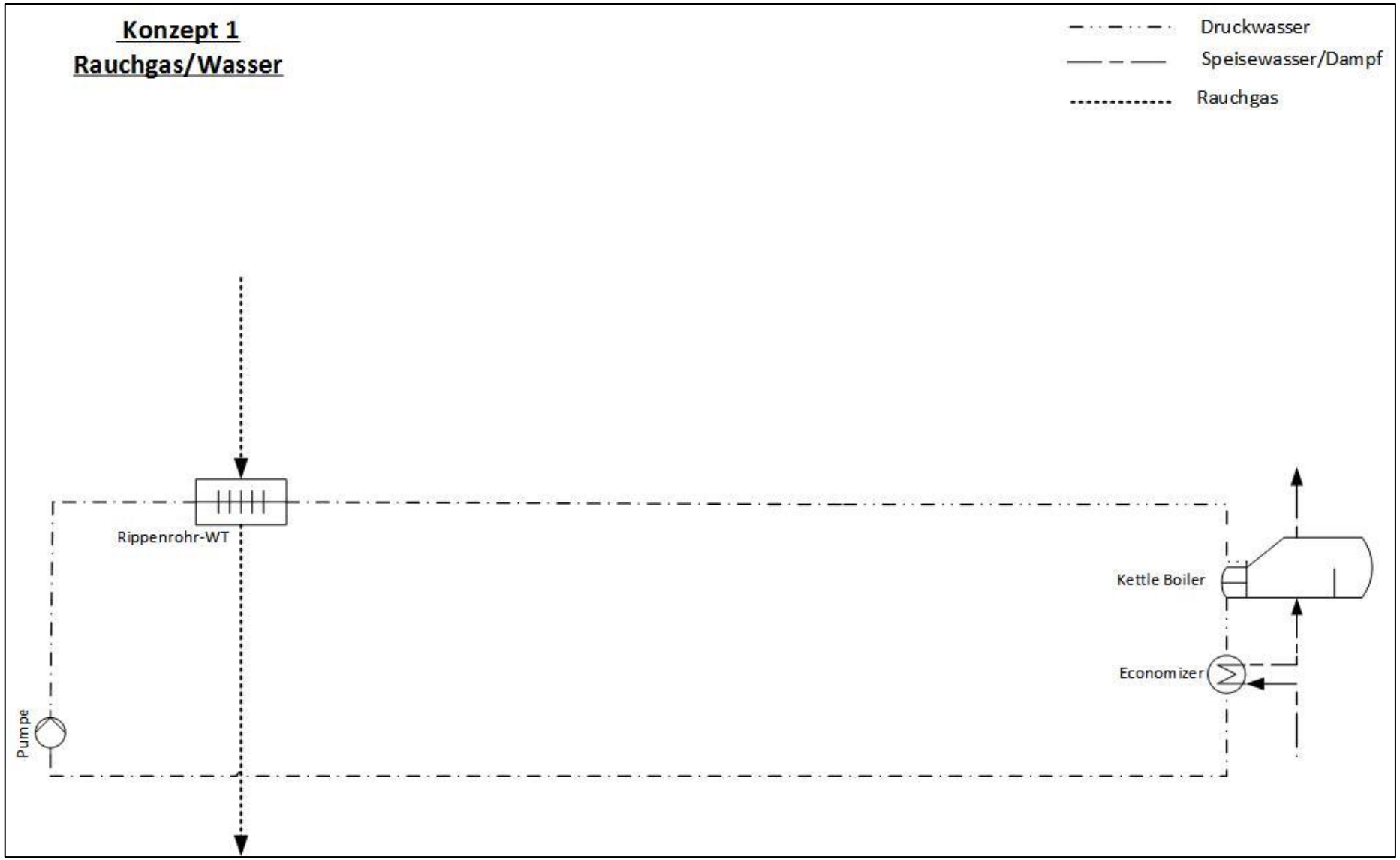


Abbildung 2: Anlageschema Konzept 1 [13]

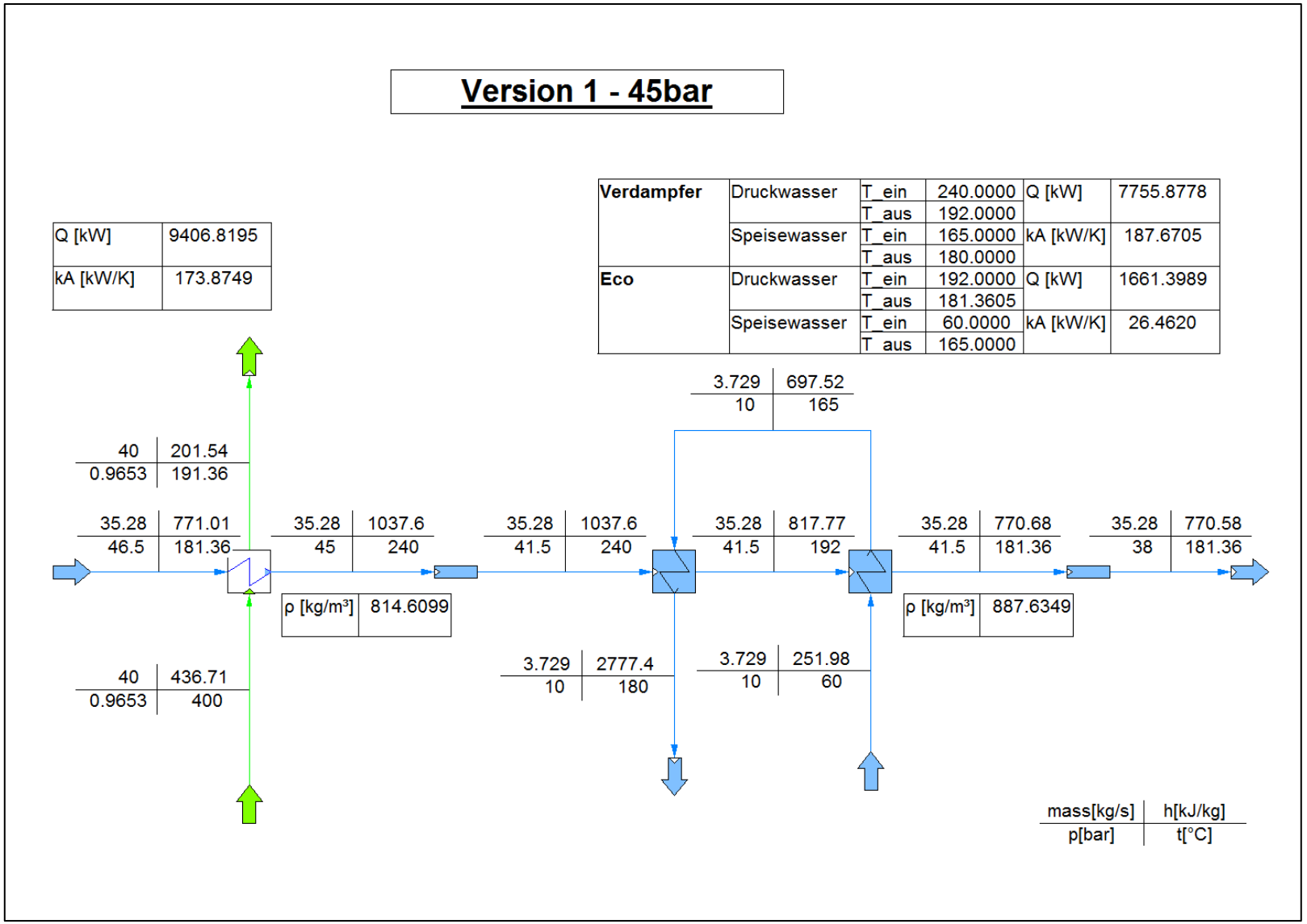


Abbildung 3: IPSE Simulation Konzept 1 Fall 1a

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

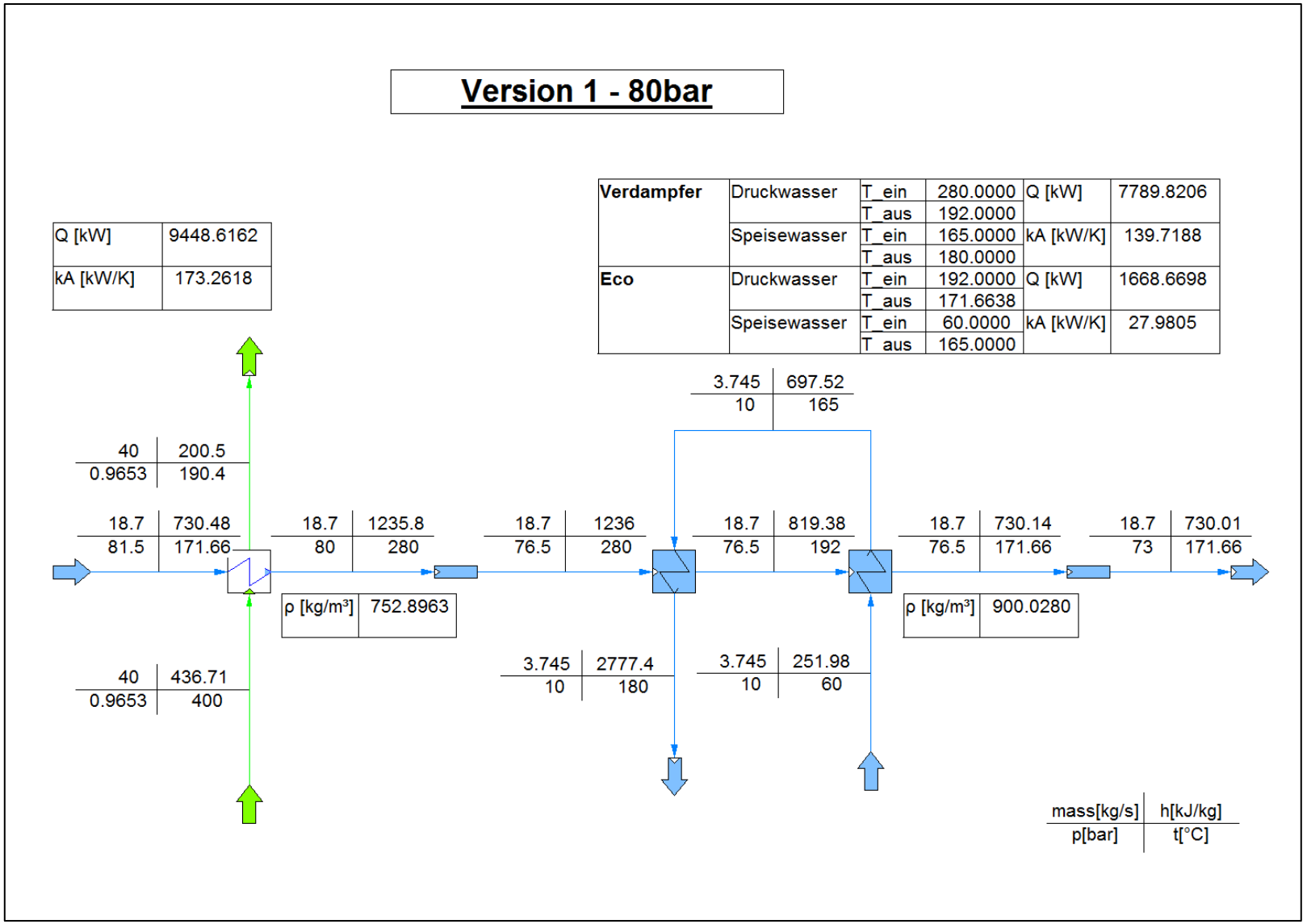


Abbildung 4: IPSE Simulation Konzept 1 Fall 1b

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

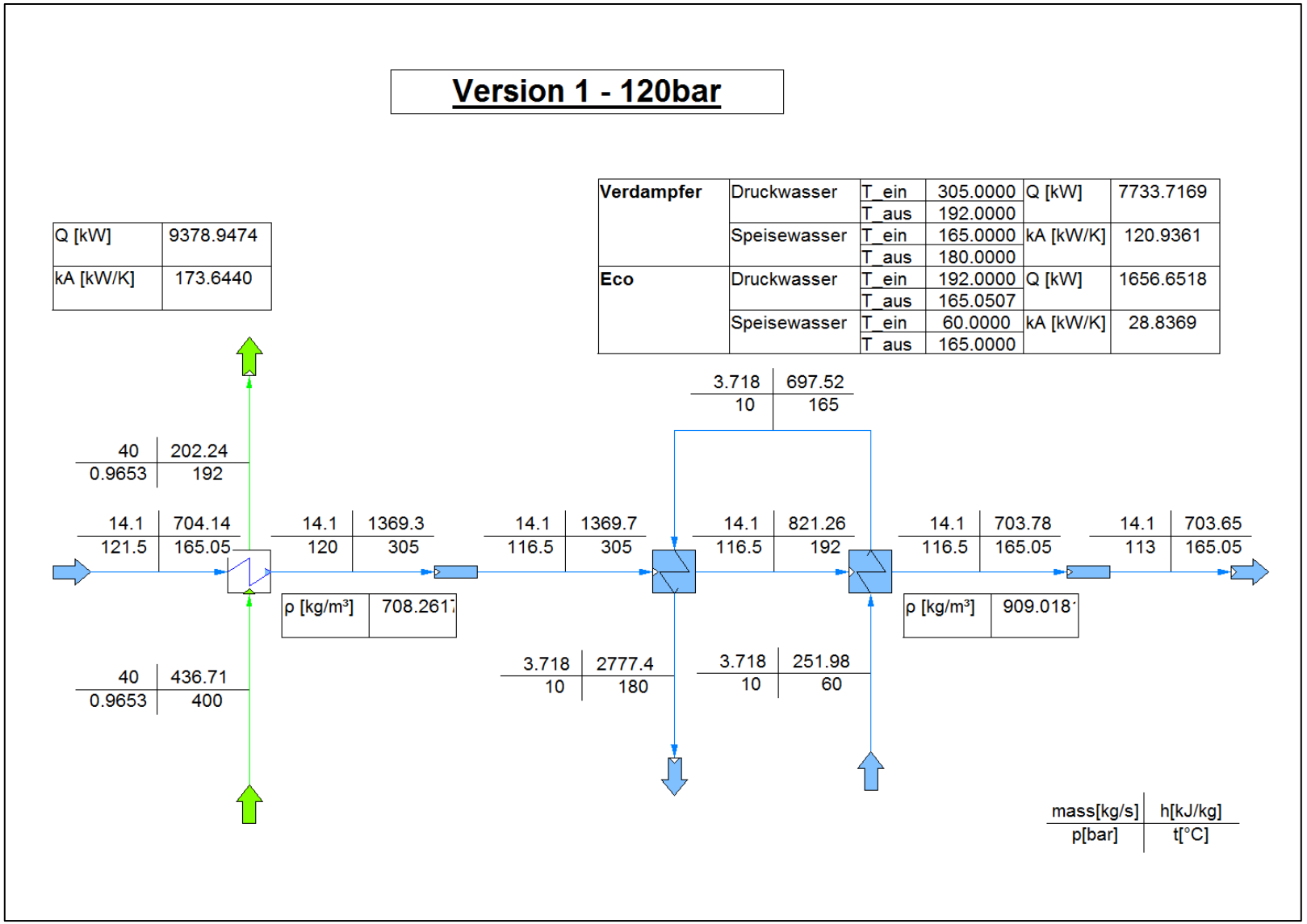


Abbildung 5: IPSE Simulation Konzept 1 Fall 1c

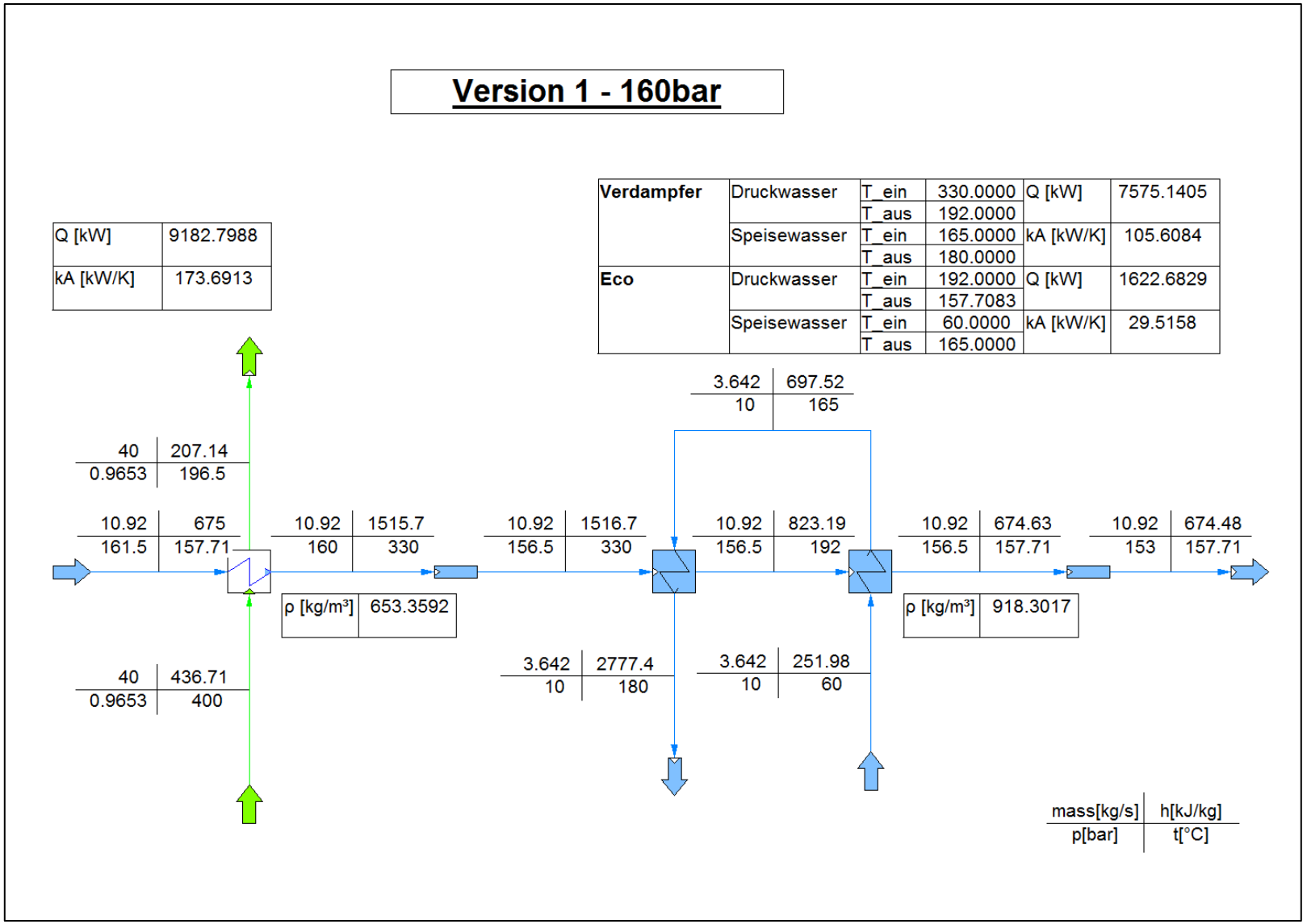


Abbildung 6: IPSE Simulation Konzept 1 Fall 1d

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

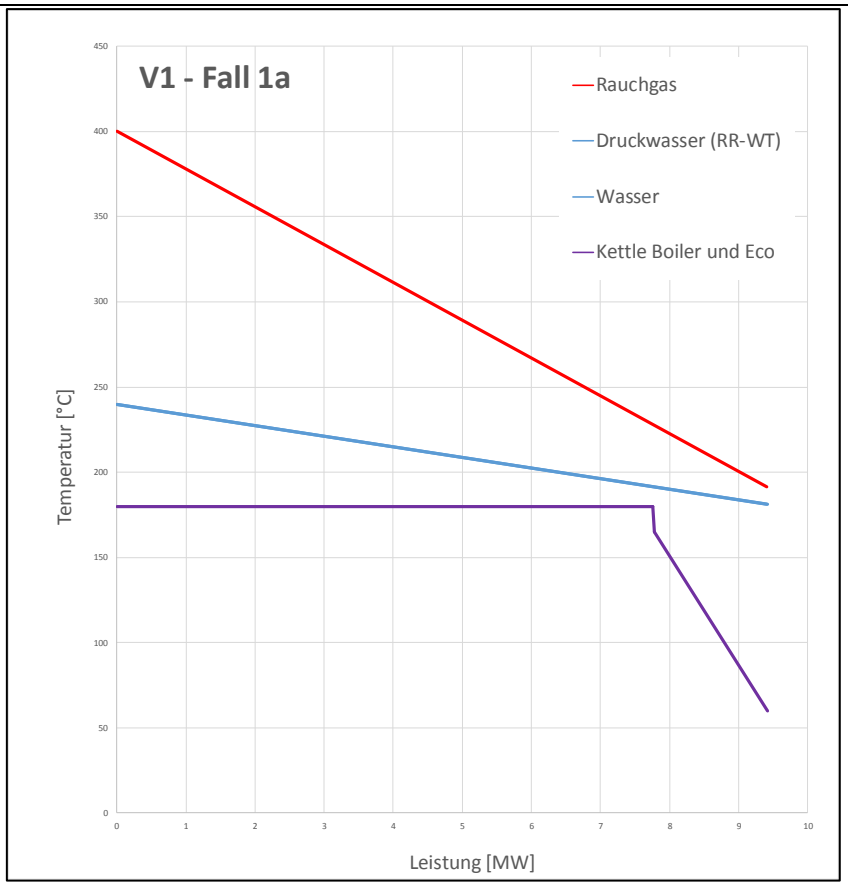


Abbildung 7: Q-T-Diagramm Konzept 1 Fall 1a [13]

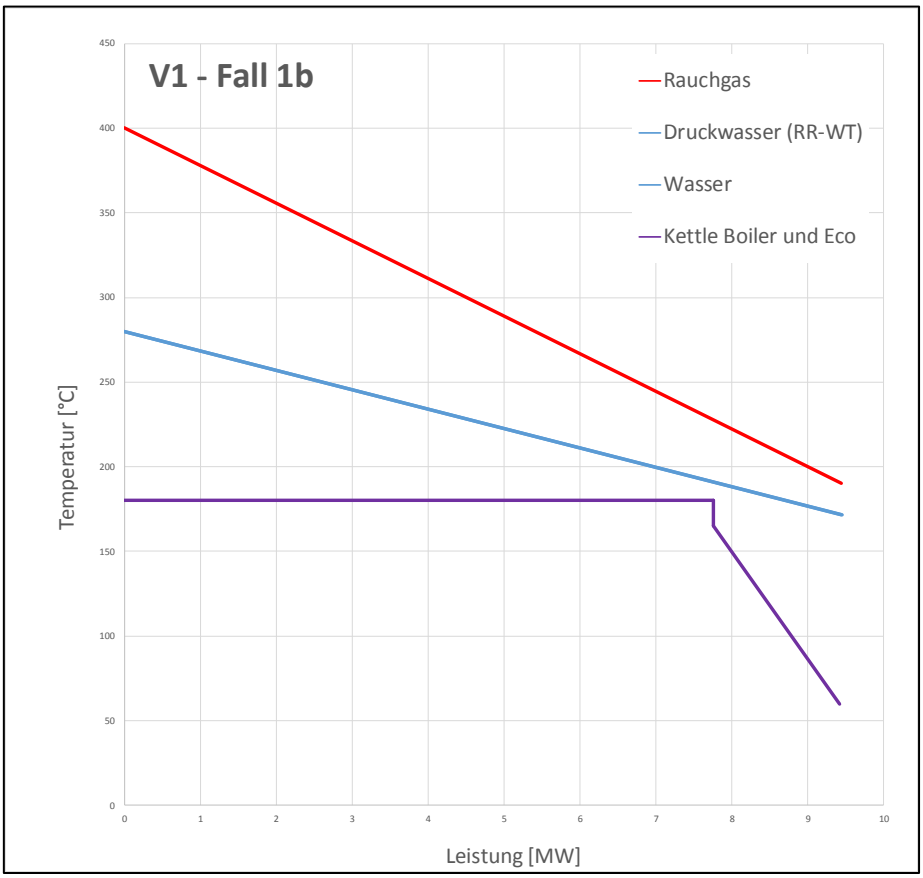


Abbildung 8: Q-T-Diagramm Konzept 2 Fall 1b [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

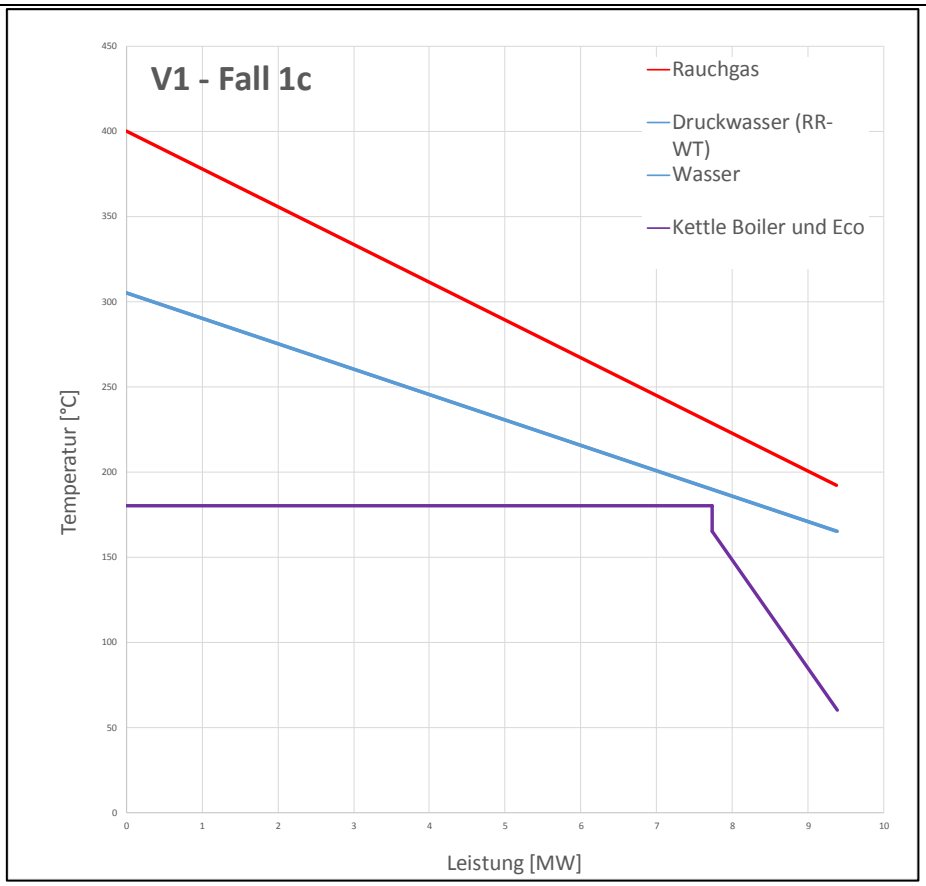


Abbildung 9: Q-T-Diagramm Konzept 1 Fall 1c [13]

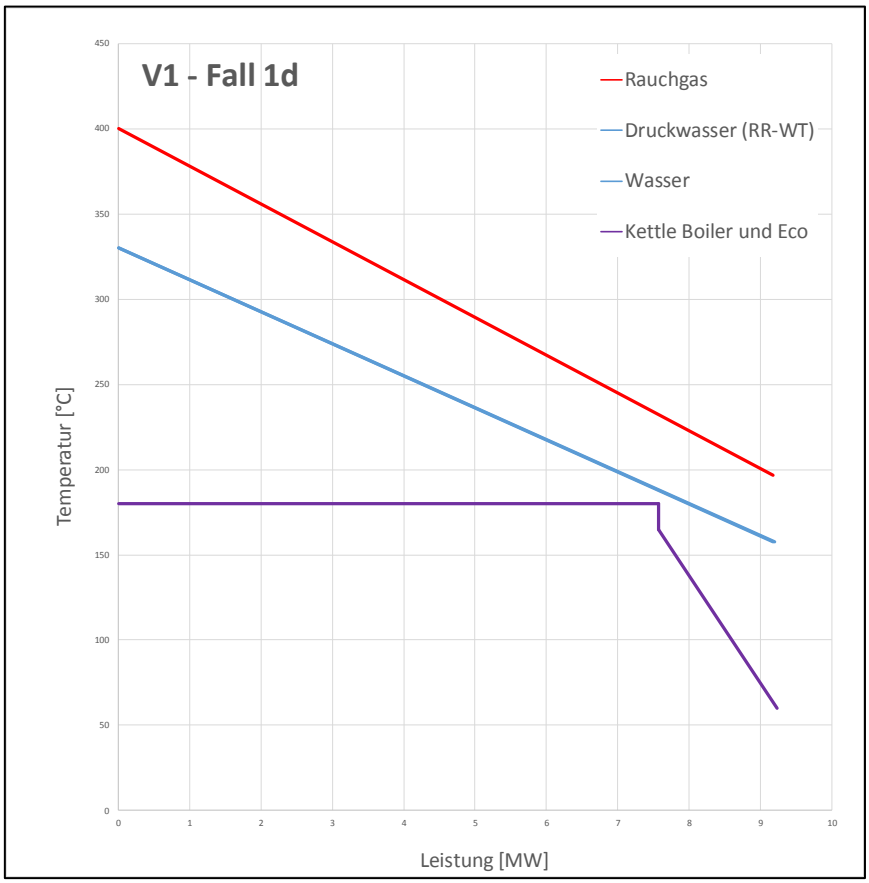


Abbildung 10: Q-T-Diagramm Konzept 1 Fall 1d [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

3.3. Konzept 3 – sCO_2 – flüssig

Im Gegensatz zu Konzept 1 wird für das Konzept 3 Kohlenstoffdioxid statt Wasser als Wärmetransferfluid verwendet. Wie in Abbildung 11 gezeigt, ist der Aufbau hierbei der gleiche wie bei Konzept 1. Das sCO2 wird durch das Rauchgas im Rippenrohrwärmetauscher erhitzt und anschließend zum Abnehmer transportiert. Aufgrund der fehlenden Gefahr des Verdampfens kann Kohlenstoffdioxid auf hohe Temperaturen erhitzt werden. Hierbei ist wichtig, dass der Druck stets überkritisch ist.

Aufgrund der hohen Temperatur und des Druckes ist die Rohrauslegung komplizierter als bei Druckwasser. Die Wandstärke und der Rohrdurchmesser sind um ein Vielfaches größer als im Konzept 1.

Im Vergleich zu Wasser besitzt Kohlenstoffdioxid im überkritischen Zustand eine wesentlich geringere Dichte. Im direkten Vergleich zwischen den beiden Wärmetransfermedien bedeutet das, dass bei vergleichbarer Dimensionierung der Konzepte ein geringerer Druckverlust entsteht.

Im Abnehmer wird Sattdampf durch die Erhitzung im Economizer und Verdampfung im Verdampfer erzeugt.

		Fälle				
		3a	3b	3cc	3dd	3ddd
sCO_2	$T_{sCO2ein}$ $[°C]$	169,52	163,4	157,3	151,23	151,23
	$p_{sCO2ein}$ $[bar]$	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5
	$T_{sCO2aus}$ $[°C]$	300	330	360	390	390
	$p_{sCO2aus}$ $[bar]$	100	100	100	100	100
RG	T_{RGein} $[°C]$	400	400	400	400	400
	T_{RGaus} $[°C]$	194	200,5	177	203	182,5
Wärmetauscher	k*A $\left[\frac{kW}{K}\right]$	173,15	173,83	349,96	350,30	524,85
	Q $[kW]$	9291,81	9008,19	10030,59	8898,94	9792,04

Tabelle 6: Randbedingungen des Rippenrohrwärmetauschers

Die Tabelle 6 zeigt die 5 Fälle für die Variante mit überhitztem Kohlenstoffdioxid. Die Fälle 3a und 3b haben einen $k * A$ – Wert von 173 $\frac{kW}{K}$ und somit den gleichen Wert wie die Fälle aus Konzept 1. Durch das Vergrößern des Rippenrohrwärmetausches im Fall 3cc, kann mehr Wärme vom sCO2 aufgenommen werden, wodurch die Raugasaustrittstemperatur deutlich sinkt. Die Fälle 3dd und 3ddd haben die gleiche sCO2 Ein- und Austritttemperatur. Hier sieht man deutlich die Wirkung des $k * A$ – Wertes auf die Rauchgasaustrittstemperatur. 3ddd hat eine größere Rauchgastemperaturdifferenz als 3dd, da diese Variante einen höheren $k * A$ – Werte aufweist.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

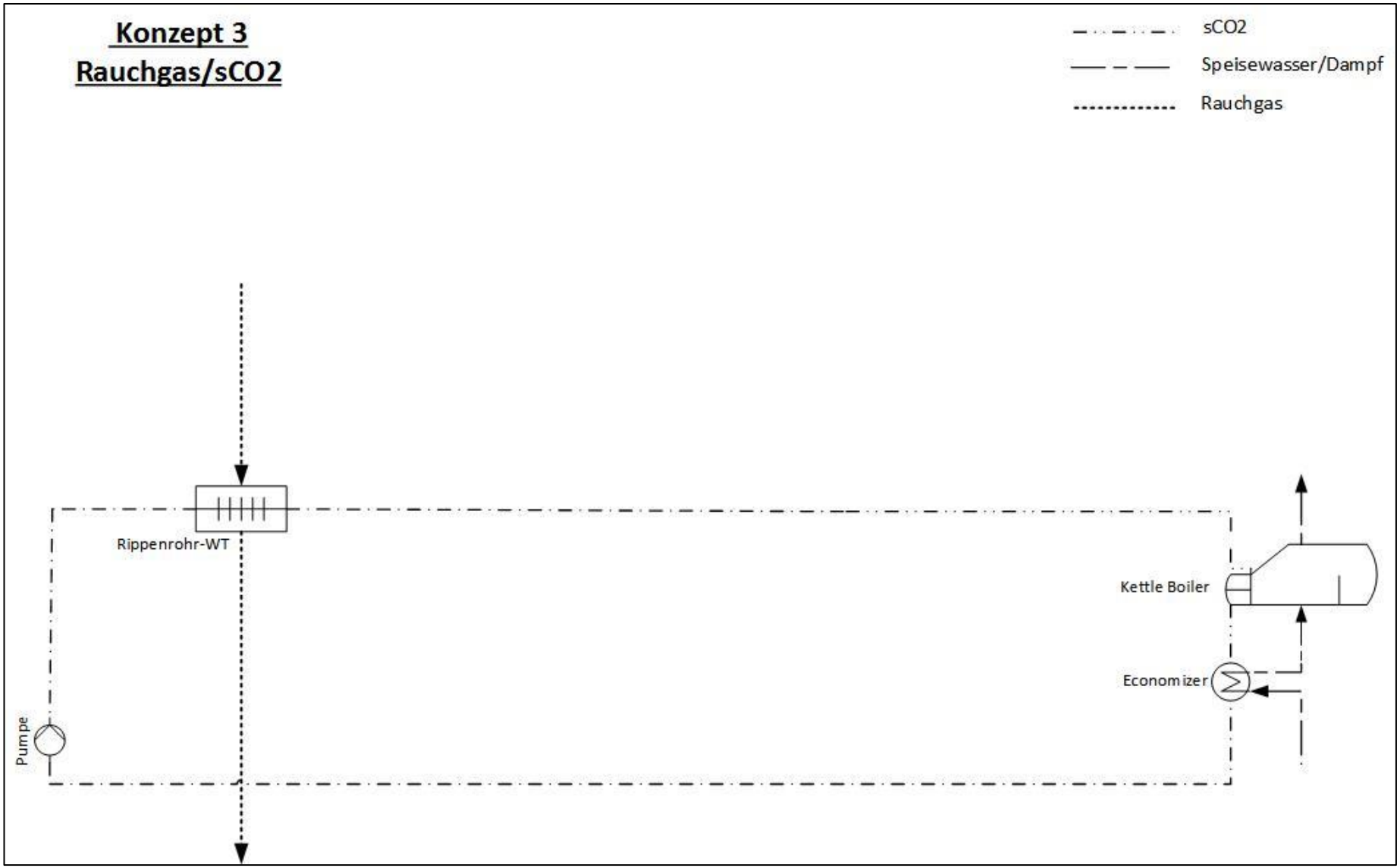


Abbildung 11: Anlageschema Konzept 3 [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

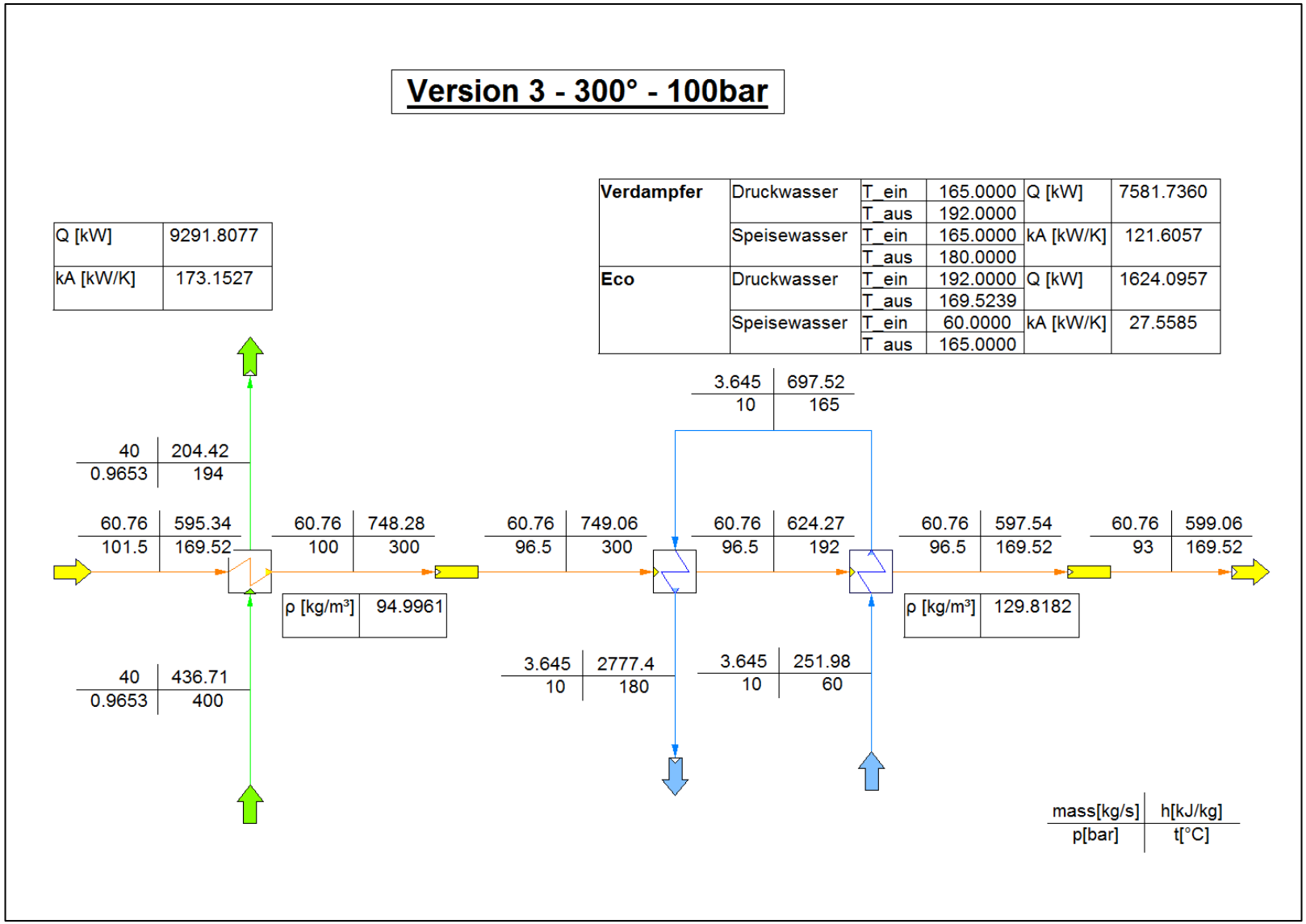


Abbildung 12: IPSE Simulation Konzept 3 Fall 3a

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

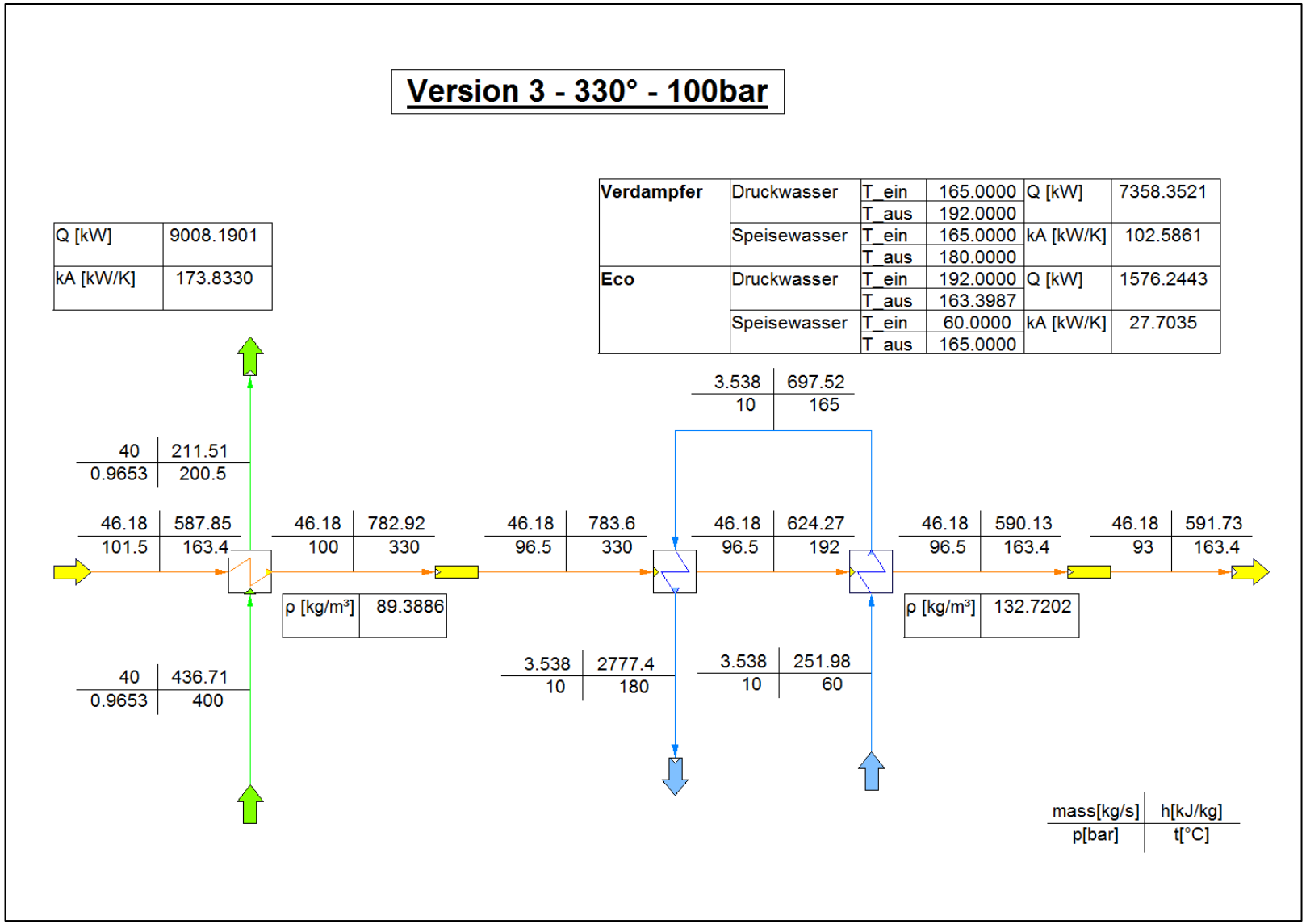


Abbildung 13: : IPSE Simulation Konzept 3 Fall 3b

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

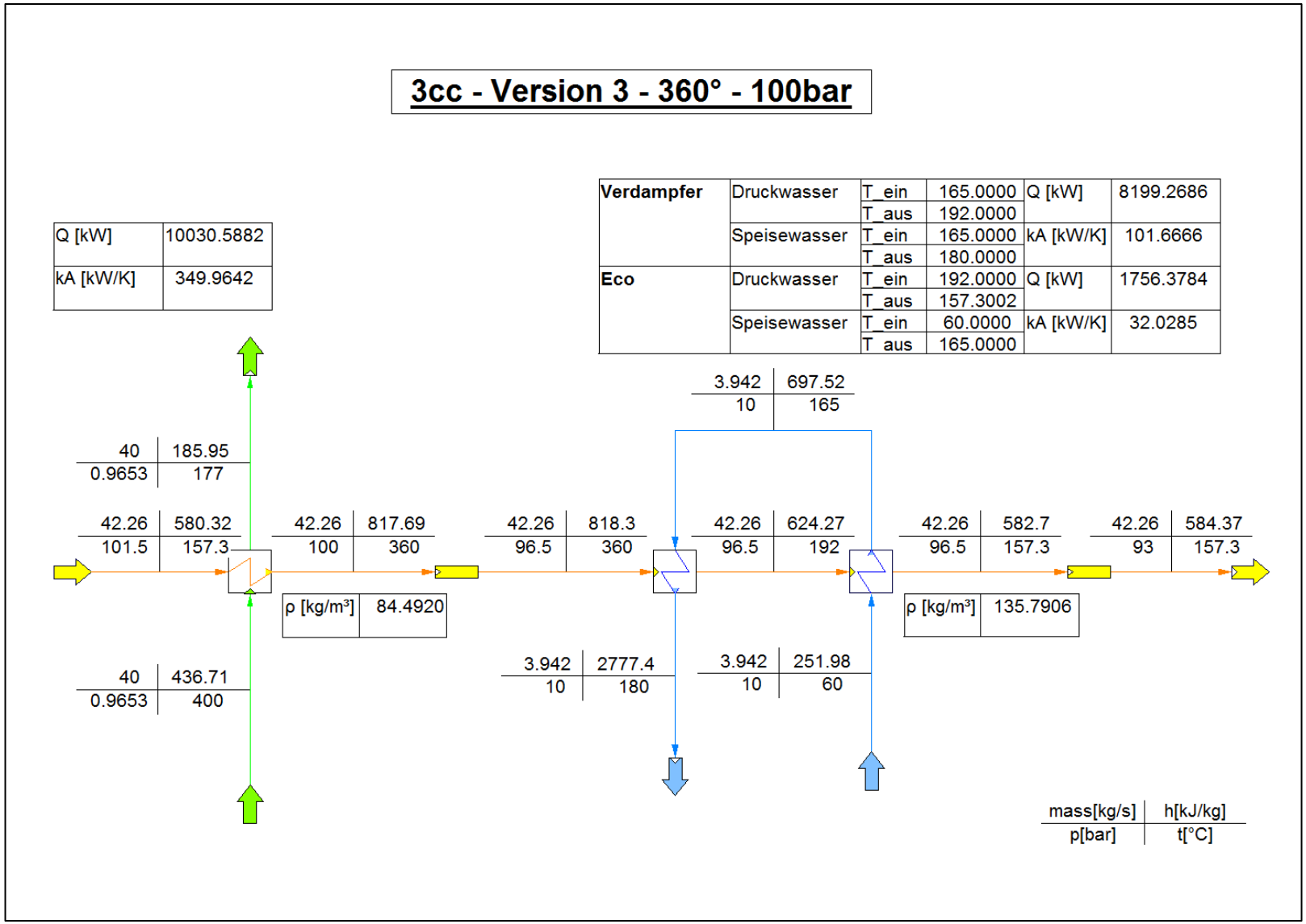


Abbildung 14: : IPSE Simulation Konzept 3 Fall 3cc

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

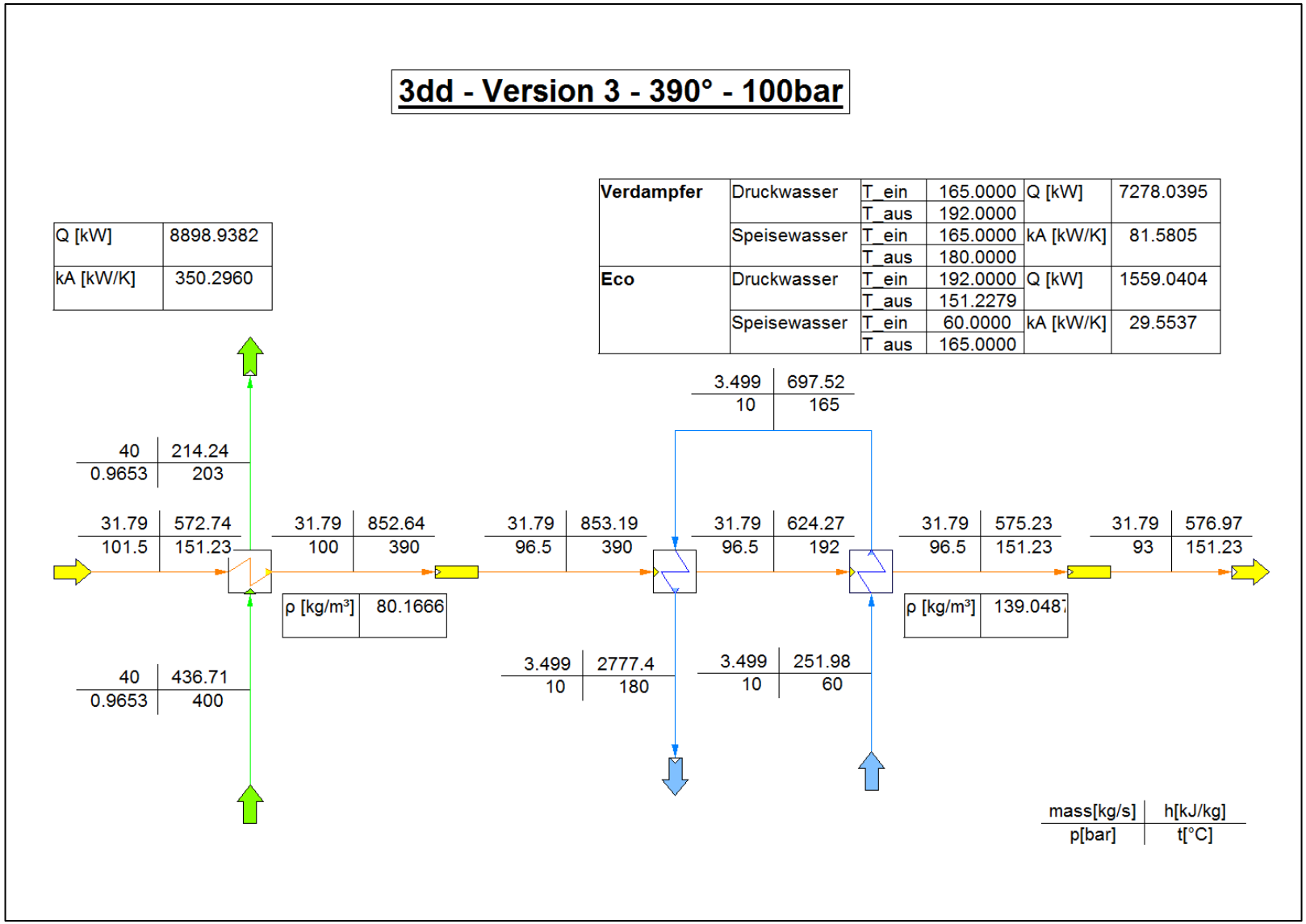


Abbildung 15: : IPSE Simulation Konzept 3 Fall 3dd

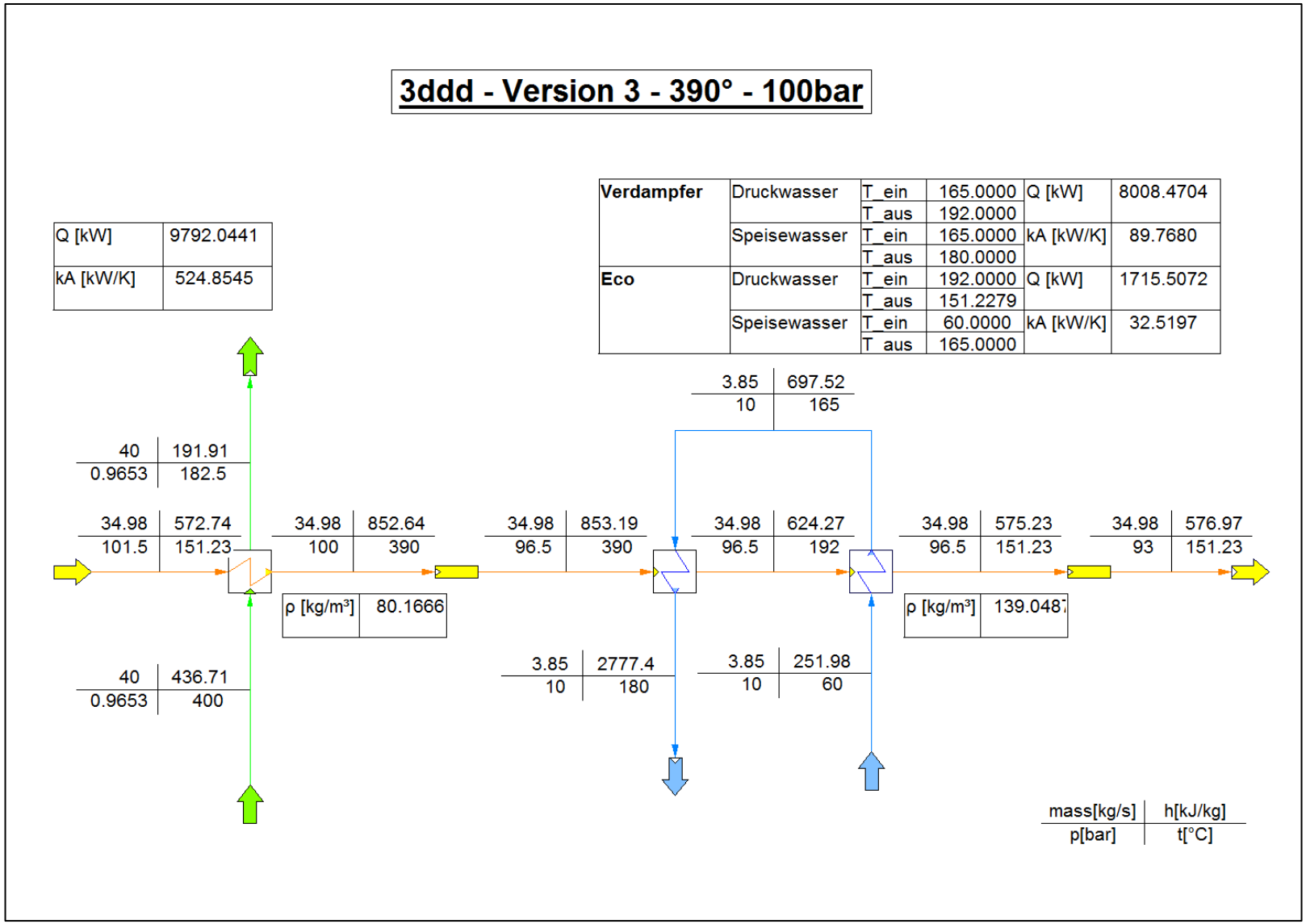


Abbildung 16: IPSE Simulation Konzept 3 Fall 3ddd

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

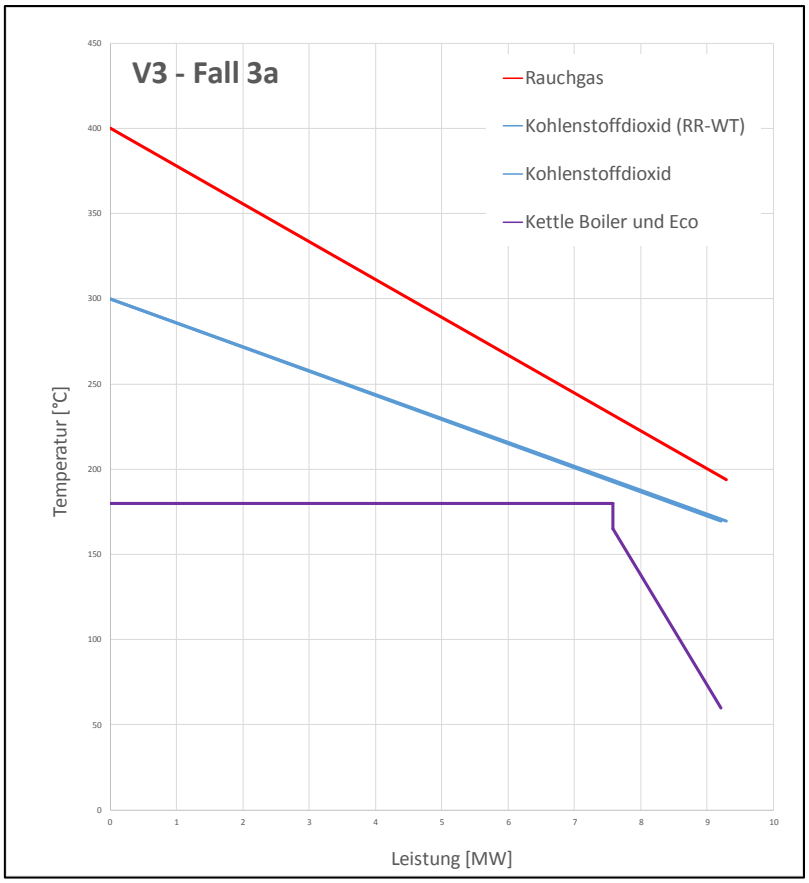


Abbildung 17: Q-T-Diagramm Konzept 3 Fall 3a [13]

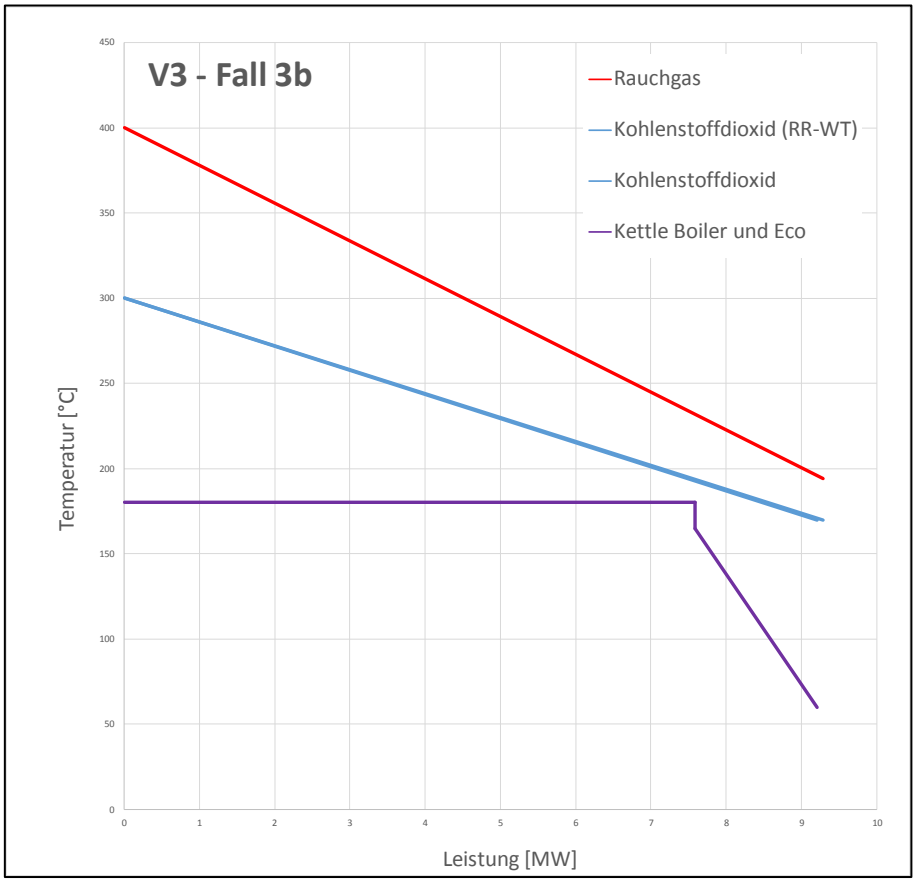


Abbildung 18: Q-T-Diagramm Konzept 3 Fall 3b [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

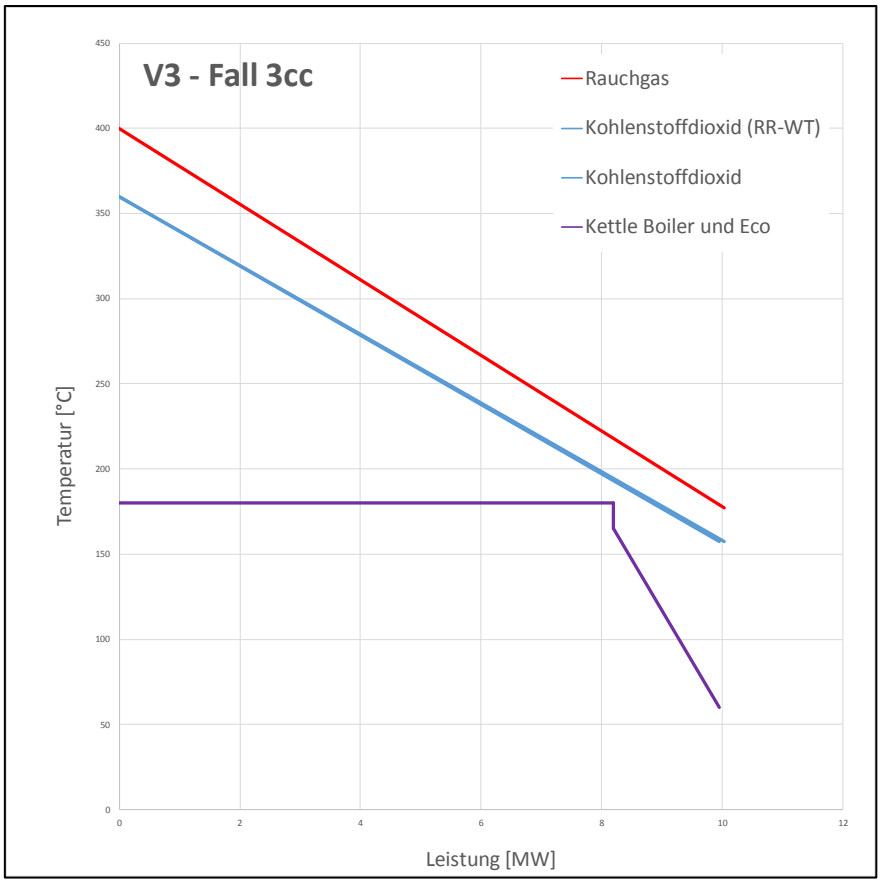


Abbildung 19: Q-T-Diagramm Konzept 3 Fall 3cc [13]

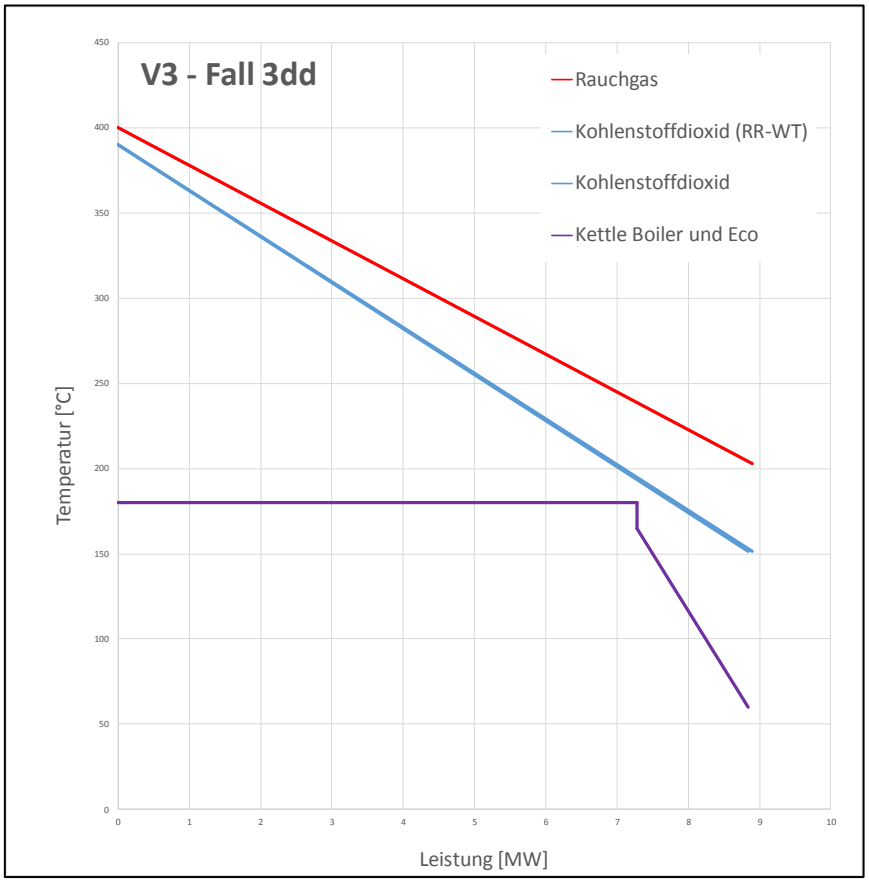


Abbildung 20: Q-T-Diagramm Konzept 3 Fall 3dd [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

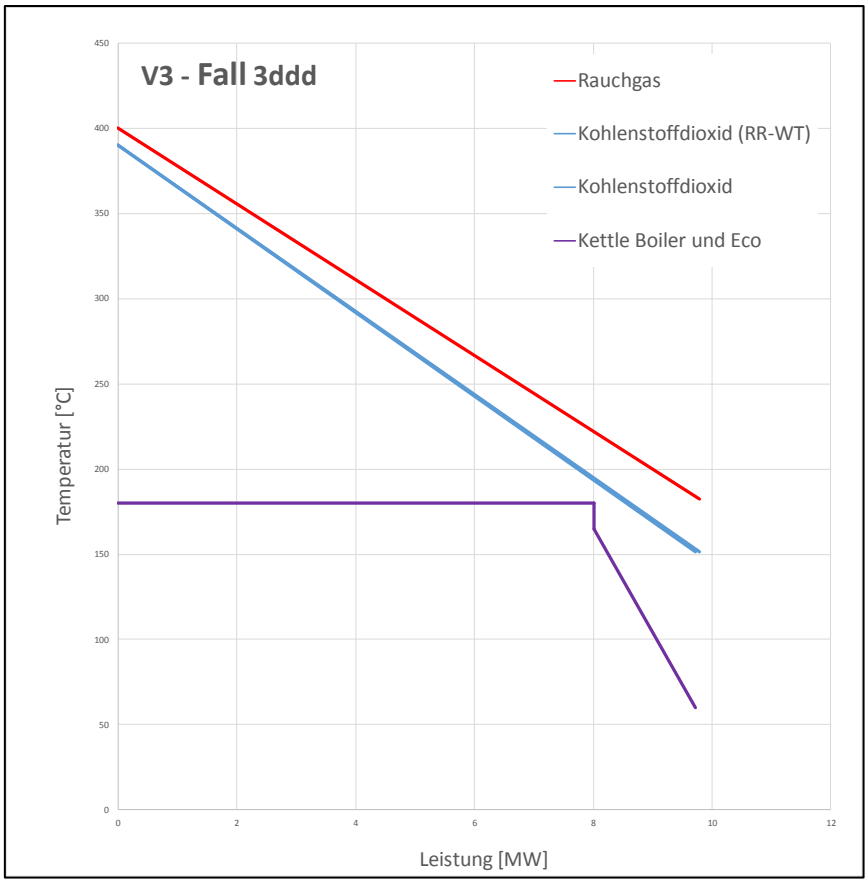


Abbildung 21: Q-T-Diagramm Konzept 3 Fall 3dd [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.4. Konzept 5

Bei diesem Konzept ist der Aufbau der Anlage anders als bei den zwei vorherigen. Das Rauchgas gibt hierbei die Wärme über einen Abhitzekessel ab, der aus Economizer, Verdampfer und Überhitzer besteht. Bei diesem Konzept ist die Rücklauftemperatur des Druckwassers sehr niedrig. Das Druckwasser tritt als erstes in den Economizer ein, wird erwärmt und gelangt anschließend in eine Trommel. In der Trommel kommt es zur Kondensat-Abscheidung. Anschließend kommt es zur Verdampfung des Kondensats im Verdampfer 1. Das Wasser-Dampf Gemisch wird wieder in die Trommel geleitet. Der Sattdampf verlässt die Trommel und wird im Überhitzer überhitzt.

Der überhitze Dampf gibt die gespeicherte Wärme in der Molkerei ab. Der Abnehmer-Kreislauf besteht aus Verdampfer, Economizer und Trommel. Speisewasser wird im Economizer erwärmt und wird über die Trommel zum Verdampfer geleitet, wo es zur Verdampfung des Wassers kommt. Das Wasser-Dampf Gemisch gelangt anschließend wieder in die Trommel und es entsteht Sattdampf.

		Fälle	
		5a	5b
H_2O	T_{Wein} $[°C]$	87,19	87,19
	p_{Wein} $[bar]$	20	30
Dampf	T_{Waus} $[°C]$	250	260
	p_{Waus} $[bar]$	16,5	26,5
RG	T_{RGein} $[°C]$	400	400
	T_{RGaus} $[°C]$	190	210
Überhitzer 1	k*A $\left[\frac{kW}{K}\right]$	19,63	19,36
	Q $[kW]$	1399,50	1579,87
Verdampfer 1	k*A $\left[\frac{kW}{K}\right]$	132,46	117,78
	Q $[kW]$	7675,30	6729,03
Economizer 1	k*A $\left[\frac{kW}{K}\right]$	2,38	1,89
	Q $[kW]$	391,22	283,64

Tabelle 7: Randbedingungen des Abhitzekessels

Hierbei ist zu beobachten, dass bei Dampf als Wärmeträgermedium mehr Wärme aus dem Rauchgas aufnehmen kann ohne, dass der Wärmetauscher überdiemensioniert wird. In anderen Worten bei gleicher Rauchgastemperaturdifferenz sinkt der $k * A$ – Wert.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

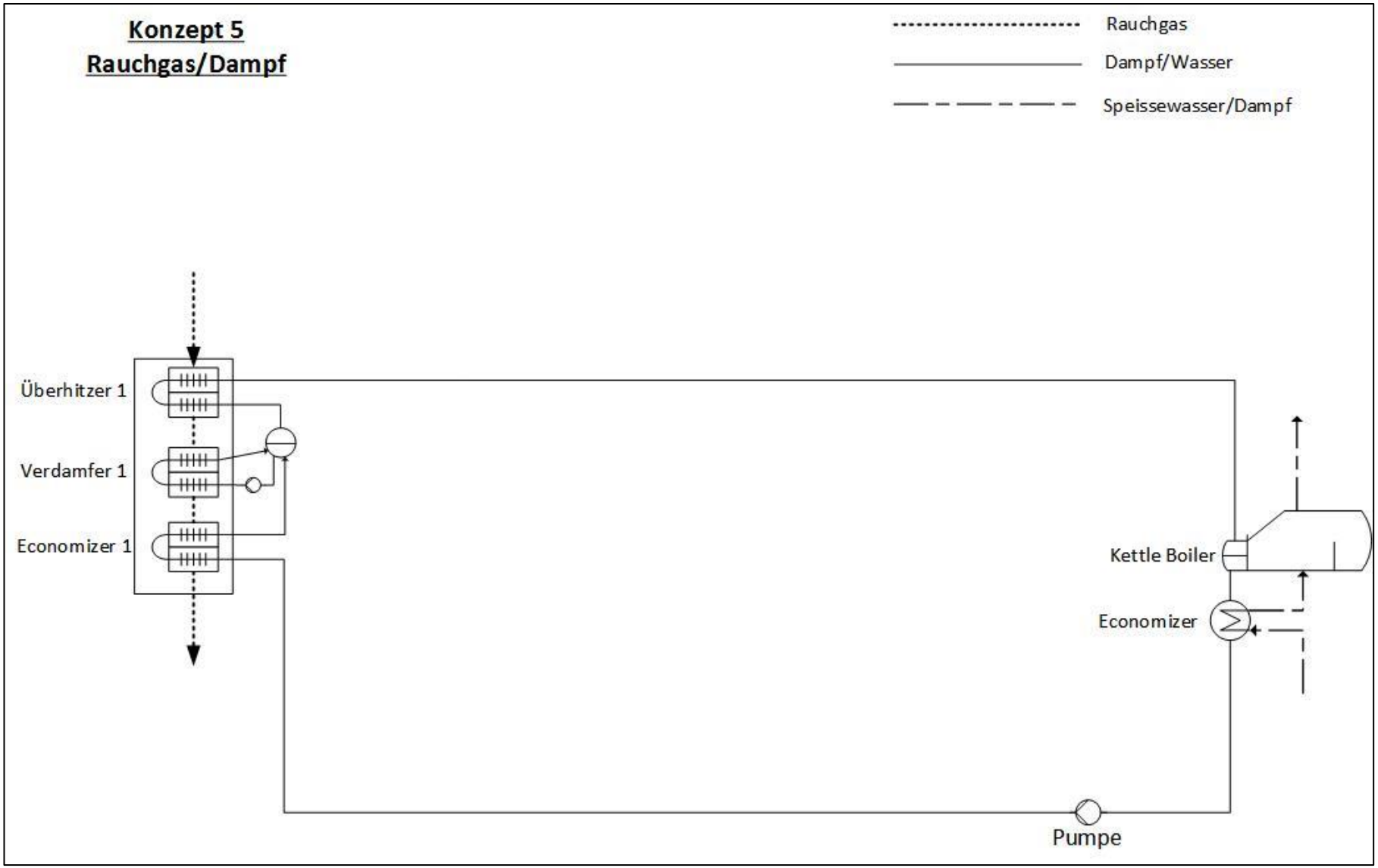
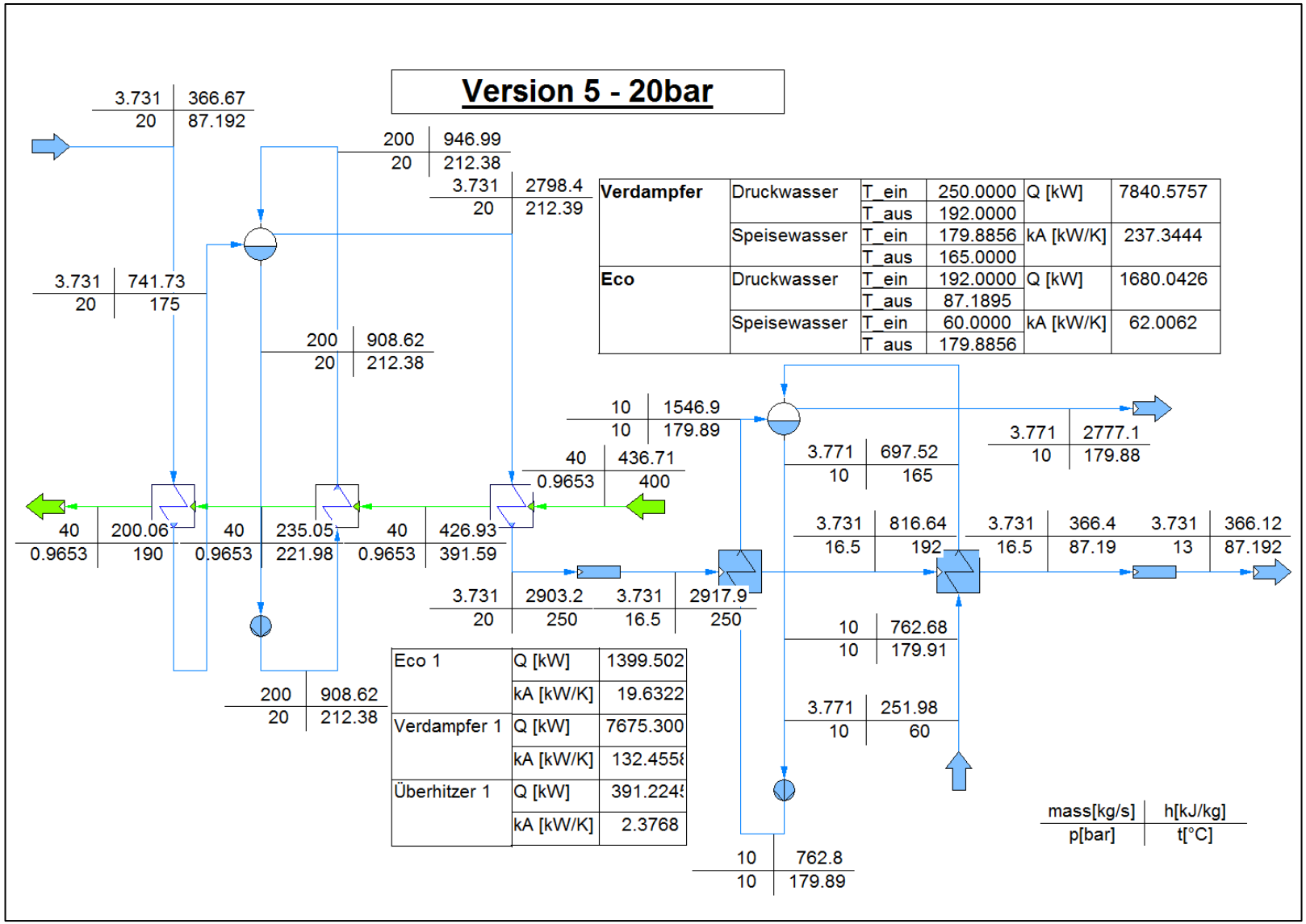


Abbildung 22: Anlageschema Konzept 5 [13]



Verdampfer	Druckwasser	T_ein	250.0000	Q [kW]	7840.5757
		T_aus	192.0000		
	Speisewasser	T_ein	179.8856	kA [kW/K]	237.3444
		T_aus	165.0000		
Eco	Druckwasser	T_ein	192.0000	Q [kW]	1680.0426
		T_aus	87.1895		
	Speisewasser	T_ein	60.0000	kA [kW/K]	62.0062
		T_aus	179.8856		

Eco 1	Q [kW]	1399.502
	kA [kW/K]	19.6322
Verdampfer 1	Q [kW]	7675.300
	kA [kW/K]	132.4558
Überhitzer 1	Q [kW]	391.2245
	kA [kW/K]	2.3768

Abbildung 23: IPSE Simulation Konzept 5 Fall 5a

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

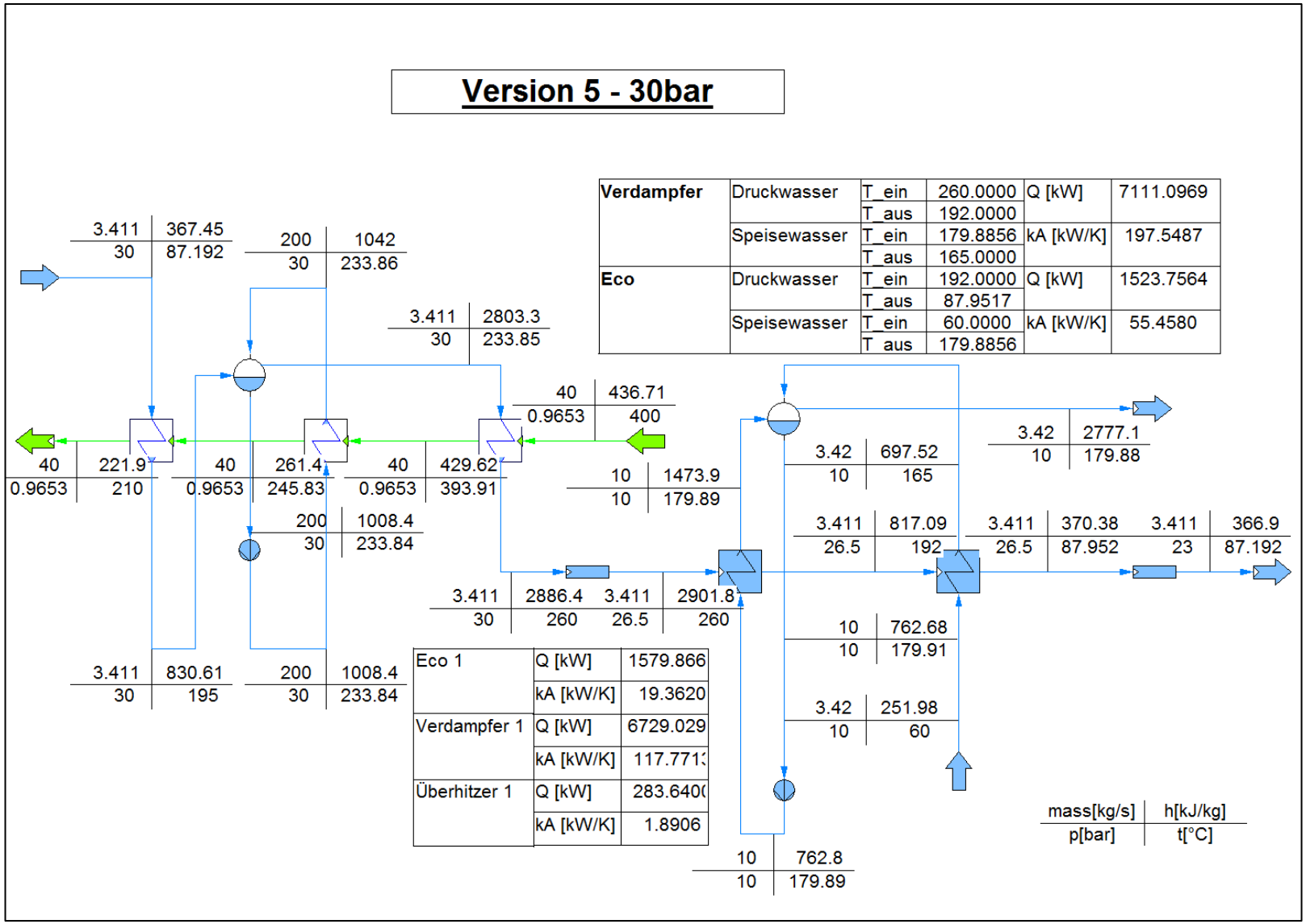


Abbildung 24: IPSE Simulation Konzept 5 Fall 5b

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

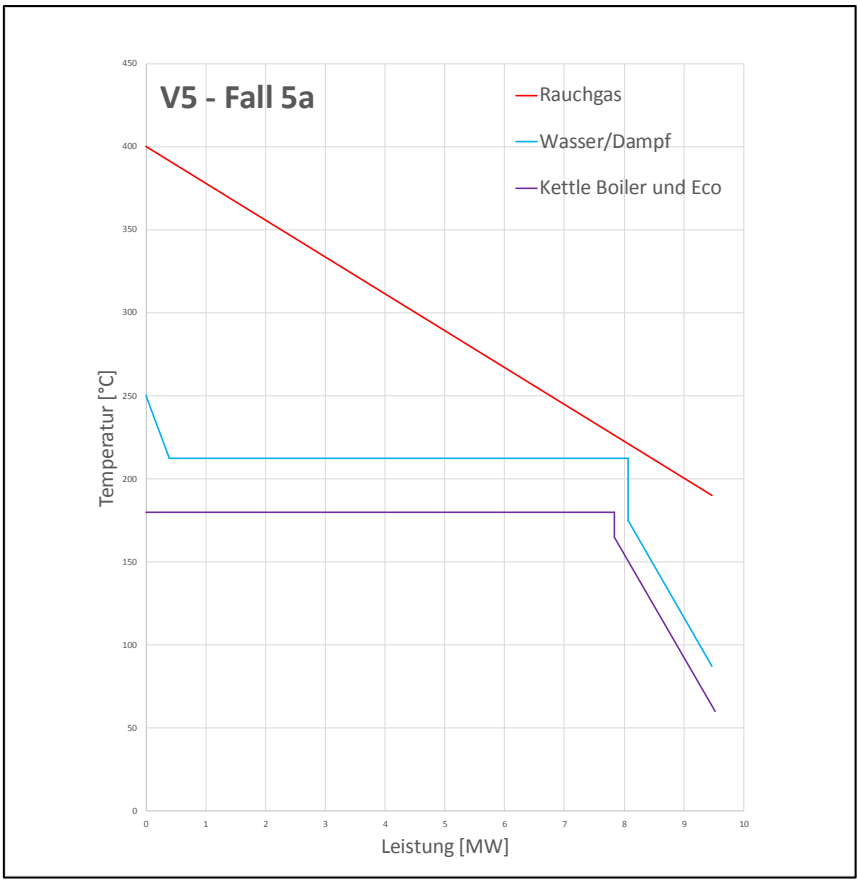


Abbildung 25: Q-T-Diagramm Konzept 5 Fall 5a [13]

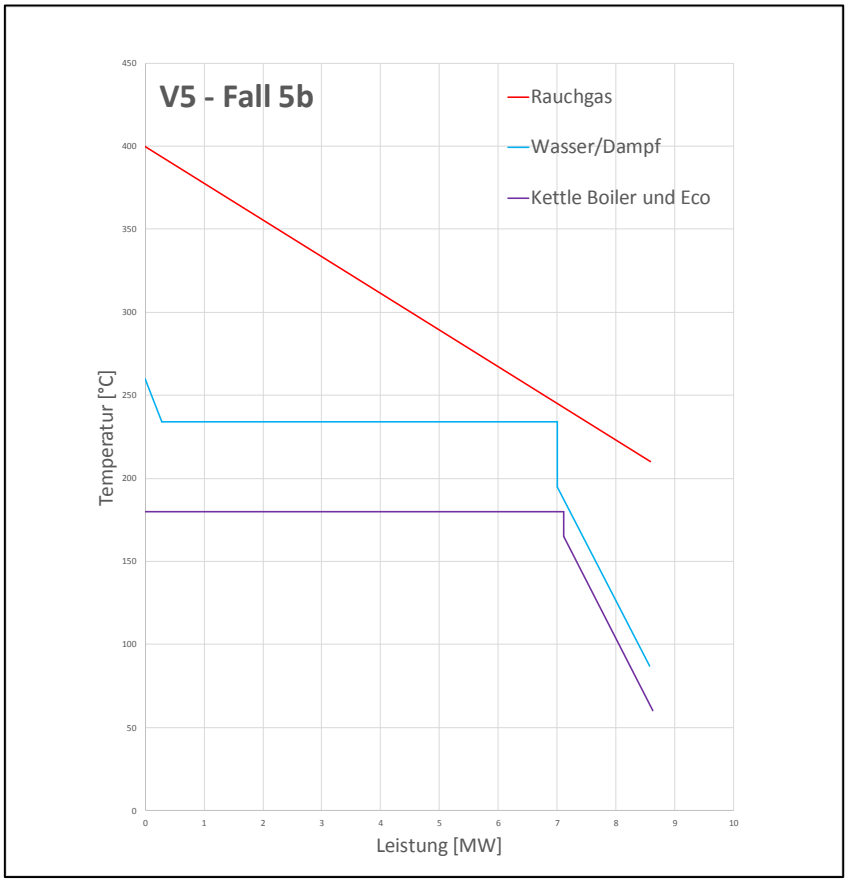


Abbildung 26: Q-T-Diagramm Konzept 5 Fall 5b [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4. Systemkonfigurationen

Um die Abwärme des Zementwerkes Hatschek für die Energieversorgung der Gmundner Molkerei nutzen zu können, wurden mehrere Konfigurationen festgelegt. Diese werden im folgenden Kapitel sowohl als Anlagenschema [13] als auch in der Simulation dargestellt.

Um die Anlagenkomponenten auslegen und wählen zu können, müssen die thermodynamischen Prozesse simuliert werden. Für die Berechnungen wurde sowie in Kapitel 3 das Programm IPSEpro verwendet.

Die Distanz zwischen dem Erzeuger und Abnehmer beträgt 1,5 Kilometer. Die Wärmeträgermedien, um die Wärme auf dieser Strecke zu übertragen, den Speicher zu beladen beziehungsweise entladen und Dampf zu produzieren sind in der Tabelle 8 gelistet.

Kurzzeichen	Name
H_2O – flüssig	Wasser
Durferrit	(Hochtemperatur-)Salz
-	Luft
sCO_2	Kohlenstoffdioxid
H_2O – gasförmig	Dampf

Tabelle 8: Wärmeträgermedien der Kreisläufe

Es wurden 9 Konfigurationen erarbeitet, welche sich grundsätzlich zwischen direkter und indirekter Dampferzeugung, sowie mit oder ohne Speicher unterscheiden.

Zwei dieser erstellten Konfigurationen erzeugen den Dampf direkt ohne Speicherung. Hierfür wurden die Konzepte des vorherigen Kapitels herangezogen, detailreicher ausgearbeitet und berechnet. Weiters wurden die Rand- und Anfangsbedingungen auf das Projekt angepasst.

Konfiguration	Wärmeträgermedium	direkt	indirekt	Speicher
1	H_2O - flüssig	X		Nein
3	sCO_2	X		Nein

Tabelle 9: Konfigurationen ohne Speicher

Da das Zementwerk bis zu zwei Monate Produktionsstillstand hat, haben die weiteren 7 Konfigurationen zusätzlich einen Speicher. Hier kommt es zu einer Teilbeladung des Speichers, um die Zeit in welcher keine Abwärme produziert wird überbrücken zu können. Der Rest der Wärme wird genützt, um indirekt den notwenigen Sattdampf zu produzieren.

Konfiguration	Wärmeträgermedium	direkt	indirekt	Speicher	Speichermedium
2a	Salz		x	Ja	Luft
2b	sCO_2		x	Ja	Luft
5	Dampf	x		Ja	Dampf
6a1	Salz		x	Ja	Luft
6a2	Salz		x	Ja	Luft
7a	Salz		x	Ja	Salz
7b	Salz		x	Ja	Salz

Tabelle 10: Konfigurationen mit Speicher

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Je nachdem ob die Wärme kurzfristig oder langfristig gespeichert werden soll kommen zwei Speicherkonzepte in Frage.

Art der Speicherung	Dauer der Speicherung
Latent	Kurzfristig
Festbett	Langfristig

Tabelle 11: Speicherarten

Die Tabelle 12 zeigt wie hoch die Temperatur und der Massenstrom des Rauchgases in Abhängigkeit der Tagestonnen Zement ist. Hierbei sind 1300 $[TaTo]$ die Minimal-, 1500 $[TaTo]$ die Durchschnitts- und 1900 $[TaTo]$ die Maximalproduktion des Zementwerks. Bei der weiteren Berechnung und Auslegung der Anlagenkomponenten wurde der maximale Lastfall herangezogen.

Zementwerk Tagestonnen $[TaTo]$	Rauchgas-Massenstrom $\left[\frac{kg}{s}\right]$	Rauchgas-Temperatur $[°C]$
Stillstand	-	-
1300	39,1	405
1500	43,7	385
1900	52	385

Tabelle 12: Übersicht Tagestonnen

Weiters werden die Konfigurationen mit Speicher in 7 verschiedene Betriebsfälle unterteilt, welche in der Tabelle 13 gelistet sind. Für diese Arbeit wurden die Betriebsfälle 1, 5a und 5b genauer betrachtet.

Betriebsfall	Zementwerk Tagestonnen $[TaTo]$	Zustand Speicher
1	1900	Teil-Einspeicherung
2a	1500	Warm-Zustand
2b	1500	Voll-Einspeicherung
3	1300	Teil-Ausspeicherung
4	1500	Teil-Ausspeicherung
5a	Stillstand	Voll-Ausspeicherung
5b	Stillstand	Voll-Ausspeicherung

Tabelle 13: Übersicht Betriebsfälle

Die benötigte Dampfmenge der Molkerei ist in der Tabelle 14 in Bezug auf die Betriebsfälle gelistet. Diese Werte sind Minimalwerte, welche zu erreichen sind, um den Verbrauch decken zu können und das angestrebte Ziel zu erreichen. Da die Konfigurationen 1 und 3 keinen Speicher haben fallen die Betriebsfälle 5a und 5b für diese weg.

Betriebsfall	Dampf $\left[\frac{t}{h}\right]$
1	12
5a	12
5b	19,6

Tabelle 14: Notwendiger Dampfmassenstrom

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Während des Stillstandes des Zementwerks, wird bei der vollen Ausspeicherung (Betriebsfälle 5a und 5b) die gespeicherte Wärme aus dem Speichermedium entnommen, um das Wärmeträgermedium auf der Abnehmerseite zu erwärmen, welches die benötigte Wärme für die Dampfproduktion der Molkerei bereitstellt.

Je nach notwendigem Dampfmassenstormverbrauch in der Molkerei, kann im Speicherkreislauf die Leistung der Pumpe entsprechend eingestellt werden. Da beim Betriebsfall 5b 19.6 $\frac{t}{h}$ Dampf in der Molkerei hergestellt werden soll, ist die elektrische Leistung der Pumpe um einiges höher als im Betriebsfall 5a. Man kann in den Ergebnissen sehen, dass der Leistungsunterschied der Pumpe zwischen diesen Betriebsfällen in einer ähnlichen Größenordnung liegt wie der prozentuelle Unterschied in der Dampfproduktion.

Die Abnehmer Seite ist in allem Konfigurationen gleich aufgebaut und funktioniert nach dem Zwangsumlaufprinzip. Es besteht aus den folgenden Komponenten: Kettle-Boiler, Economizer, Trommel und Umwälzpumpe.

Als erstes wird Speisewasser im Economizer durch die Wärme des erhitzen Wärmetransferfluides erhitzt und anschließend in die Trommel geleitet. Von hier aus fließt das erhitze Wasser in den Verdampfer. Hierbei kommt es zum Anstieg der spezifischen Enthalpie. Im Weiteren kommt es in der Trommel zur Trennung zwischen Wasser und gesättigtem Dampf. Die Fernwärme Wasserpumpe erzwingt dabei die Durchströmung des Systems.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

4.1. Konfiguration 1

Bei der Konfiguration 1 handelt es sich um ein Konzept direkter Dampferzeugung ohne Speicher, weshalb nur Betriebsfall 1 abgedeckt ist. Das Wärmetransferfluid hierbei ist Wasser.

Die Anlage besteht auf der Erzeugerseite aus einem Rippenrohrwärmetauscher, in welchem das Rauchgas des Drehrohrofens die Wärme an das Druckwasser für den Wärmetransfer abgibt. Dabei wird das Wasser von 166.71°C auf 240°C erwärmt. Das Rauchgas des Drehofens gibt die Wärme im Rippenrohrwärmetauscher an das Wärmetransfermedium ab. Es wird ein Rippenrohwärmetauscher verwendet, um die übertragbare Wärmeleistung zu verbessern und zu optimieren. Durch die Rippen kommt es zu einer Erhöhung der Oberfläche und somit steigt die Fläche für die Wärmeübertragung. Die Rippen befinden sich auf sich auf der Gas-Seite, da das Gas eine schlechtere Wärmeübertagungsfähigkeit im Vergleich zum Fluid hat. Nun wird das erwärmte Wasser zum Abnehmer geleitet. Hierbei wird 17 $\frac{t}{h}$ gesättigter Dampf produziert. Die Druckverluste im Vor- und Rücklauf wurden auf etwa 4.5 bar abgeschätzt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

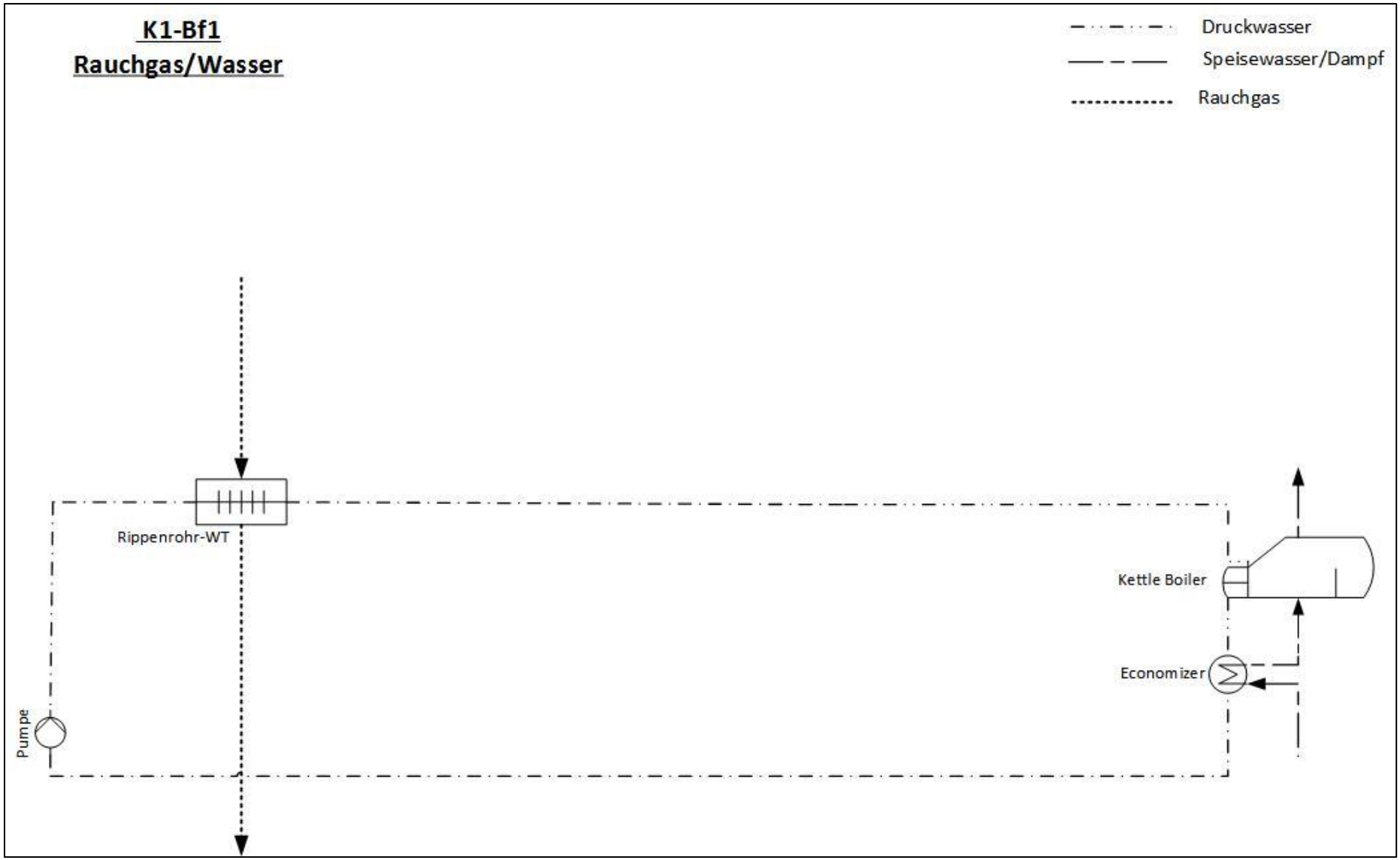


Abbildung 27: Konzept 1 Betriebsfall 1 [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

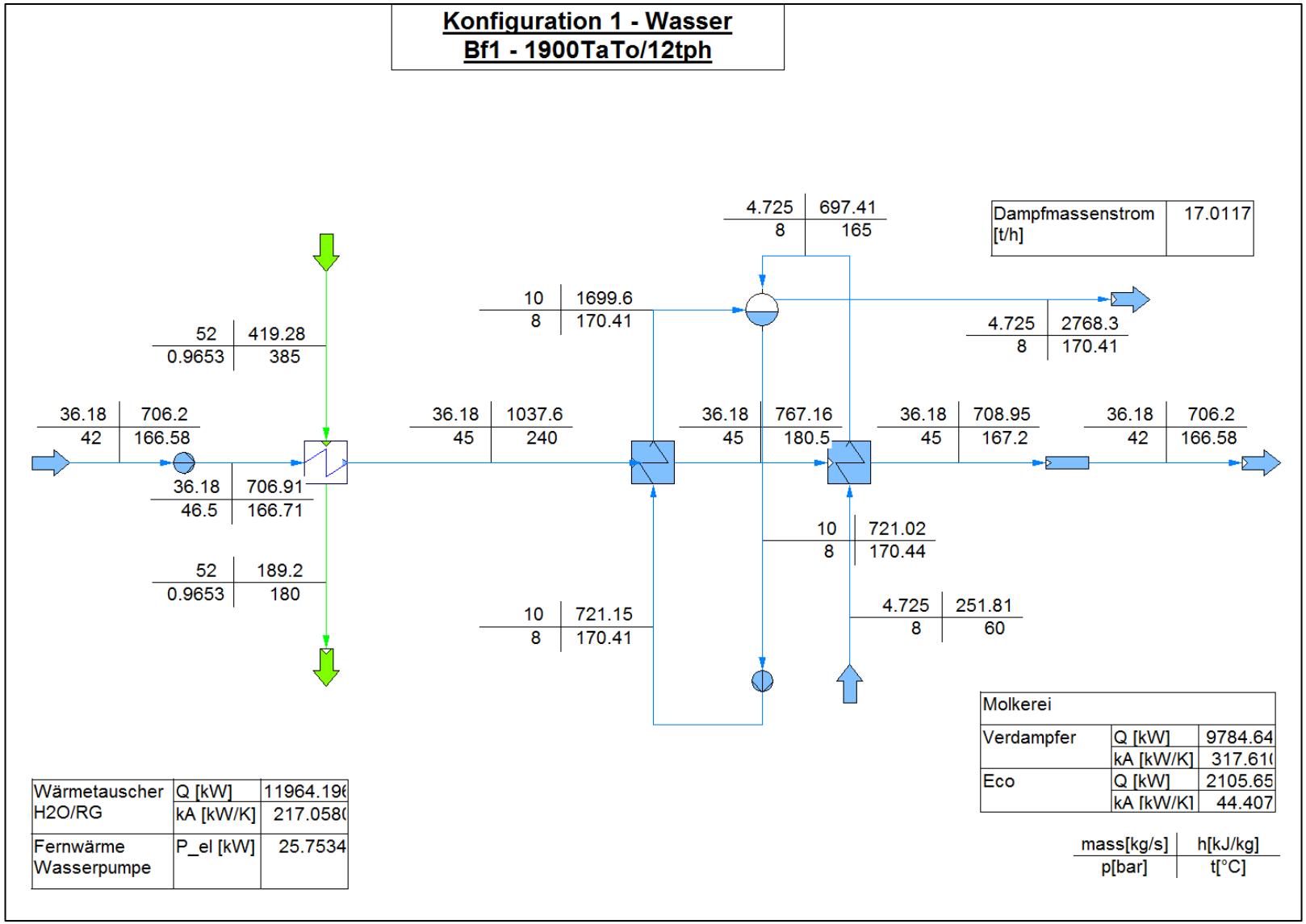


Abbildung 28: IPSE Simulation Konfiguration 1 Betriebsfall 1

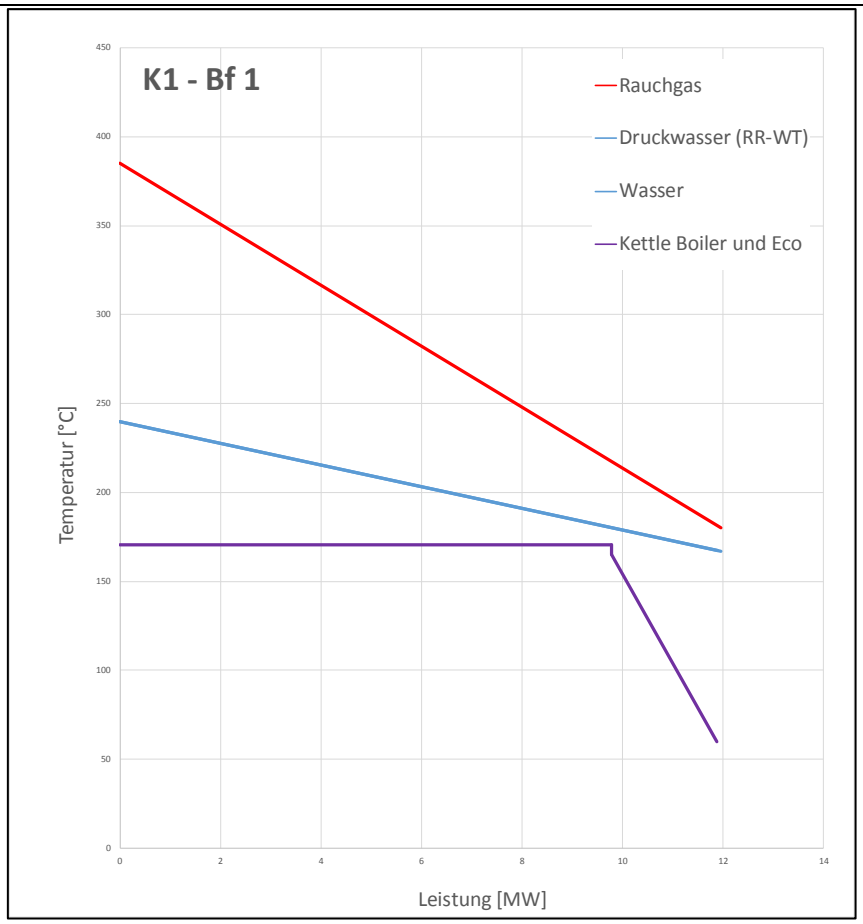


Abbildung 29: Q-T-Diagramm Konfiguration 1 Betriebsfall 1 [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4.2. Konfiguration 2a

Bei der Konfiguration 2a kommt es zur indirekten Dampferzeugung. Weiters beinhaltet diese Konfiguration einen Speicher und wird deshalb mit den Betriebsfällen 1, 5a und 5b beschrieben. Man kann die Konfiguration 2a in 3 Kreisprozesse unterteilen: den Erzeuger, den Speicher und den Abnehmer. In jedem dieser kommen unterschiedliche Wärmetransfermedien zum Einsatz.

Im Erzeuger-Kreislauf wird Flüssigsalz vom Abgas aus dem Zementwerk von 179.8°C auf 360°C erhitzt. Als Flüssigsalz wird Durferrit, welches ein Hochtemperatursalz (HTS) ist, für den Wärmetransfer verwendet. Durferrit ist unsensibel auf Temperaturschwankungen. Weiters herrschen keine hohen Drücke in den Rohrleitungen und es besteht keine Gefahr auf verdampfen wodurch die Rohre weniger stark belastet sind und eine entsprechend geringere Wandstärke erforderlich ist.

Das erhitze Durferrit wird nach dem Rippenrohrwärmetauscher im Verhältnis 0.79 zu 0.21 aufgeteilt. Der kleinere Anteil erhitzt mittels eines Wärmetauschers den Speicher-Kreislauf, welcher mit Luft betrieben ist, auf 355°C. Die Wärme aus dem Abgas wird im Speicher gespeichert, um die Energieversorgung der Molkerei bei Stillstand des Zementwerkes in den Wintermonaten garantieren zu können. Der größere Anteil wird verwendet, um die Molkerei mit Energie versorgen zu können, und die notwendige Dampfproduktion zu gewährleisten. Hierfür wird Druckwasser im Abnehmer-Kreislauf vom Durferrit auf 240°C erhitzt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

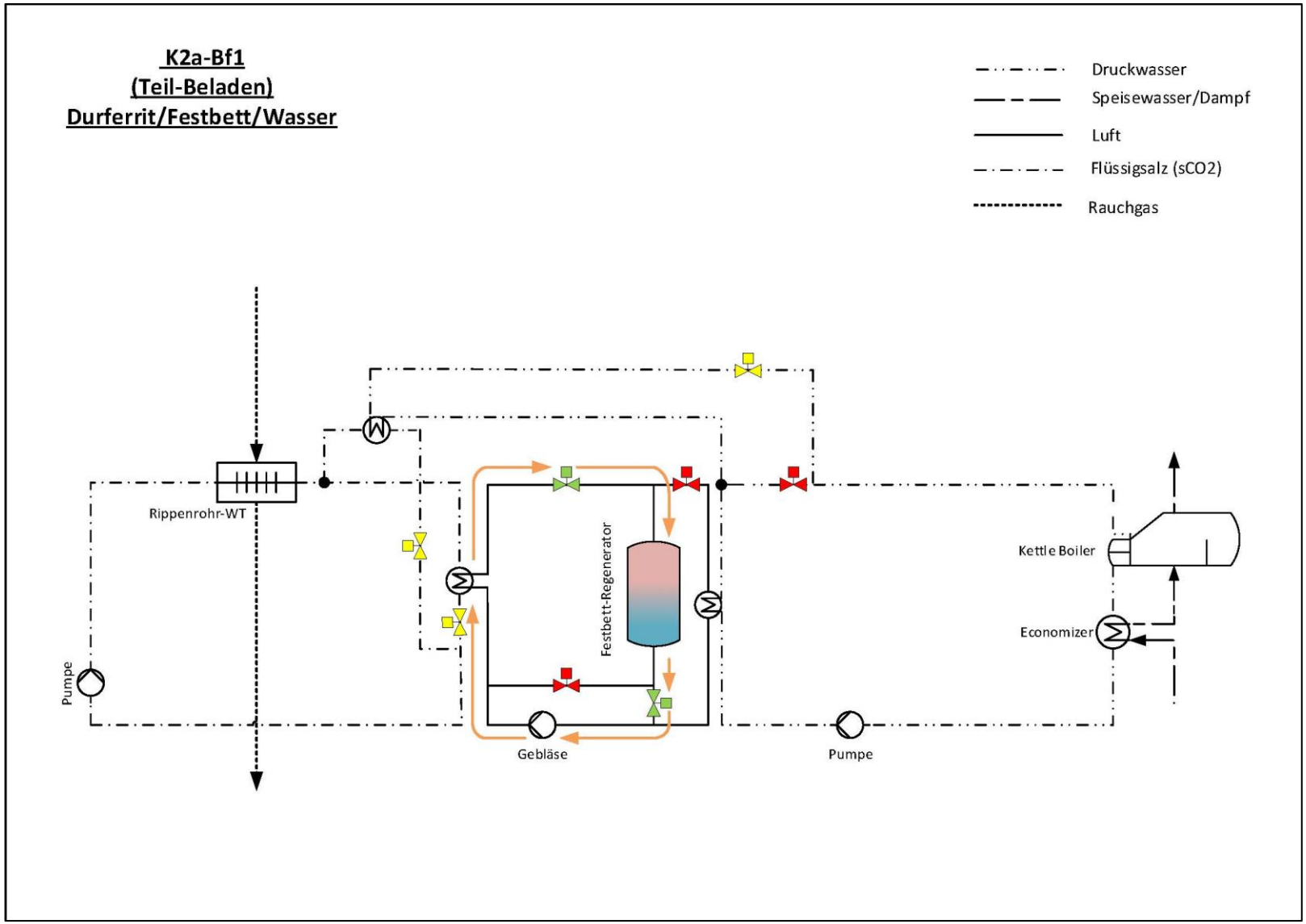


Abbildung 30: Konzept 2a Betriebsfall 1 – Teil-Beladen [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

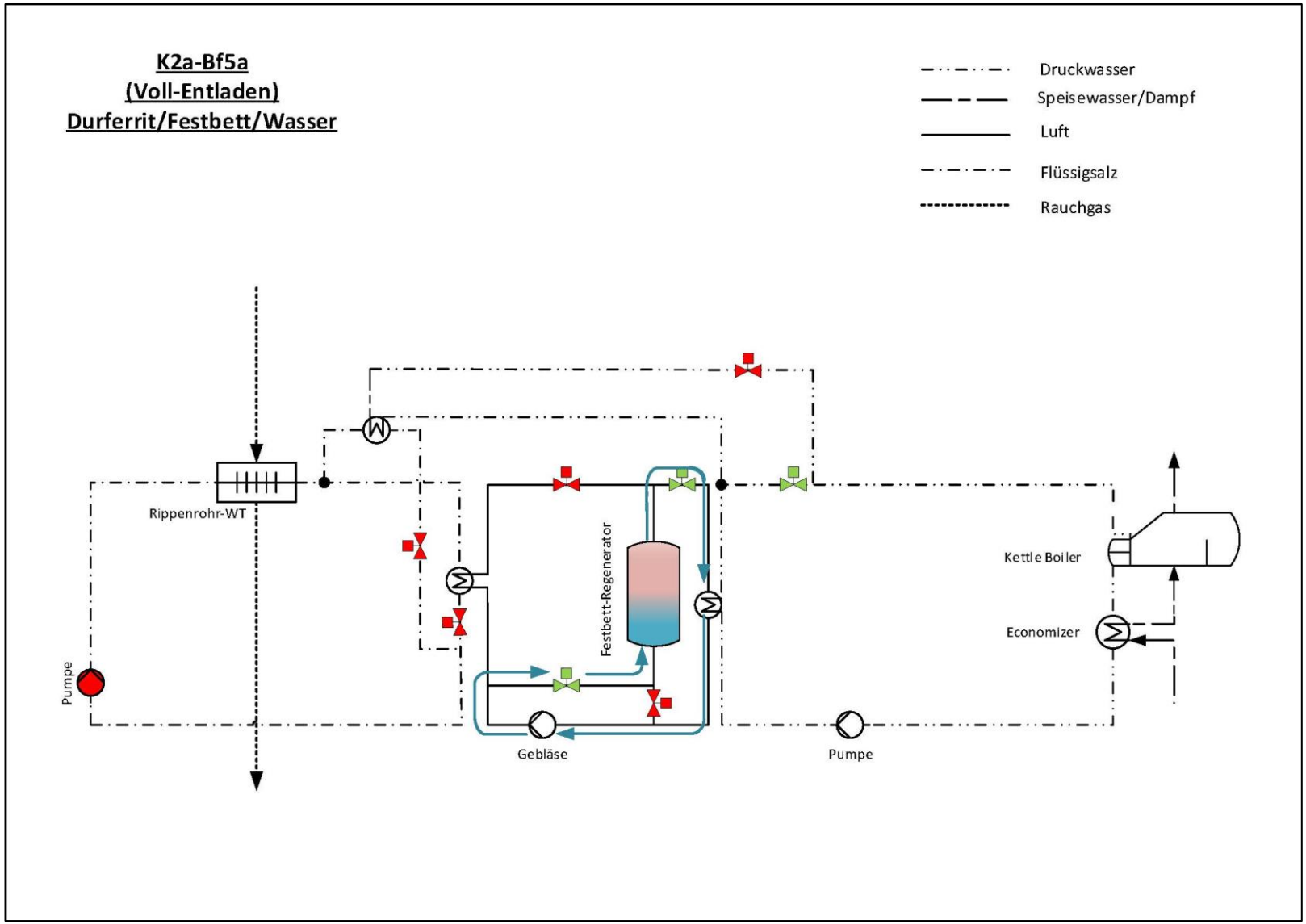


Abbildung 31: Konzept 2a Betriebsfall 5a & 5b – Voll-Entladen [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

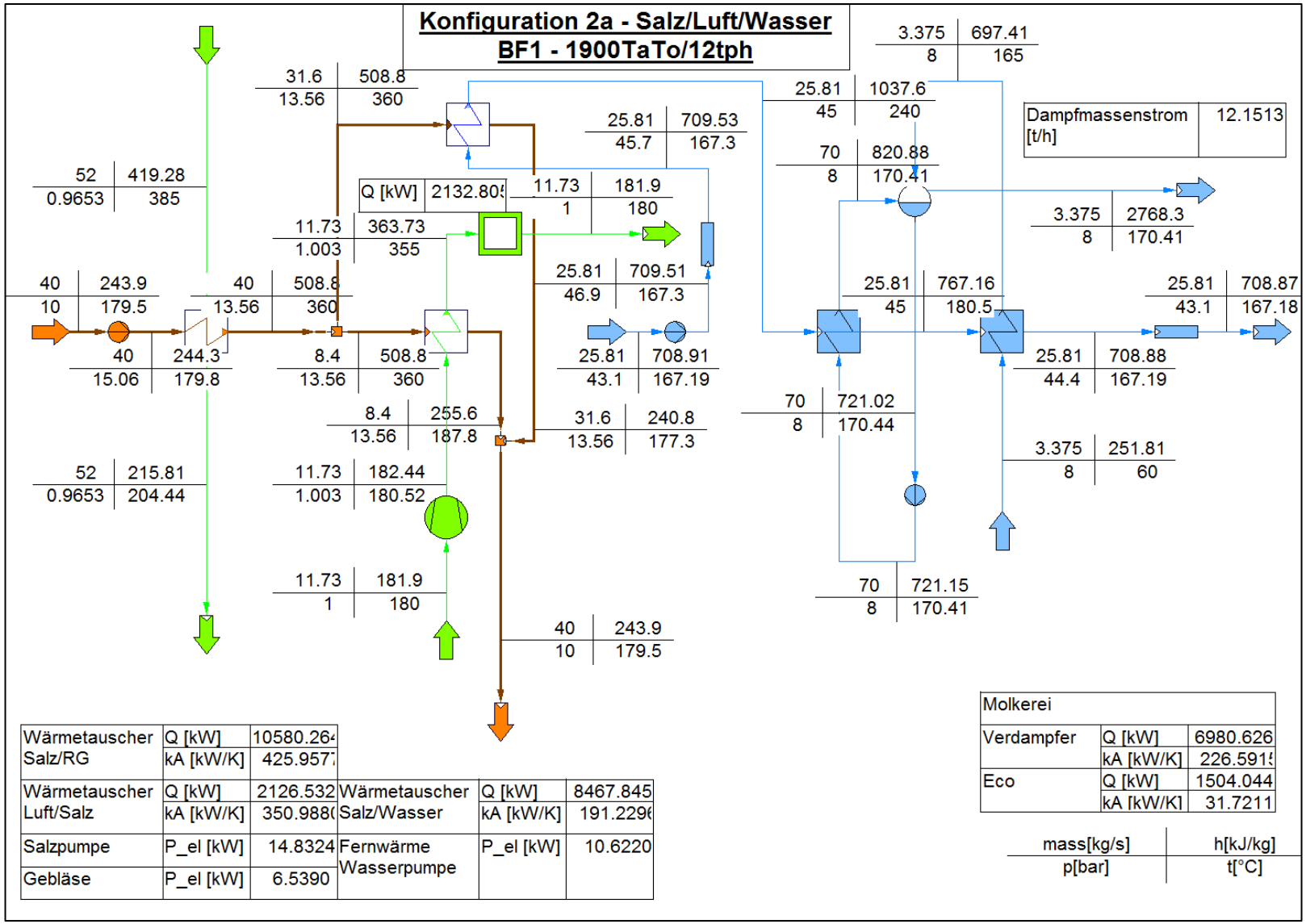


Abbildung 32: IPSE Simulation Konfiguration 2a Betriebsfall 1

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

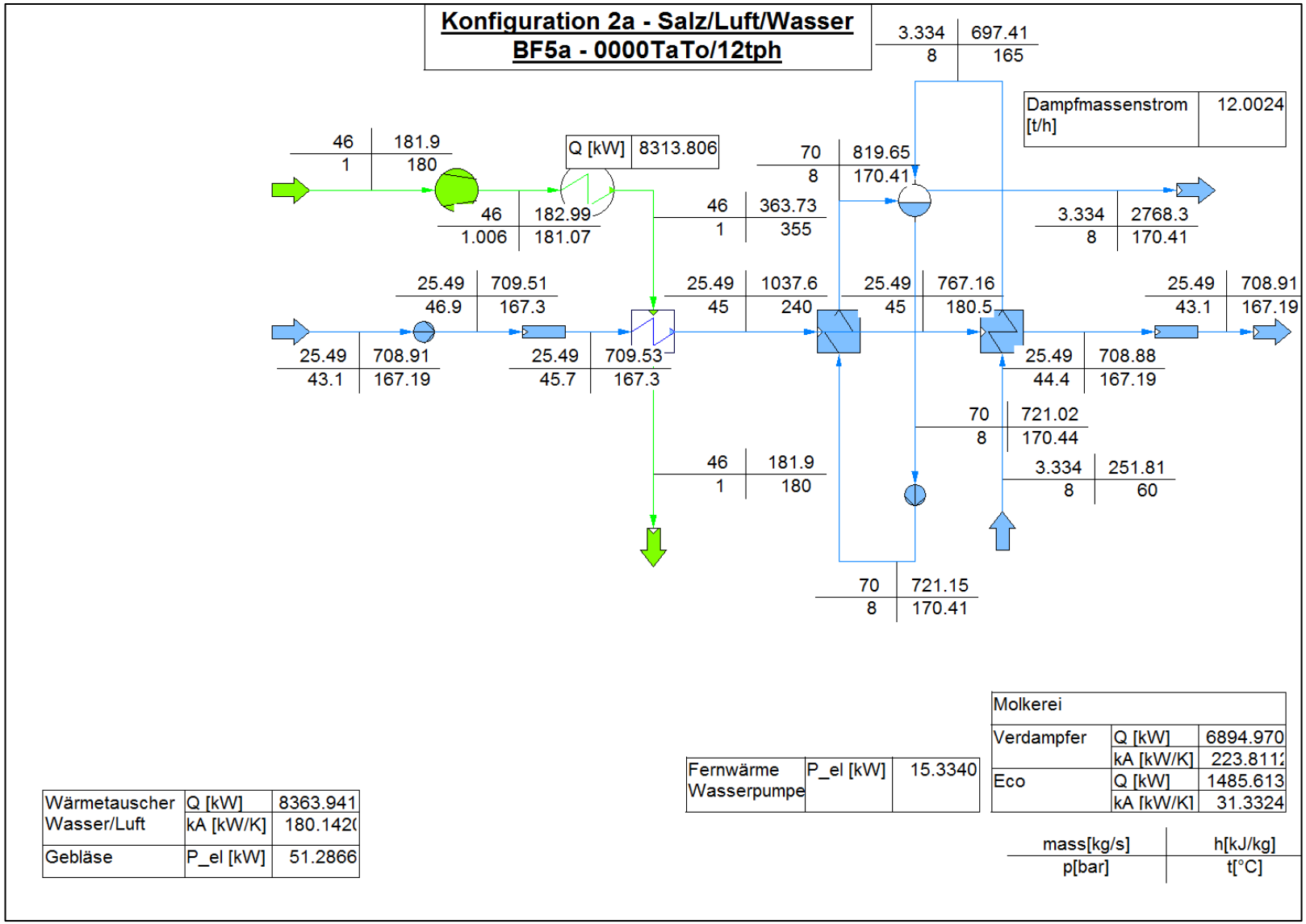


Abbildung 33: IPSE Simulation Konfiguration 2a Betriebsfall 5a

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

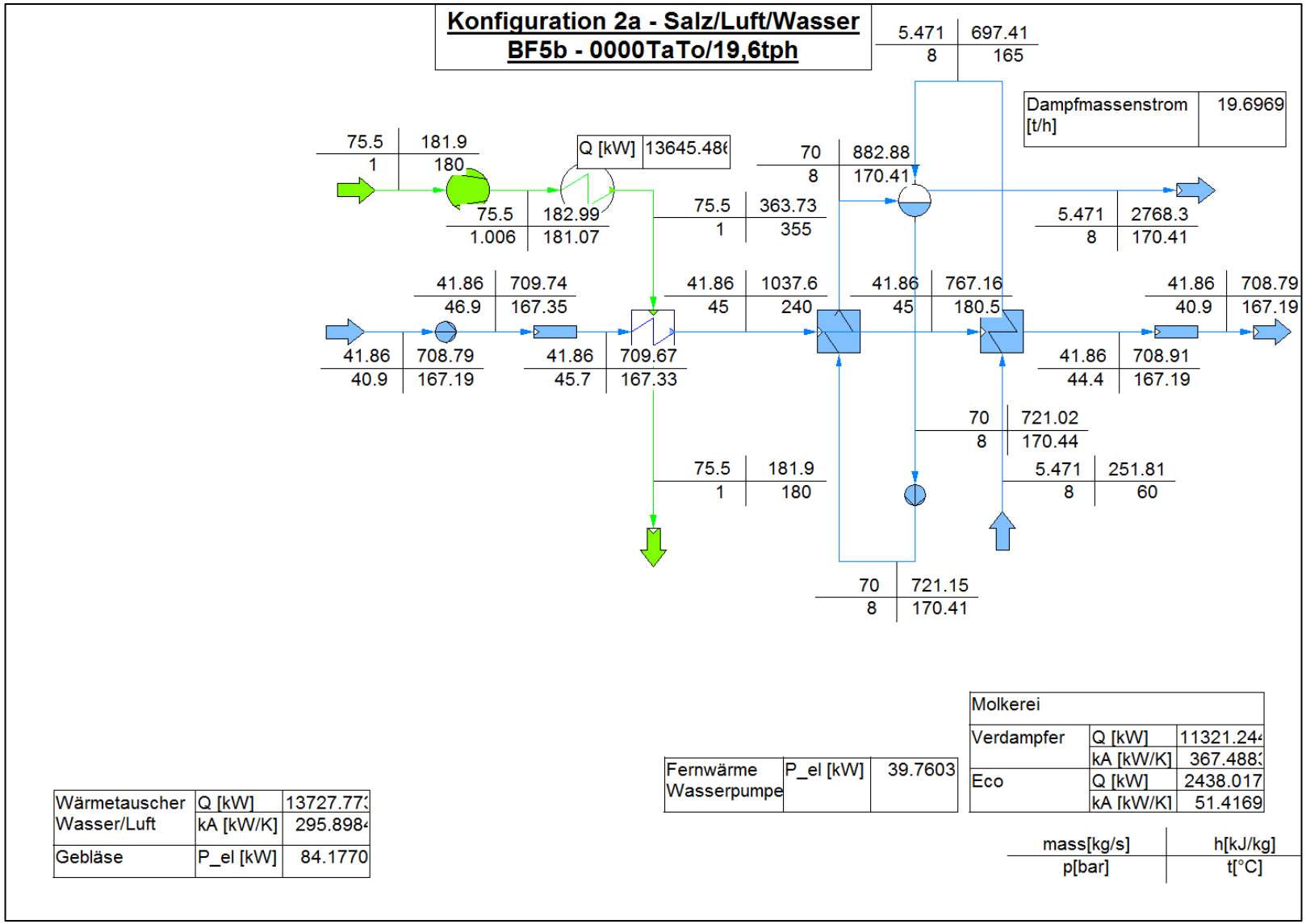


Abbildung 34: IPSE Simulation Konfiguration 2a Betriebsfall 5b

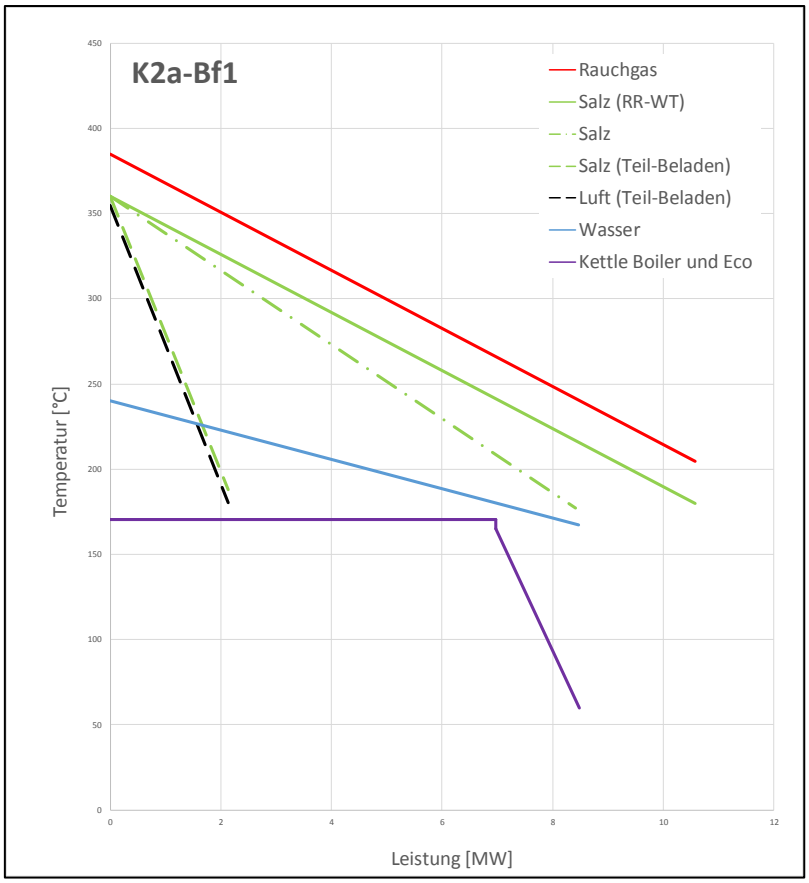


Abbildung 35: Q-T-Diagramm Konfiguration 2a Betriebsfall 1 [13]

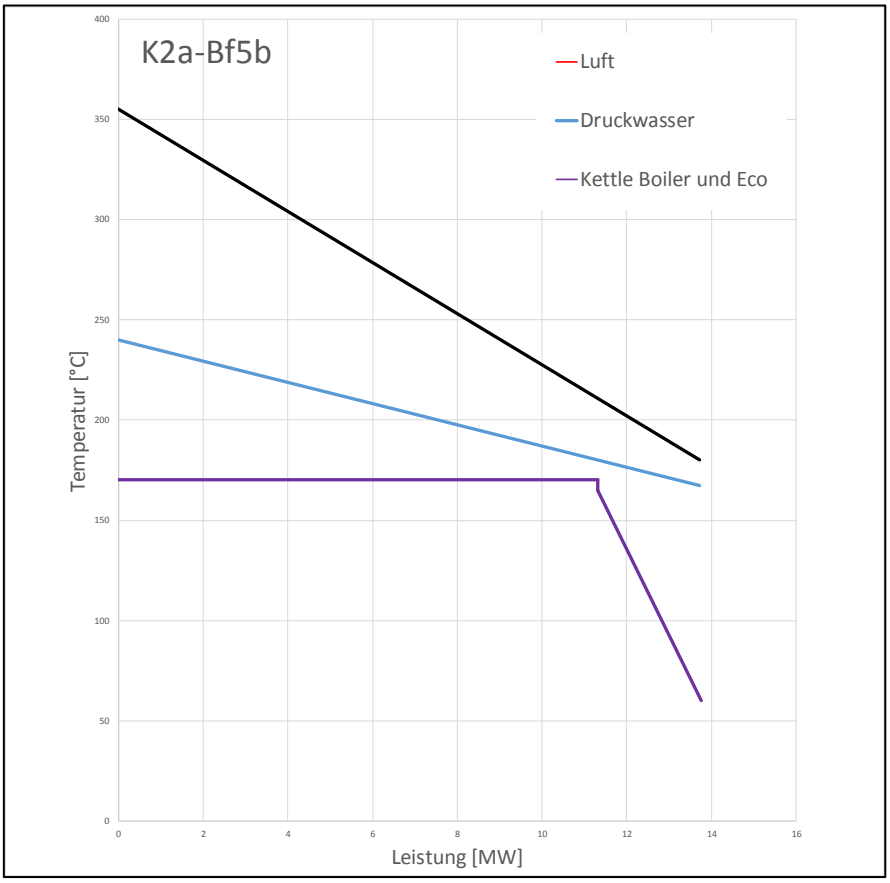


Abbildung 36: Q-T-Diagramm Konfiguration 2a Betriebsfall 5b [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4.3. Konfiguration 2b

Die Konfiguration 2b hat den gleichen Aufbau und die gleiche Funktionsweise wie die Konfiguration 2a. Jedoch unterscheidet sich das Wärmetransfermedium im Erzeuger-Kreislauf, da hier der Wärmeschub mittels überkritischem Kohlenstoffdioxid realisiert wird. Das sCO_2 wird vom Rauchgas des Zementwerkes von 176.36°C auf 360°C erhitzt. Es besteht keine Gefahr des Verdampfens, weshalb das Medium auf hohe Temperaturen erhitzt werden kann. Jedoch muss der Druck durchgehend im überkritischen Bereich liegen. Durch die hohe Temperatur und den hohen Druck ist eine höhere Wandstärke der Rohrleitungen notwendig. Weiters besitzt sCO_2 im Gegensatz zu anderen Wärmetransfermedien im überkritischen Zustand eine wesentlich geringere Dichte, was bei gleichem Massenstrom und Rohrdimension einen geringeren Druckverlust erzeugt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

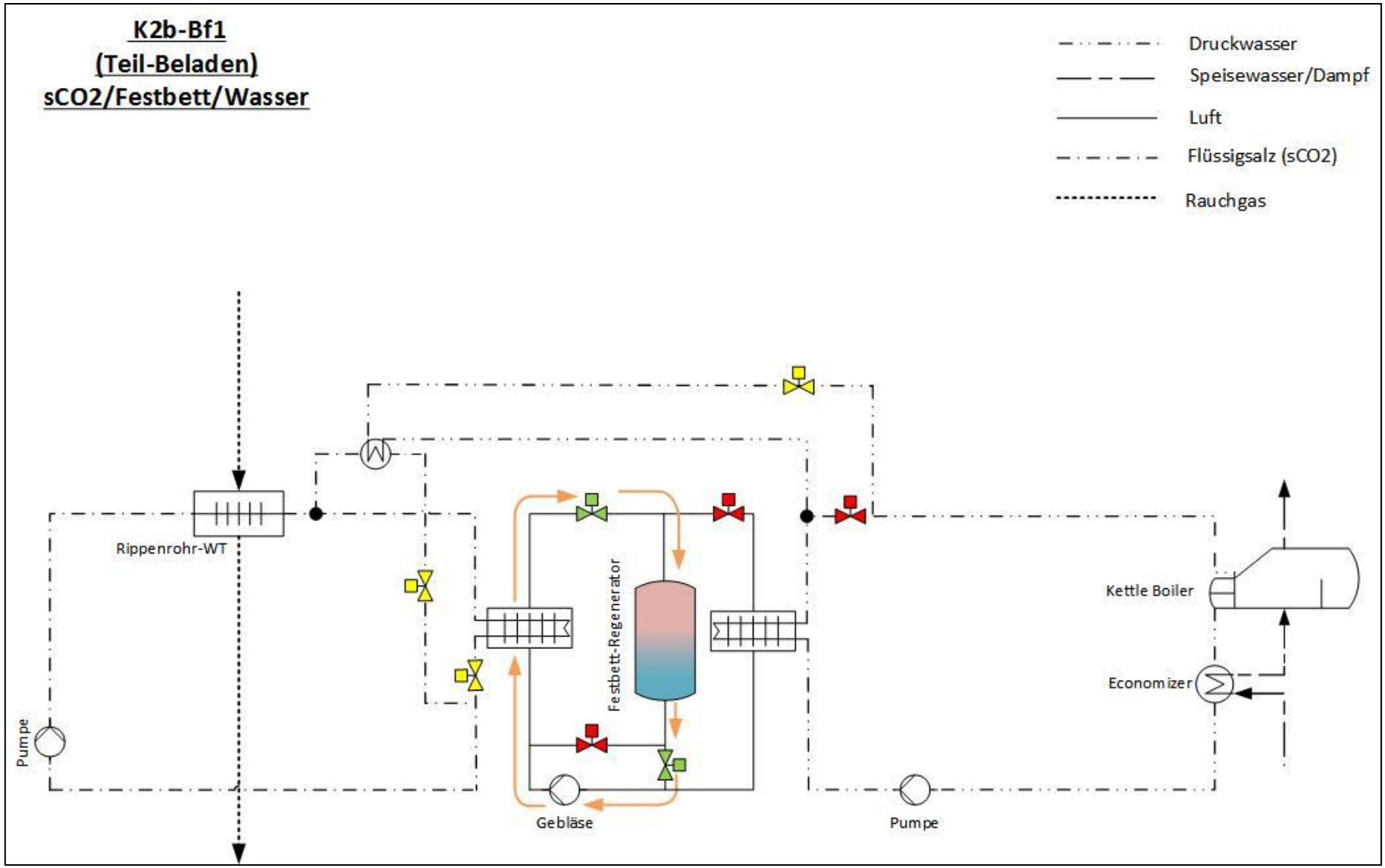


Abbildung 37 Konzept 2b Betriebsfall 1 – Teil-Beladen [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

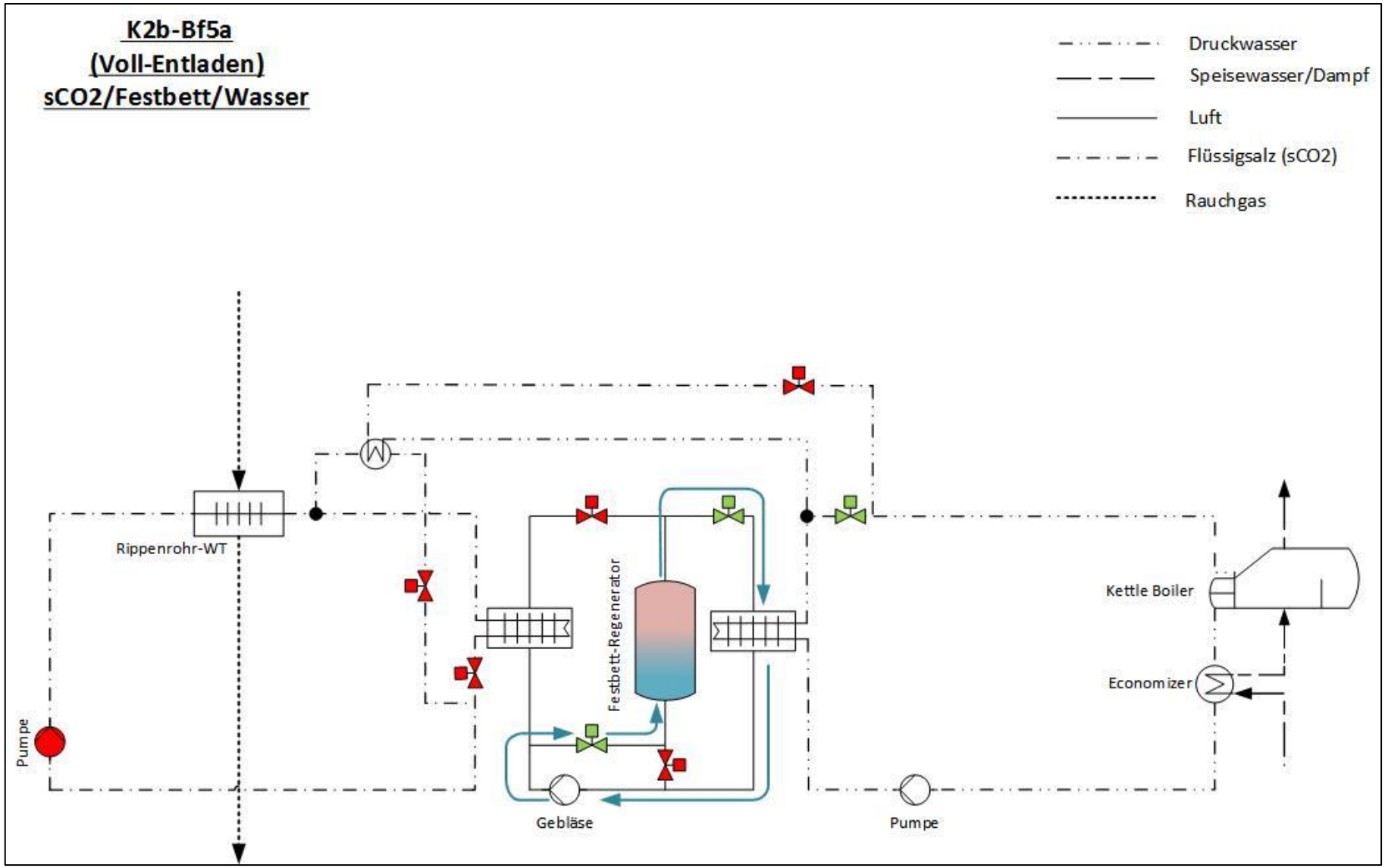


Abbildung 38 Konzept 2b Betriebsfall 1 – Voll-Beladen [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

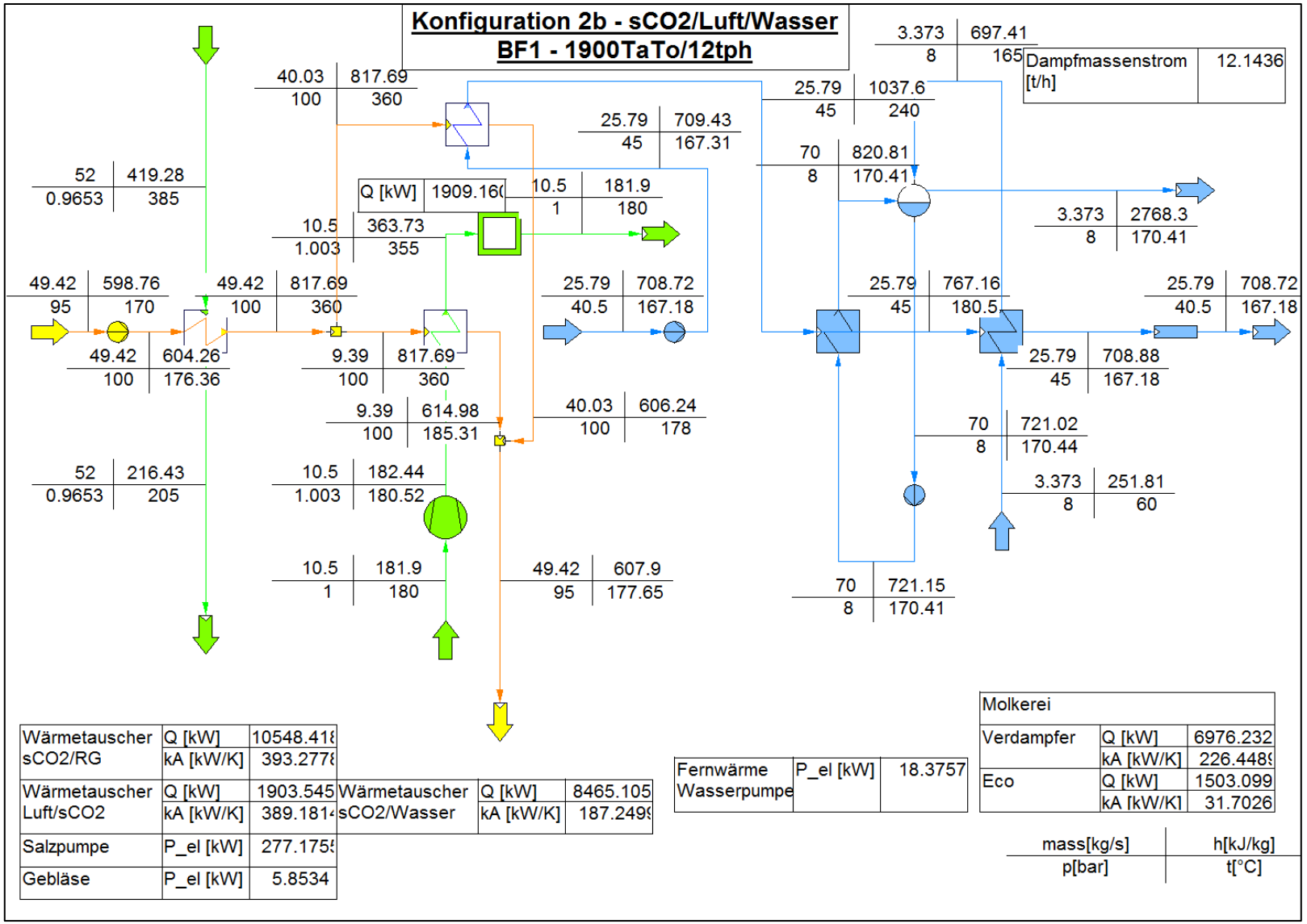


Abbildung 39 Simulation Konfiguration 2b Betriebsfall 1

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

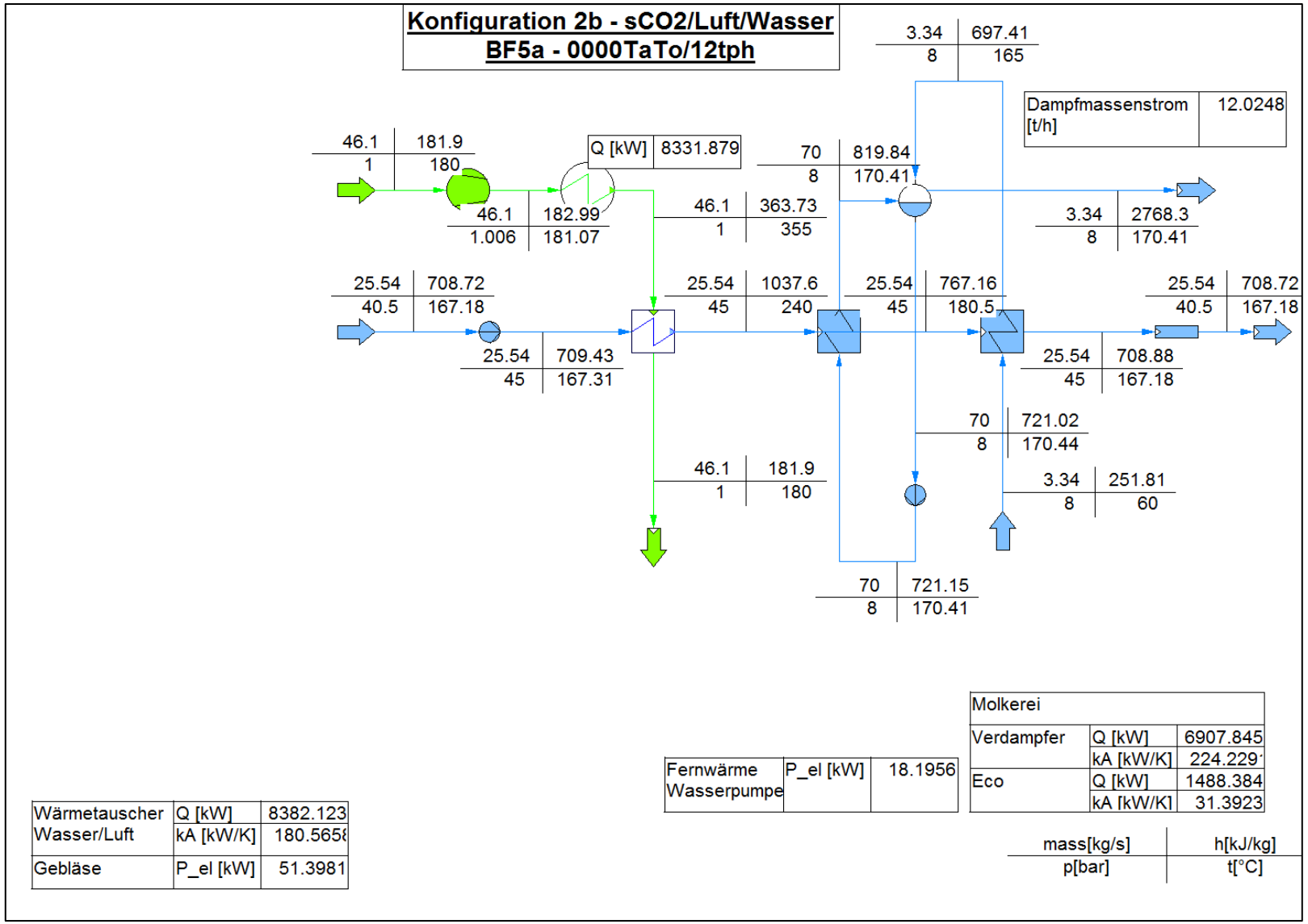


Abbildung 40: IPSE Simulation Konfiguration 2b Betriebsfall 5a

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

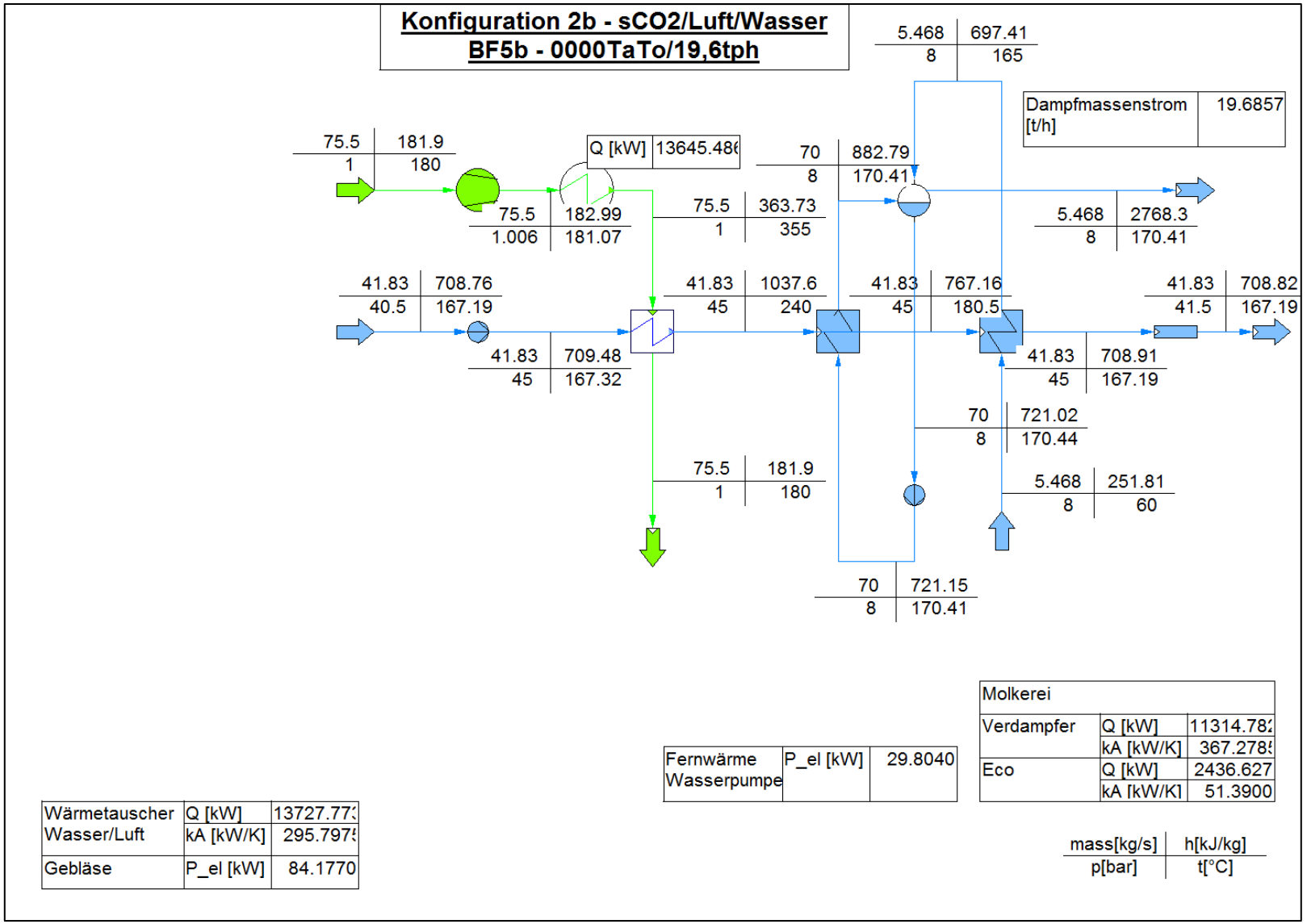


Abbildung 41: IPSE Simulation Konfiguration 2b Betriebsfall 5b

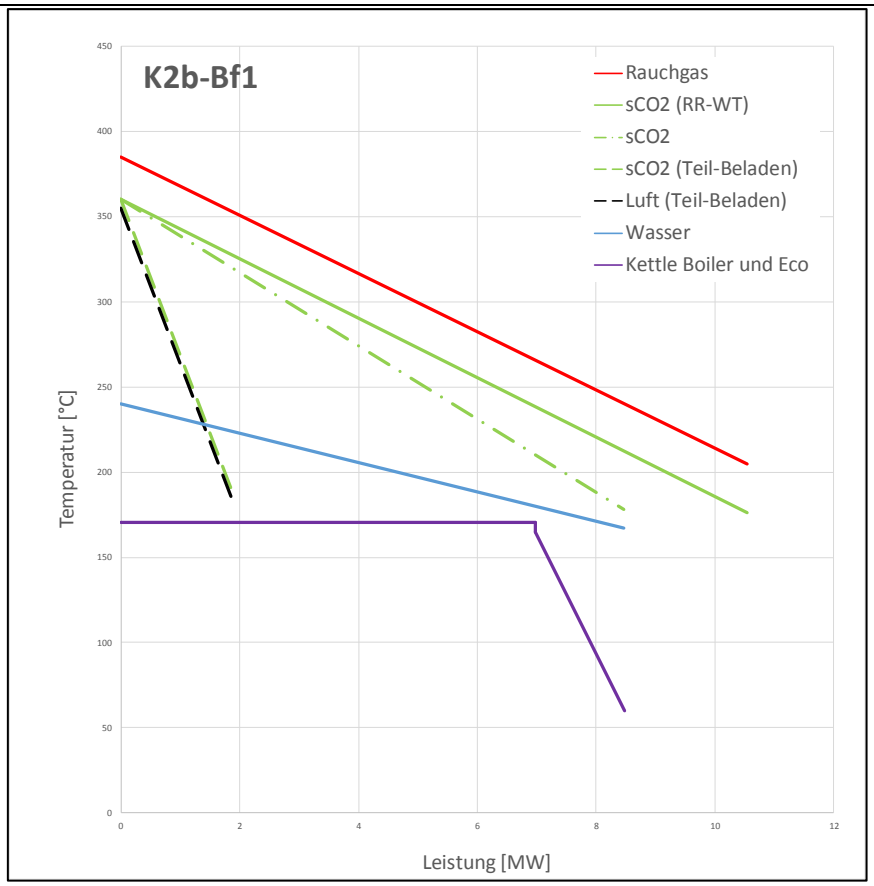


Abbildung 42: Q-T-Diagramm Konfiguration 2b Betriebsfall 1 [13]

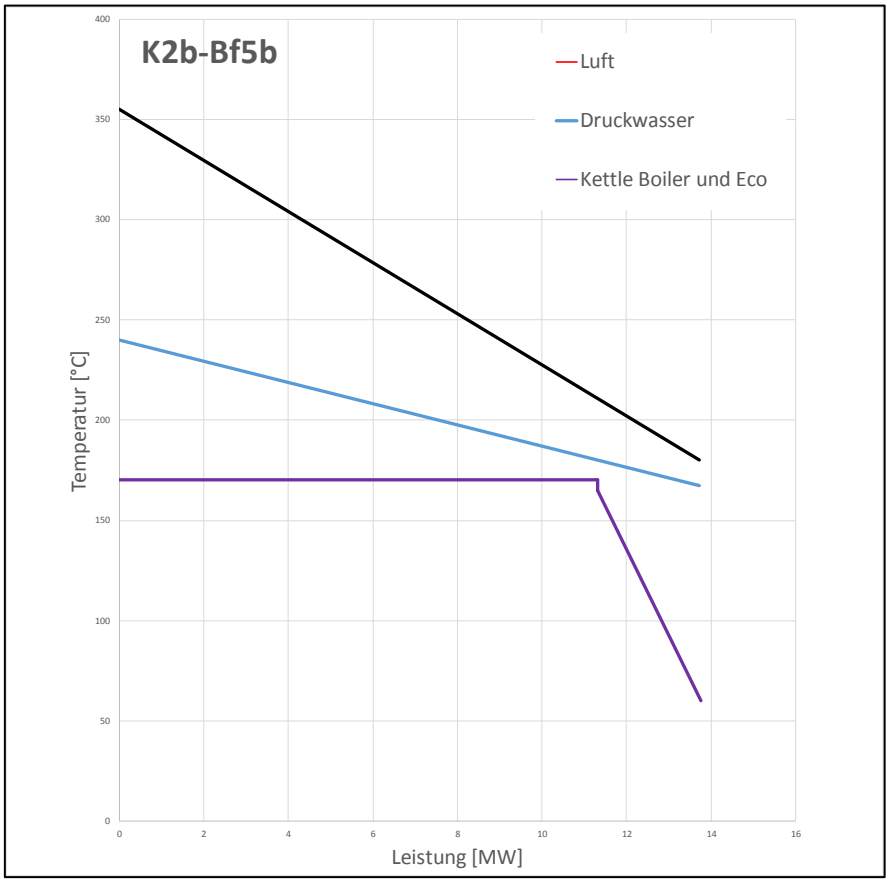


Abbildung 43: Q-T-Diagramm Konfiguration 2b Betriebsfall 5b [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

4.4. Konfiguration 3

Die Konfiguration 3 hat einen identischen Aufbau und Ablauf wie Konfiguration 1. Nur wird hier überkritischer Kohlenstoffdioxid von $148.18°C$, durch den heißen Abgasmassenstom, auf $360°C$ erhitzt. Dieses fließt dann direkt zum Abnehmer wodurch die Molkerei $17\,\frac{t}{h}$ Dampf produzieren kann.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

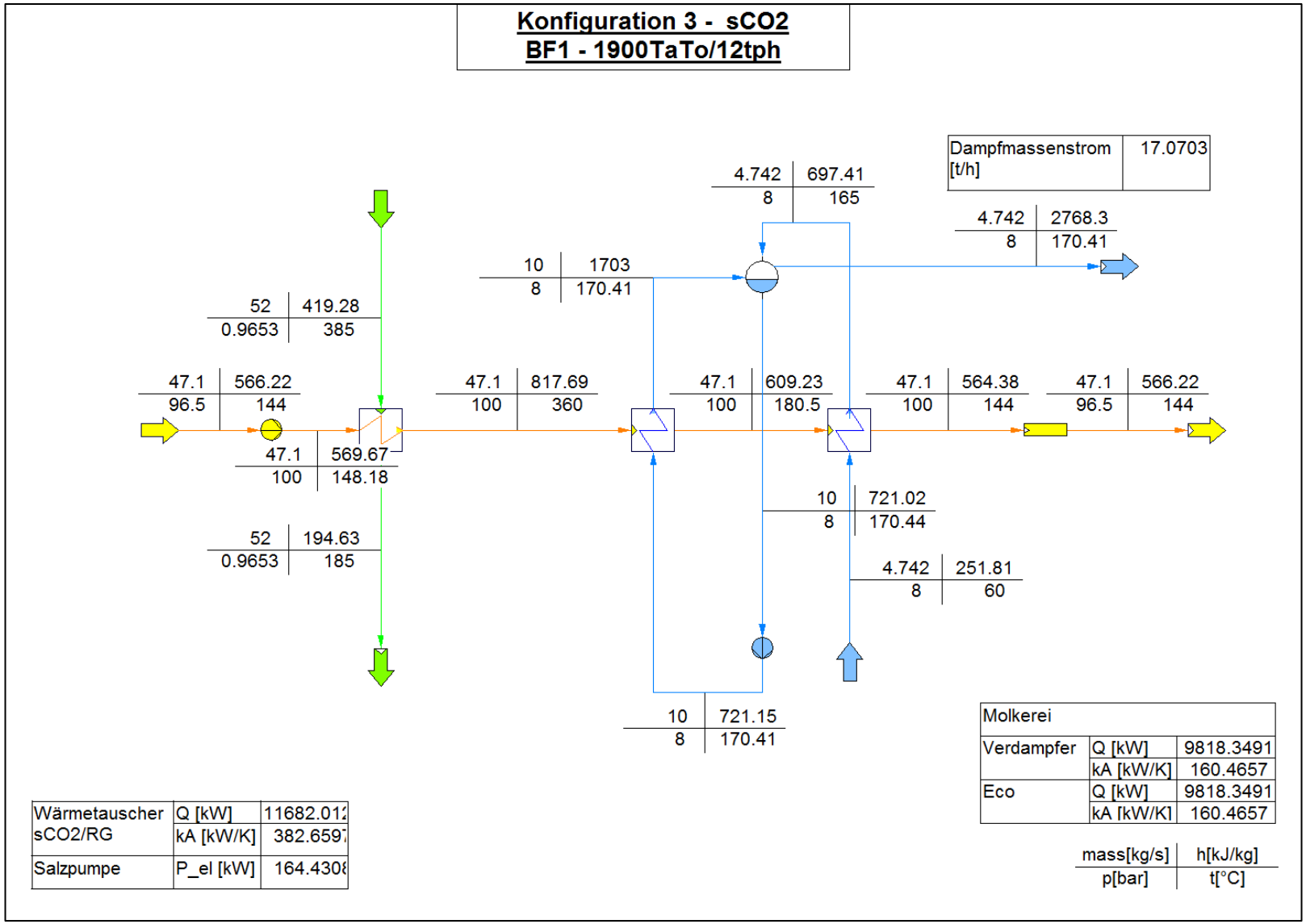


Abbildung 44: IPSE Simulation Konfiguration 3 Betriebsfall 1

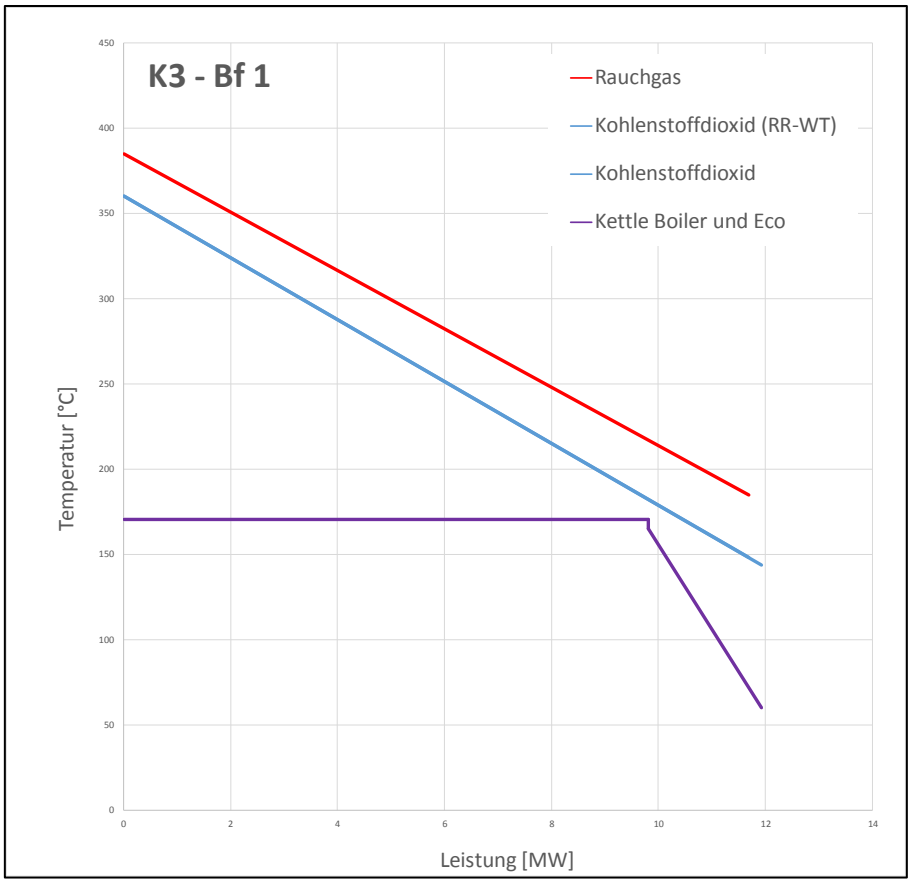


Abbildung 45: Q-T-Diagramm Konfiguration 3 Betriebsfall 1 [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

4.5. Konfiguration 5

Die Wärmeübertragung zwischen Rauchgas und Wärmeträgermedium erfolgt in der Konfiguration 5 mittels Abhitzekessel. Der Abhitzekessel in dieser Konfiguration besteht aus einem Economizer, 2 Verdampfer und 2 Überhitzer.

Das Speisewasser wird im Economizer auf 195°C erwärmt und fließt in die Trommel 1. Nach der Trommel kommt es zu einer Aufteilung des Massenstoms. Ein sehr geringer Teil des Massenstoms wird mittels Pumpe von 16 bar auf 40 bar verdichtet und in die Trommel 2 gepumpt. Der Rest fließt in den Verdampfer 1. Hier kommt es zur Enthalpiesteigerung. Das Wasser-Dampf Gemisch fließt wieder in die Trommel 1 wo es zur Sattdampf-Abscheidung kommt. Das Sattdampf wird im anschließenden Überhitzer 1 auf 250°C erhitzt.

Das Wasser aus der Trommel 2 verdampft im Verdampfer 2 und in der Trommel 2 kommt es dann zur Abscheidung. Der Sattdampf wird im Überhitzer 2 auf 285.62°C erhitzt. Ein Großteil des Dampfes wird für die Speicherung genutzt. Der restliche Dampfmassenstrom wird auf 16 bar gedrosselt, vermischt sich mit dem Dampf aus Überhitzer 1 und versorgt die Molkerei.

Ein Vorteil bei dieser Konfiguration besteht aus den unterschiedlichen Drücken des Dampfes, 16bar und 40bar Sattdampf. Einerseits kann der hohe Druck für den Latentspeicher verwendet werden, andererseits kann man den Druck so drosseln, dass der Massenstrom zum Abnehmer fließen kann.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

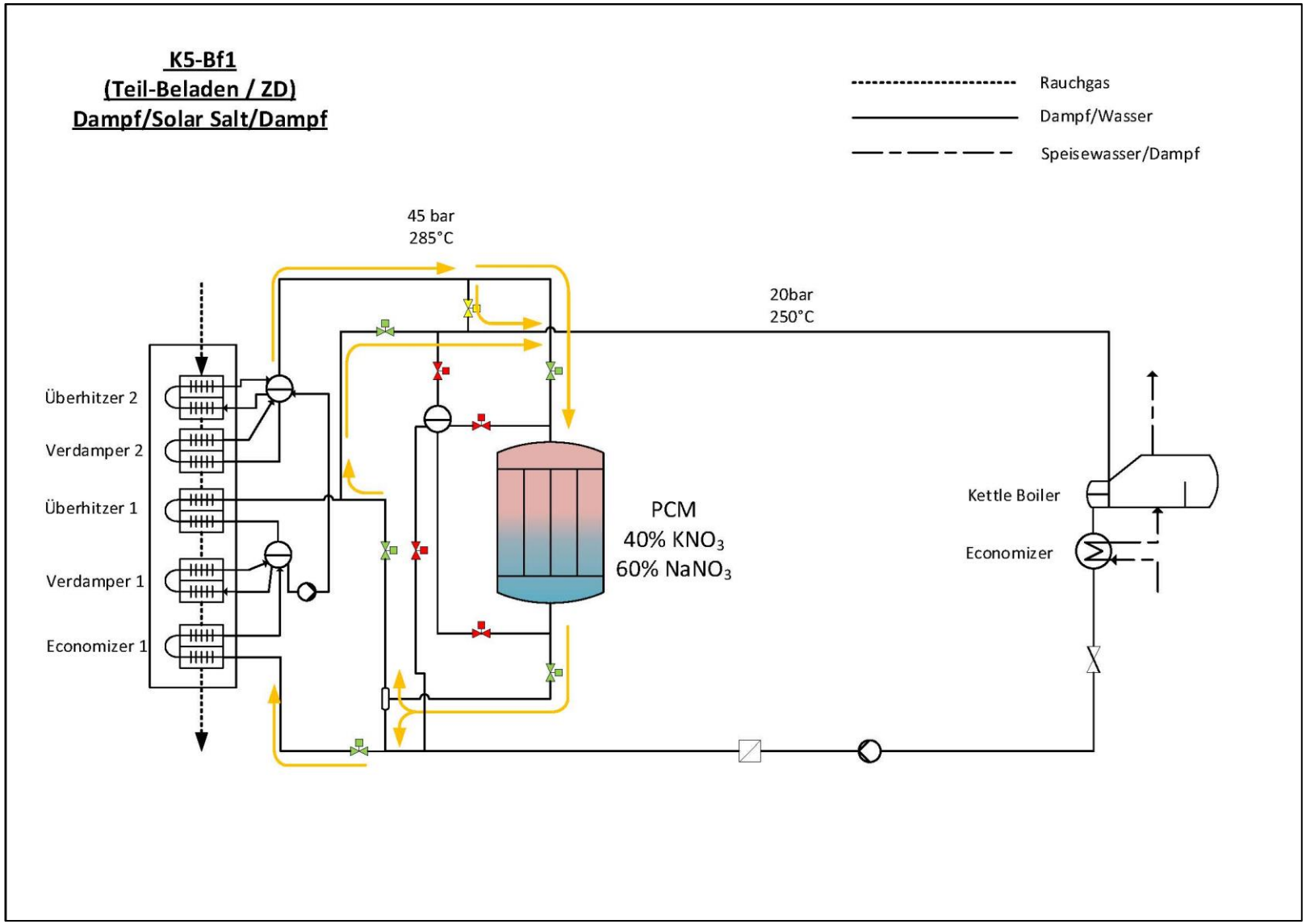


Abbildung 46: Konzept 5 Betriebsfall 1 – Teil-Beladen [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

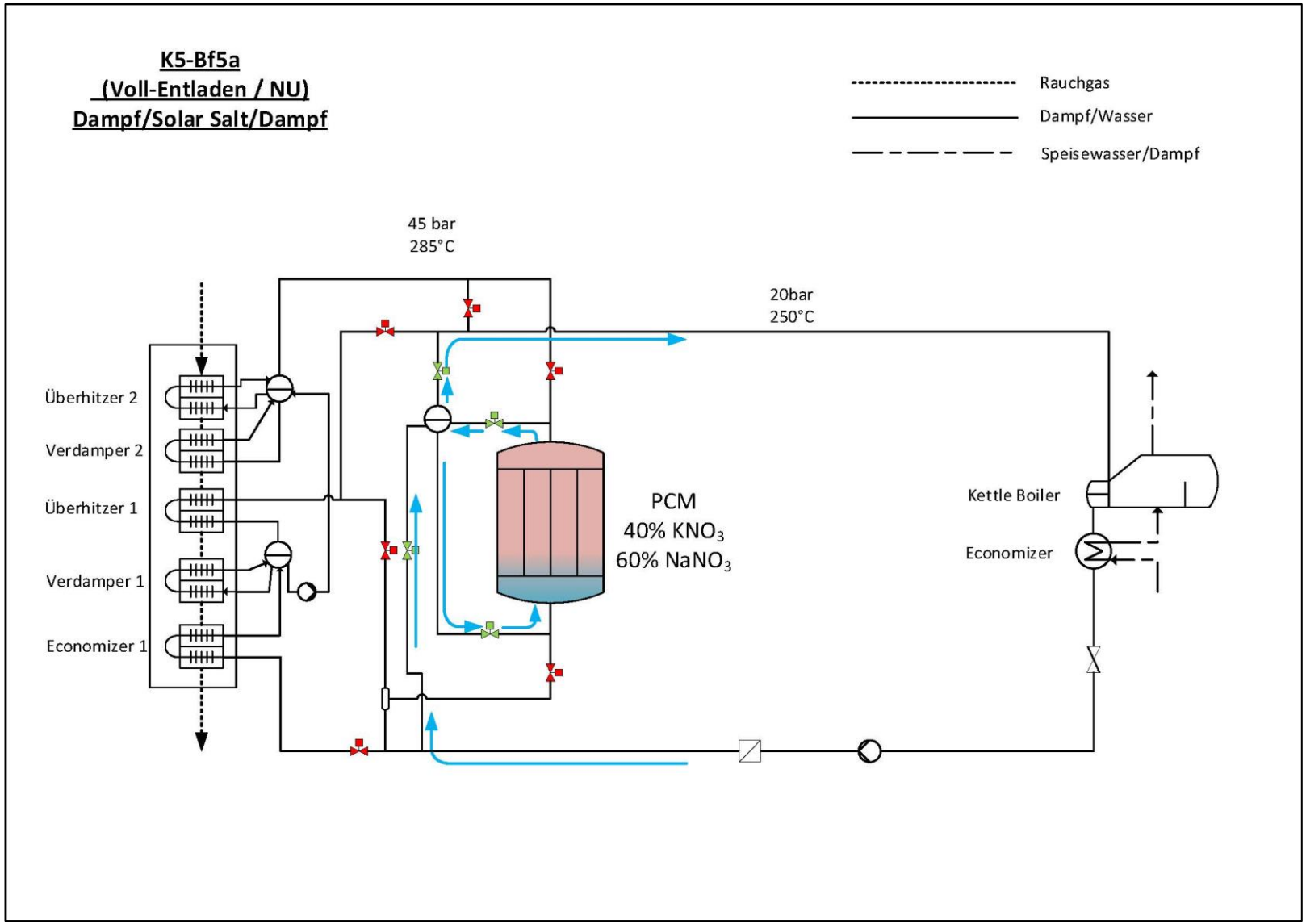


Abbildung 47: Konzept 5 Betriebsfall 5a & 5b – Voll-Entladen [13]

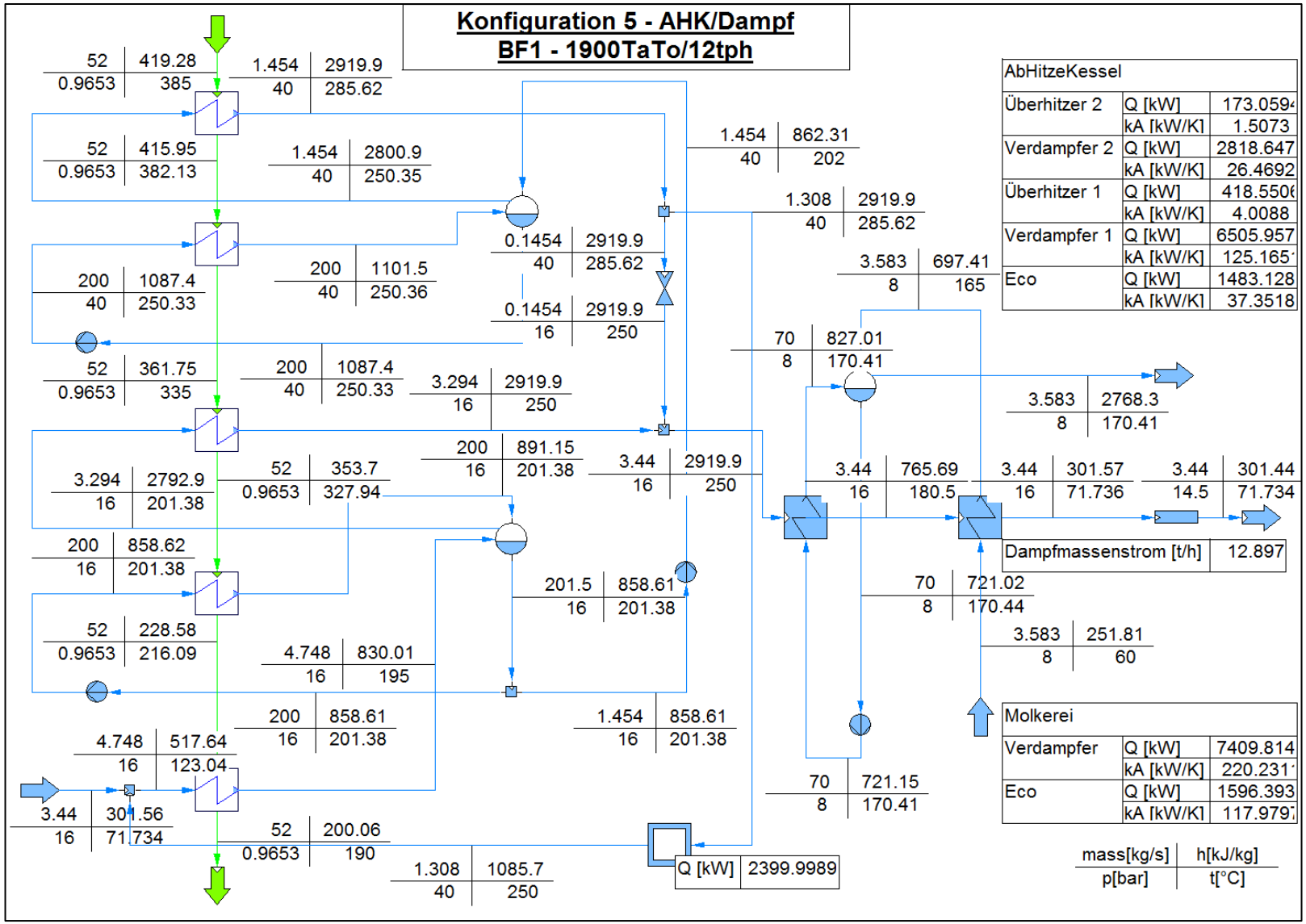


Abbildung 48: IPSE Simulation Konfiguration 5 Betriebsfall 1

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

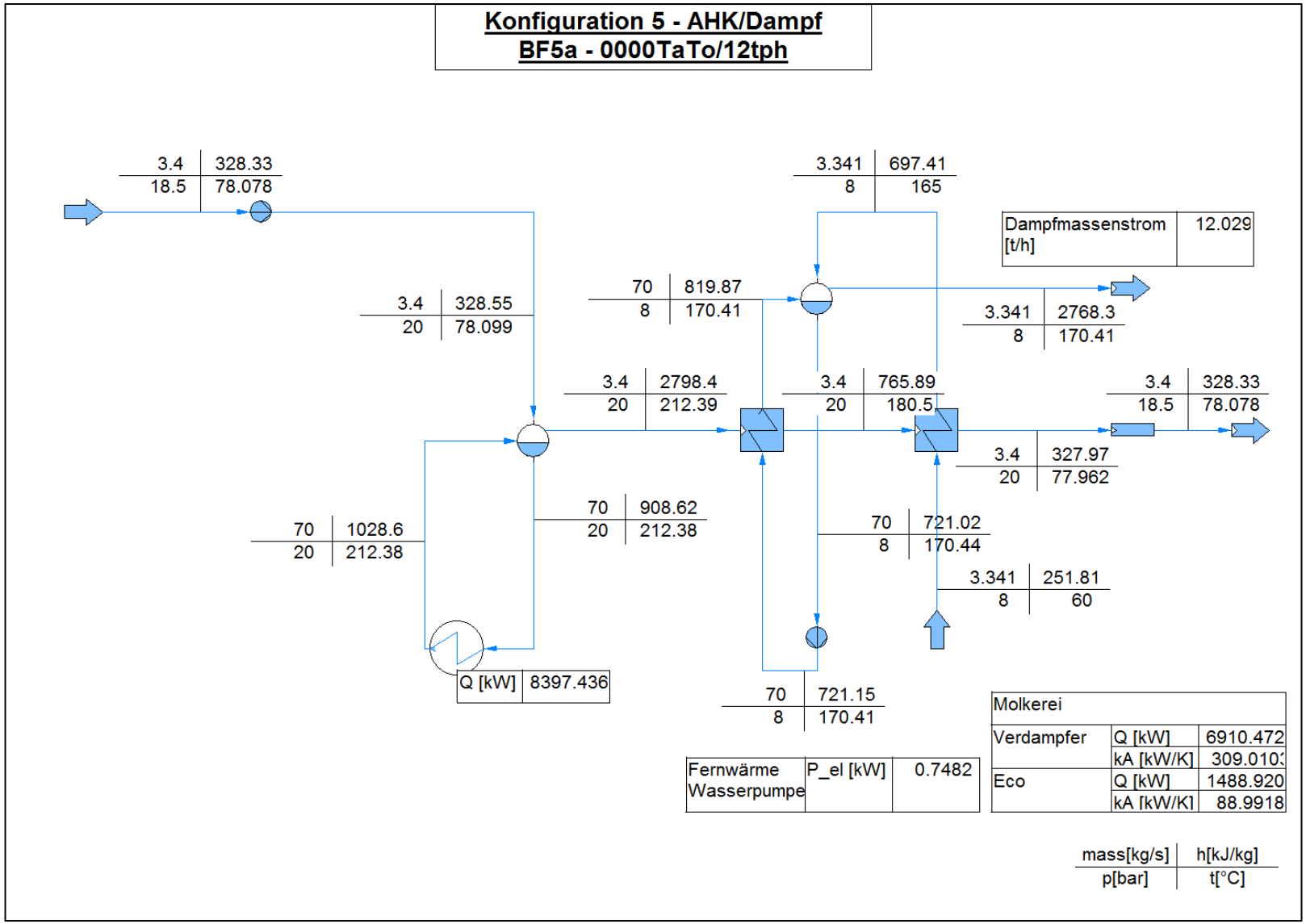


Abbildung 49: IPSE Simulation Konfiguration 5 Betriebsfall 5a

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

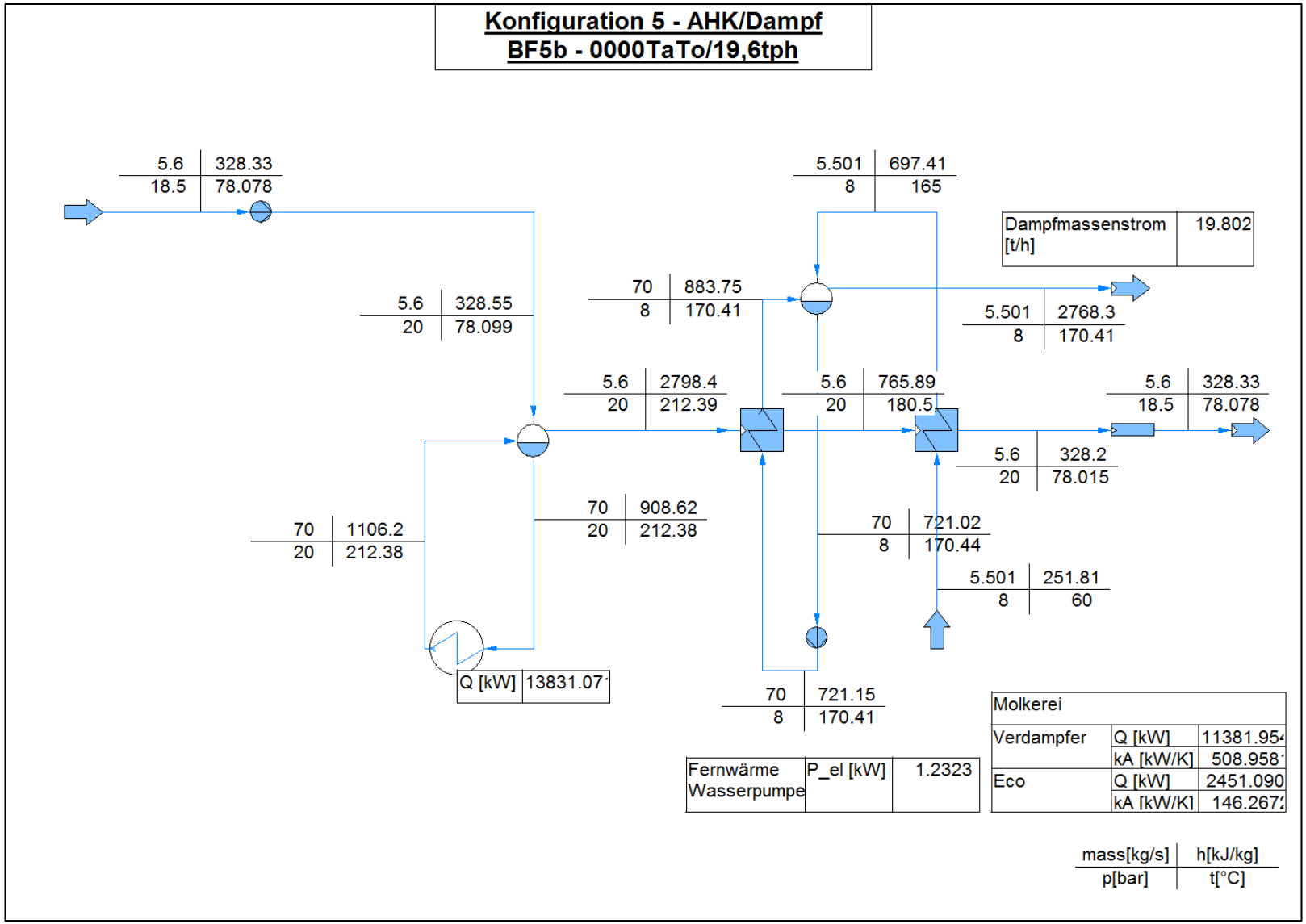


Abbildung 50: : IPSE Simulation Konfiguration 5 Betriebsfall 5b

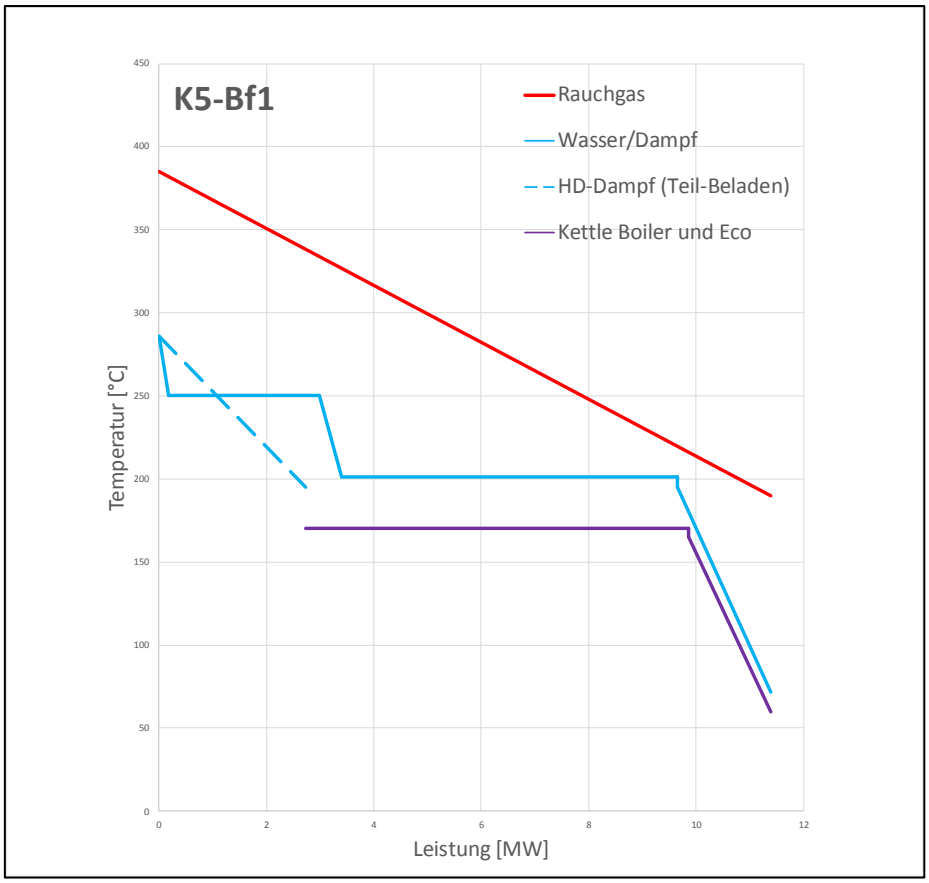


Abbildung 51: Q-T-Diagramm Konfiguration 5 Betriebsfall 1 [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

4.6. Konfiguration 6a1

In der Konfiguration 6a1 nimmt das Durferrit die Wärme des Zementabgases im Rippenrohrwärmetauscher auf und erreicht eine Temperatur von 371°C. Anschließend wird im Luft-Salz-Wärmetauscher durch das heiße Flüssigsalz die Luft von 188.73°C auf 350°C erwärmt. 18% des Luftmassenstroms fließen in den Speicher, der Rest wird verwendet, um im Abhitzekessel Dampf zu produzieren. Das Druckwasser tritt mit 72.621°C in den Abhitzekessel und der überhitze Dampf verlässt den Abhitzekessel mit einer Temperatur von 250°C. Der Dampf fließt anschließend zur Molkerei.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

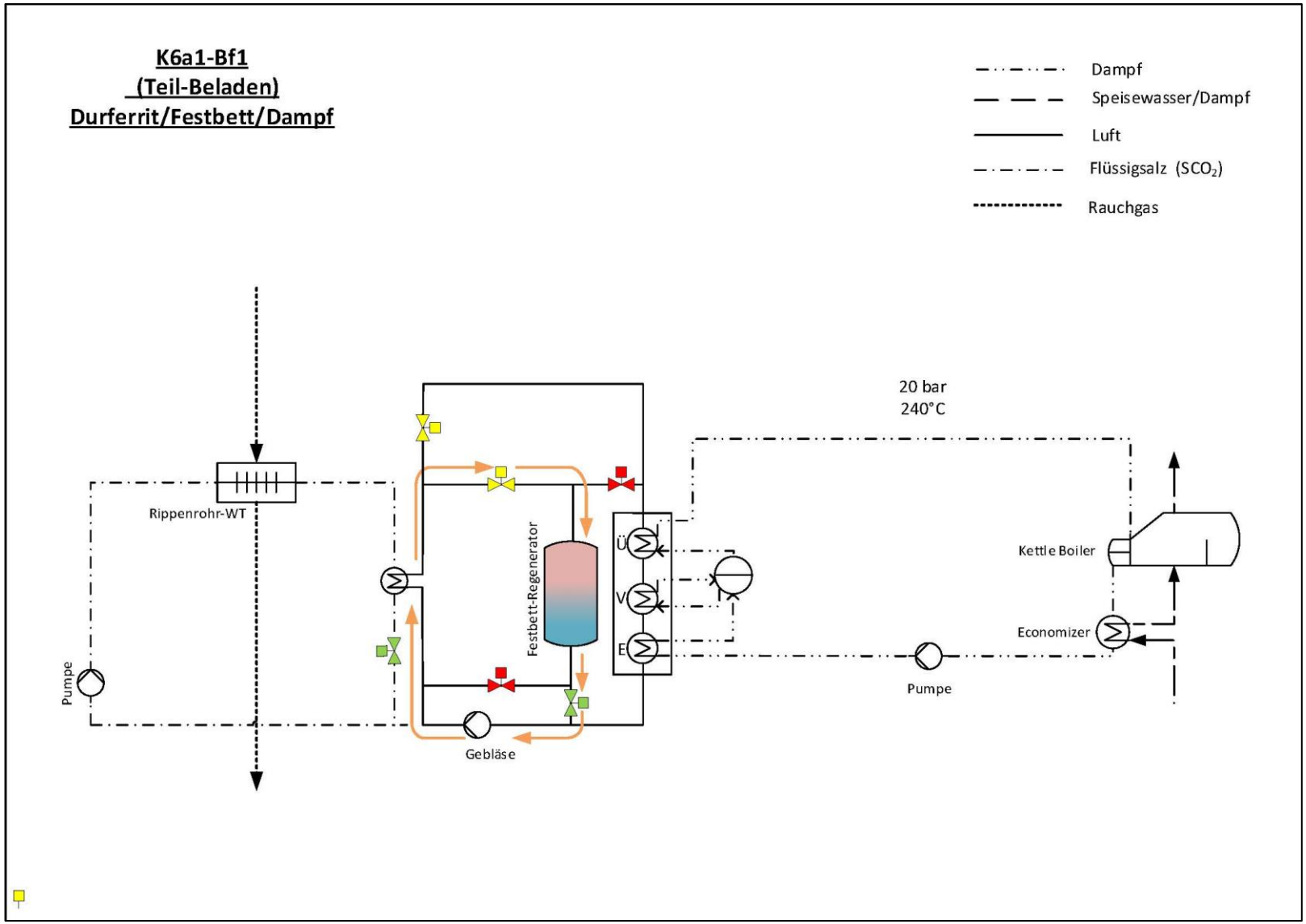


Abbildung 52: Konzept 6a1 Betriebsfall 1 – Teil-Beladen [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

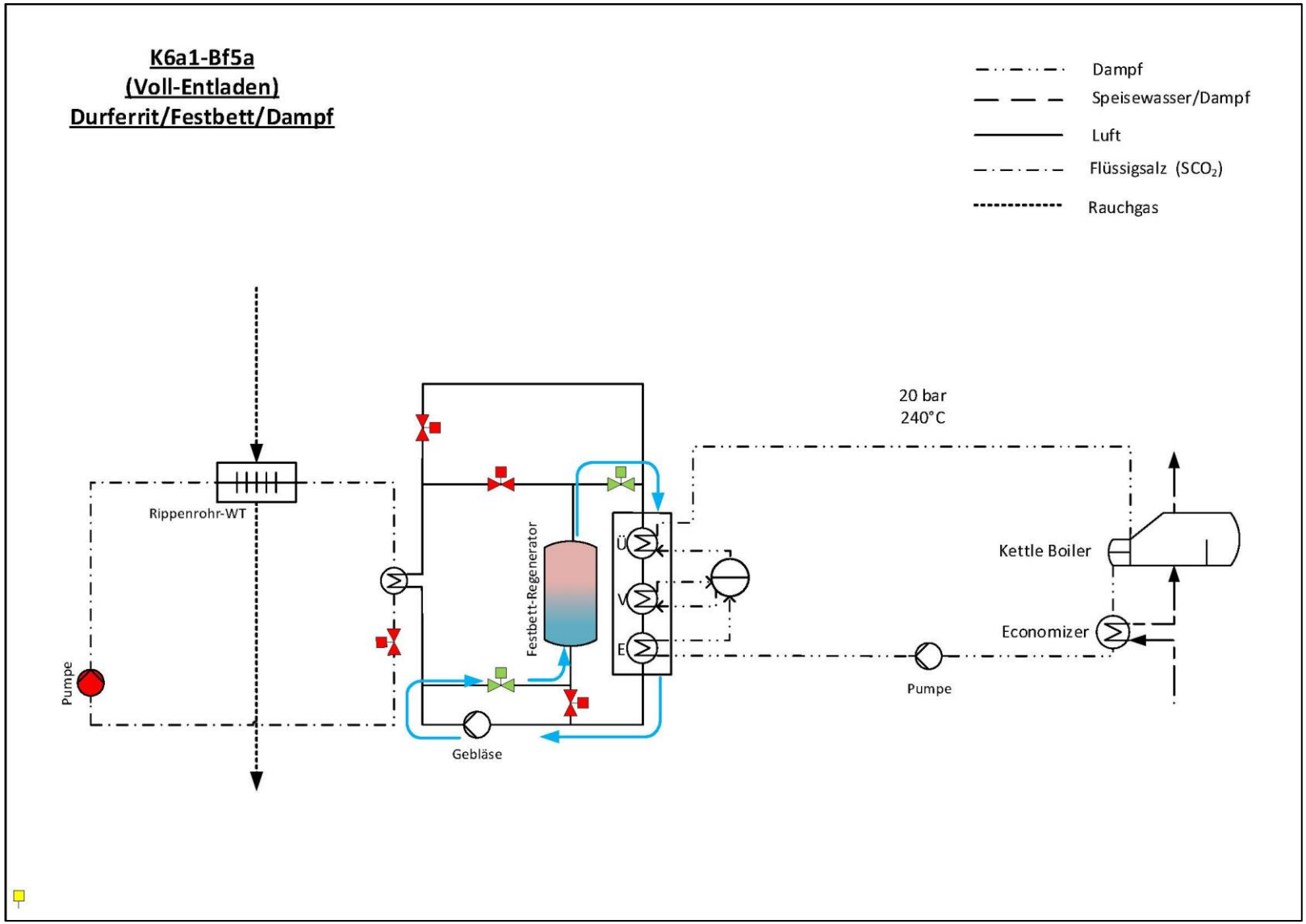


Abbildung 53: Konzept 6a1 Betriebsfall 5a & 5b – Voll-Entladen [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

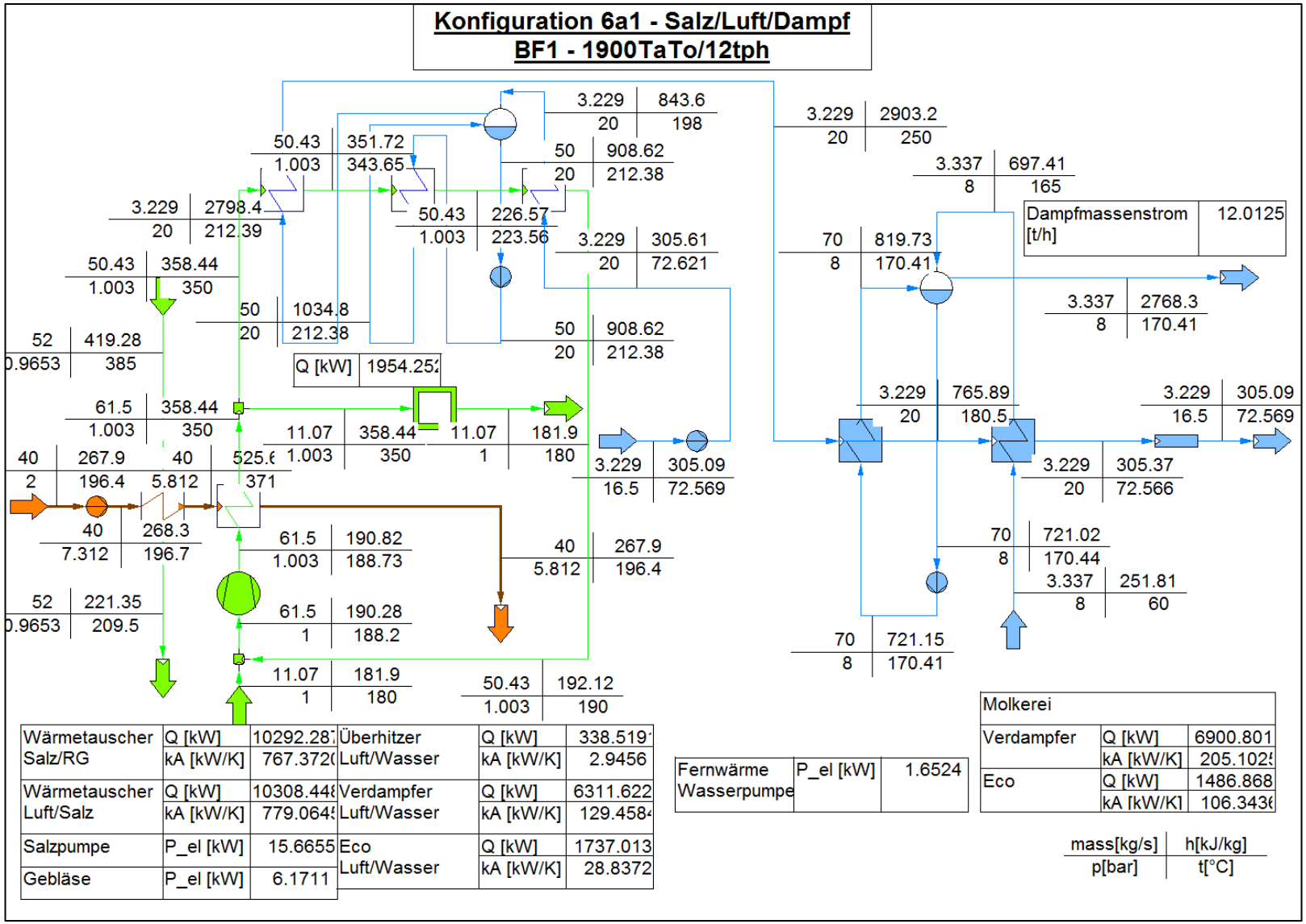


Abbildung 54: IPSE Simulation Konfiguration 6a1 Betriebsfall 1

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

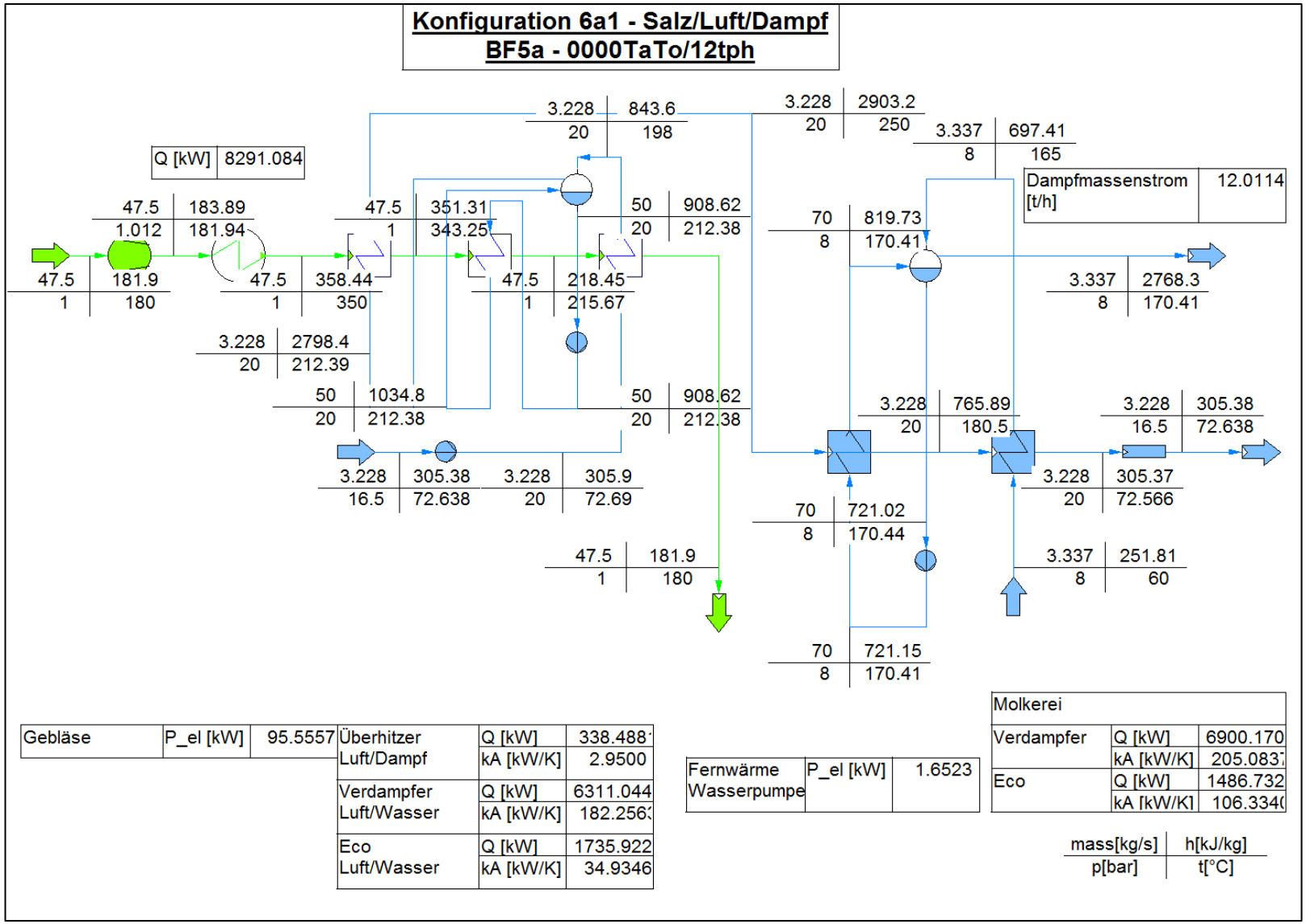


Abbildung 55: IPSE Simulation Konfiguration 6a1 Betriebsfall 5a

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

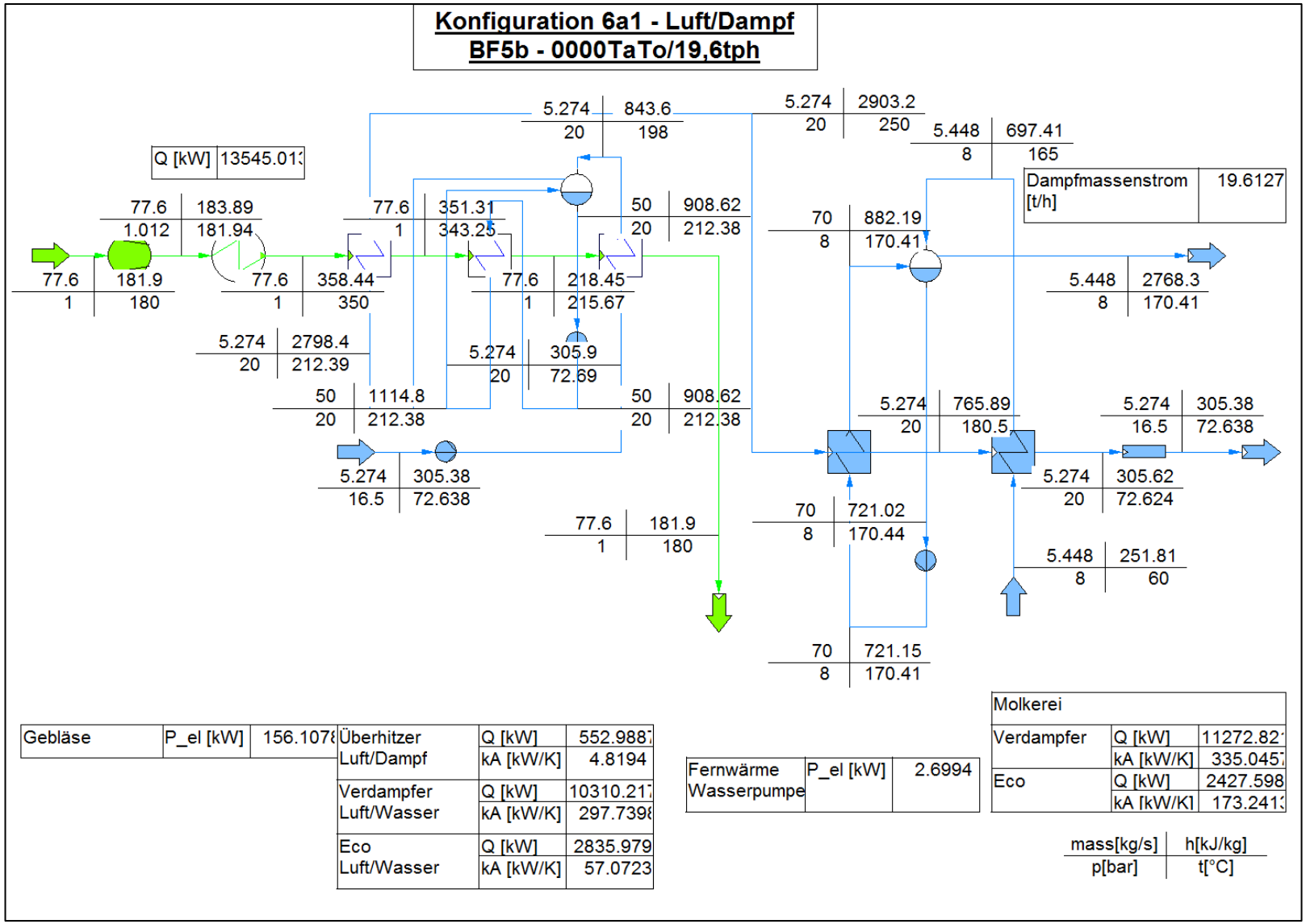


Abbildung 56: IPSE Simulation Konfiguration 6a1 Betriebsfall 5b

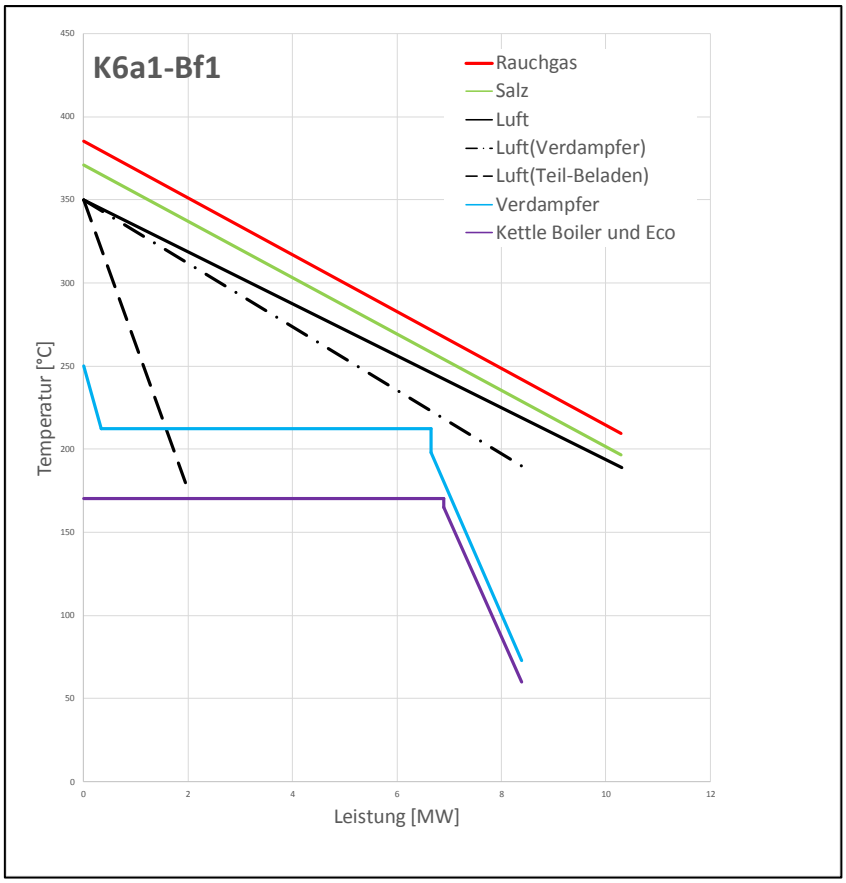


Abbildung 57: Q-T-Diagramm Konfiguration 6a1 Betriebsfall 1 [13]

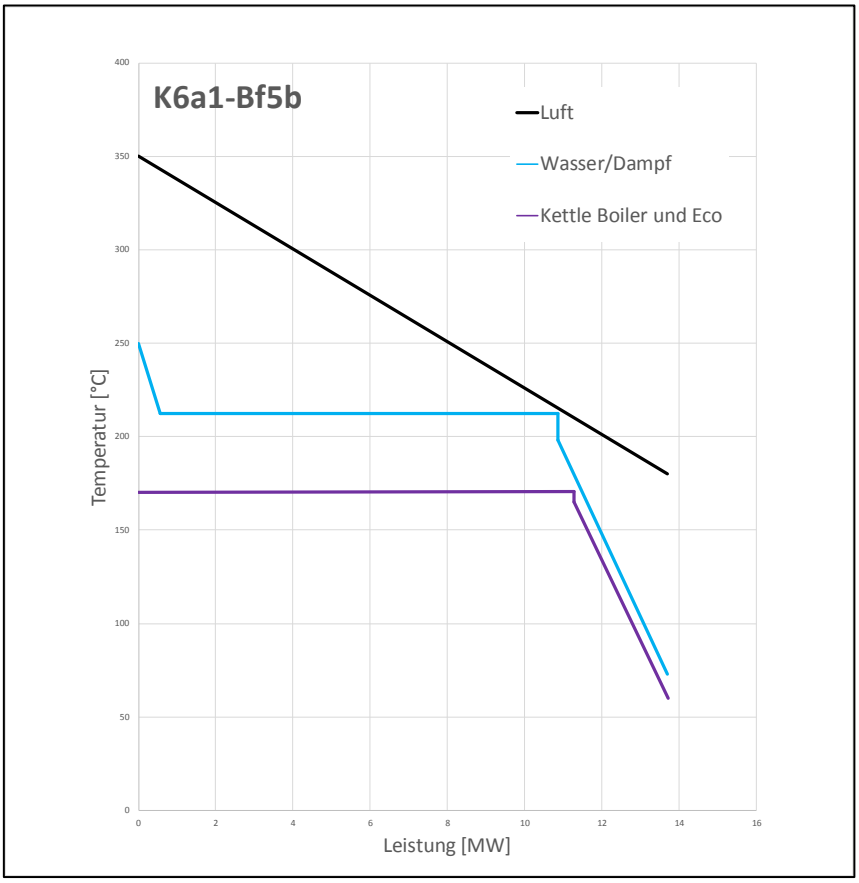


Abbildung 58: Q-T-Diagramm Konfiguration 6a1 Betriebsfall 5b [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4.7. Konfiguration 6a2

Die Konfiguration 6a2 verwendet so wie 6a1 einen Abhitzekessel, um überhitzen Dampf für die Dampfproduktion der Molkerei zu produzieren. Jedoch wird hier 79% des Flüssigsalz Massenstorms direkt zum Abhitzekessel geleitet. Der Rest des Massenstroms erhitzt Luft im Luft/Salz-Wärmetauscher auf 350°C, welches zur Beladung des Speichers verwendet wird.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

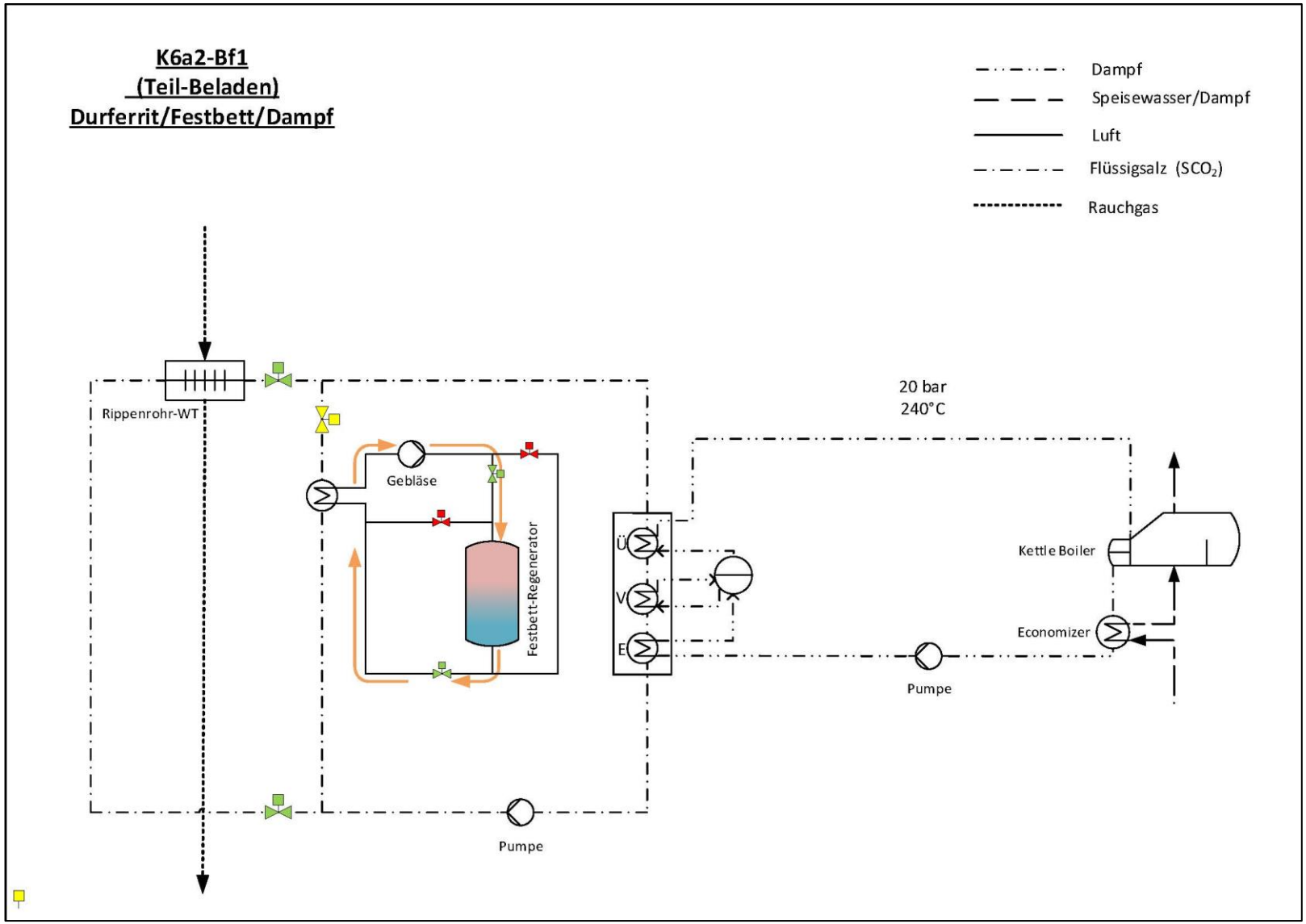


Abbildung 59: Konzept 6a2 Betriebsfall 1 – Teil-Beladen [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

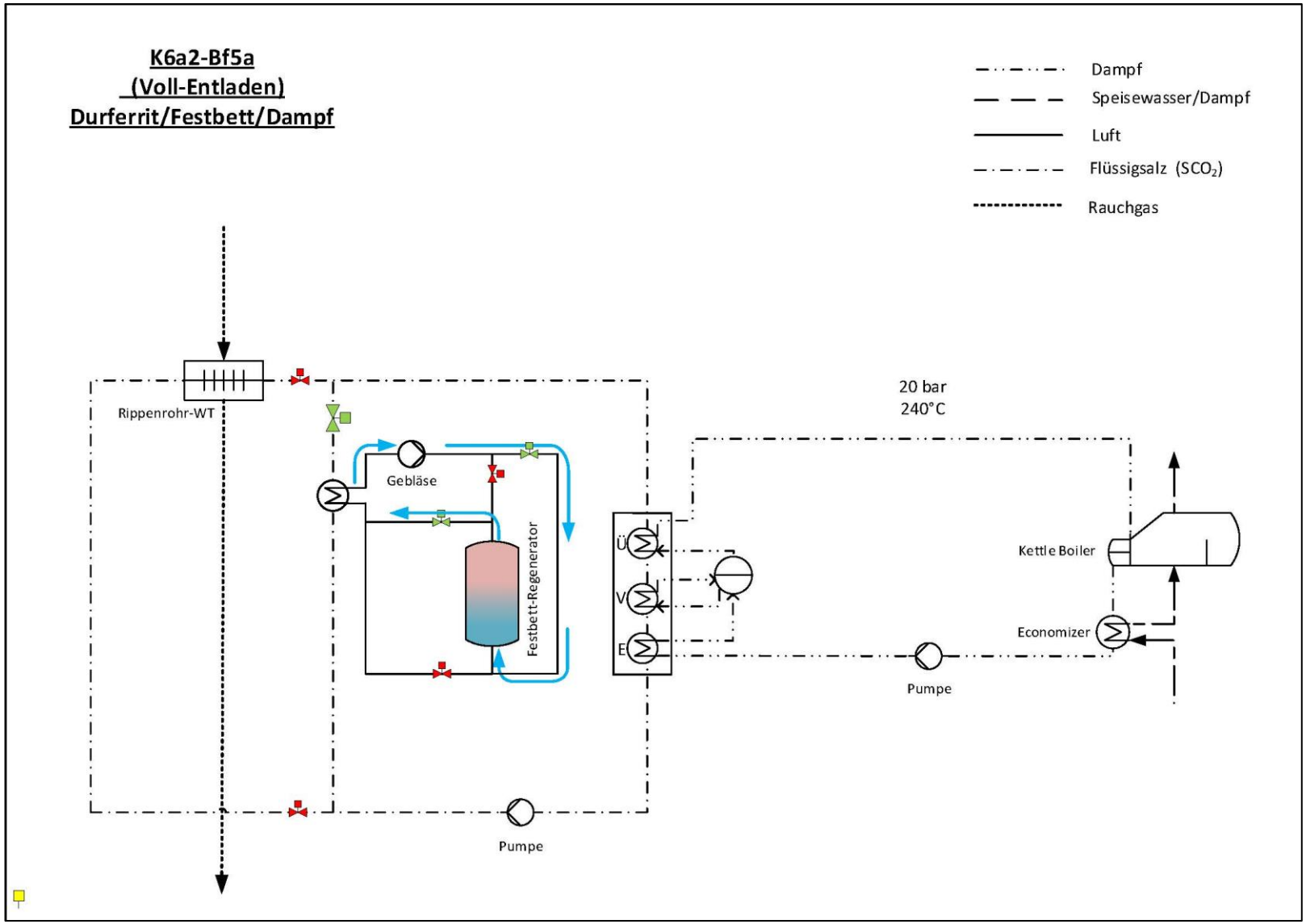


Abbildung 60: Konzept 6a2 Betriebsfall 5a & 5b – Voll-Entladen [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

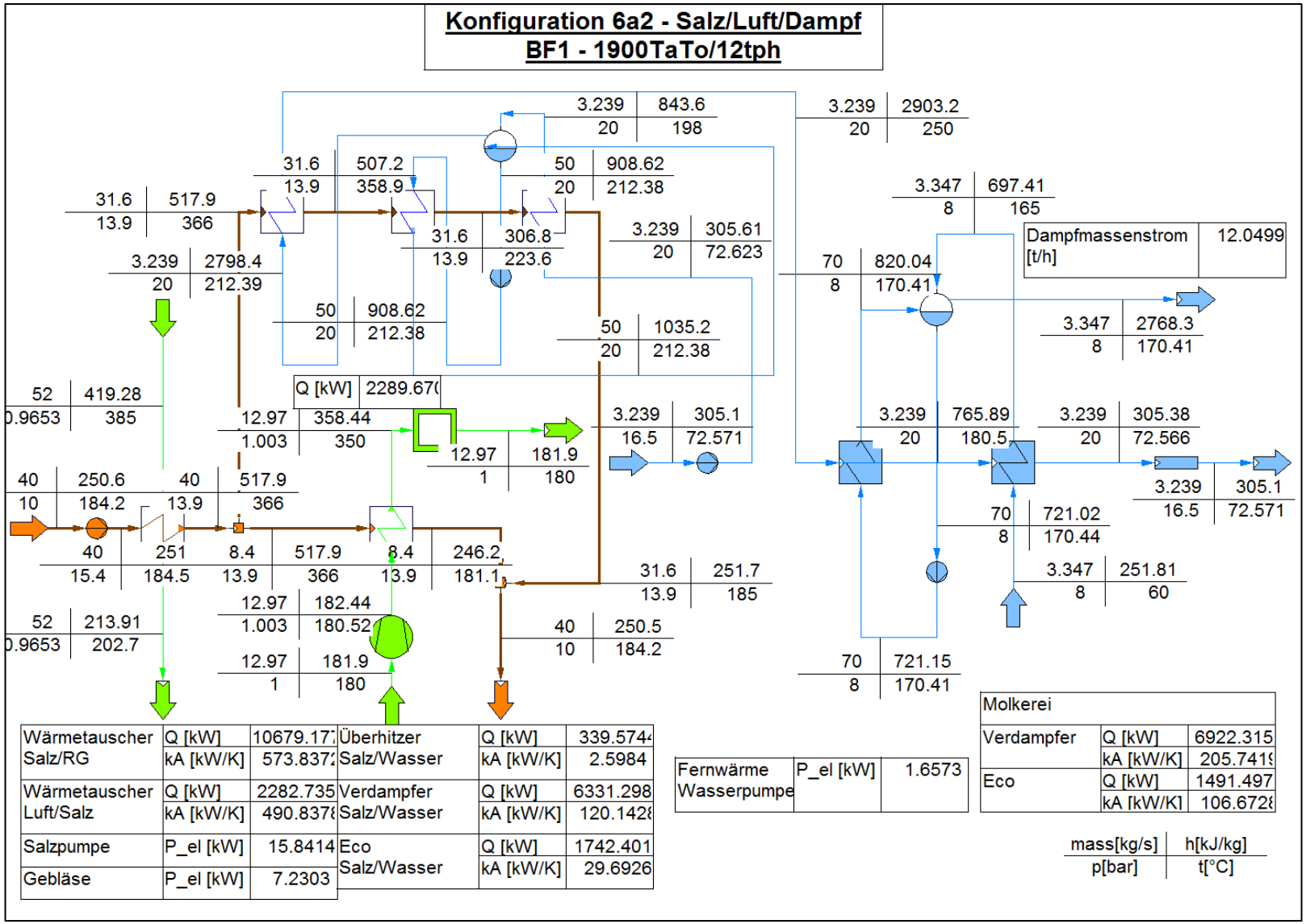


Abbildung 61: IPSE Simulation Konfiguration 6a2 Betriebsfall 1

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

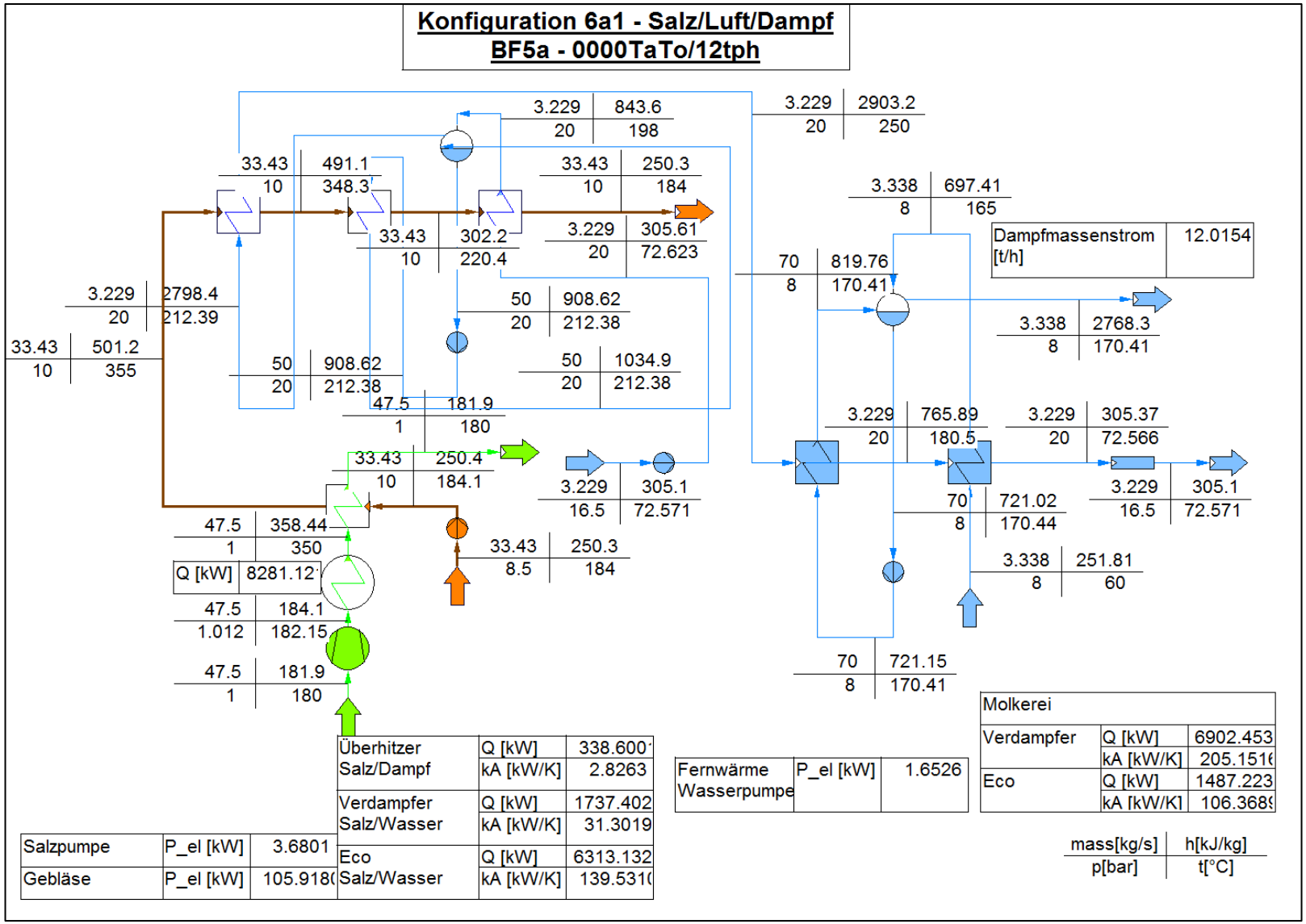


Abbildung 62: IPSE Simulation Konfiguration 6a1 Betriebsfall 5a

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

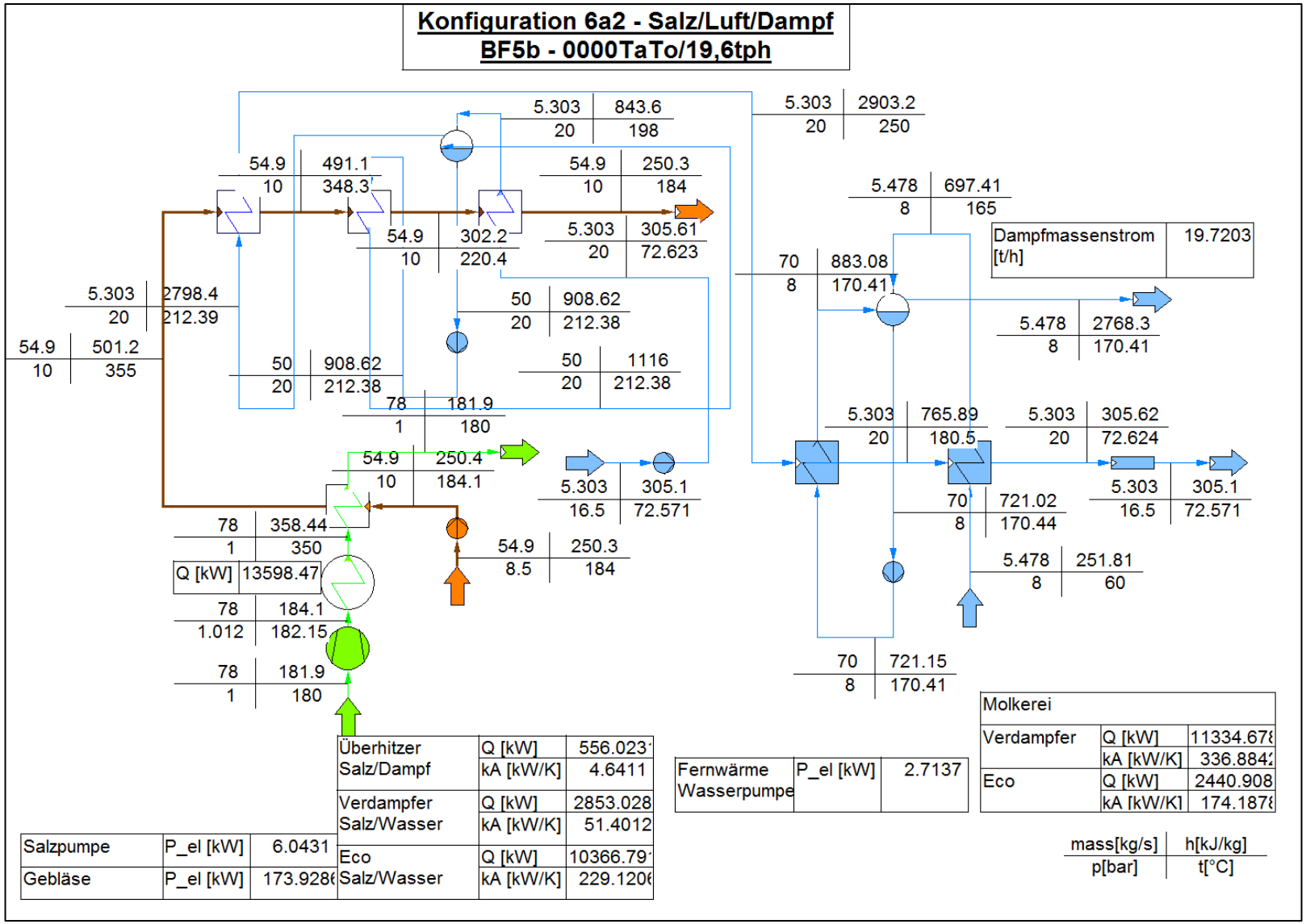


Abbildung 63: IPSE Simulation Konfiguration 6a2 Betriebsfall 5b

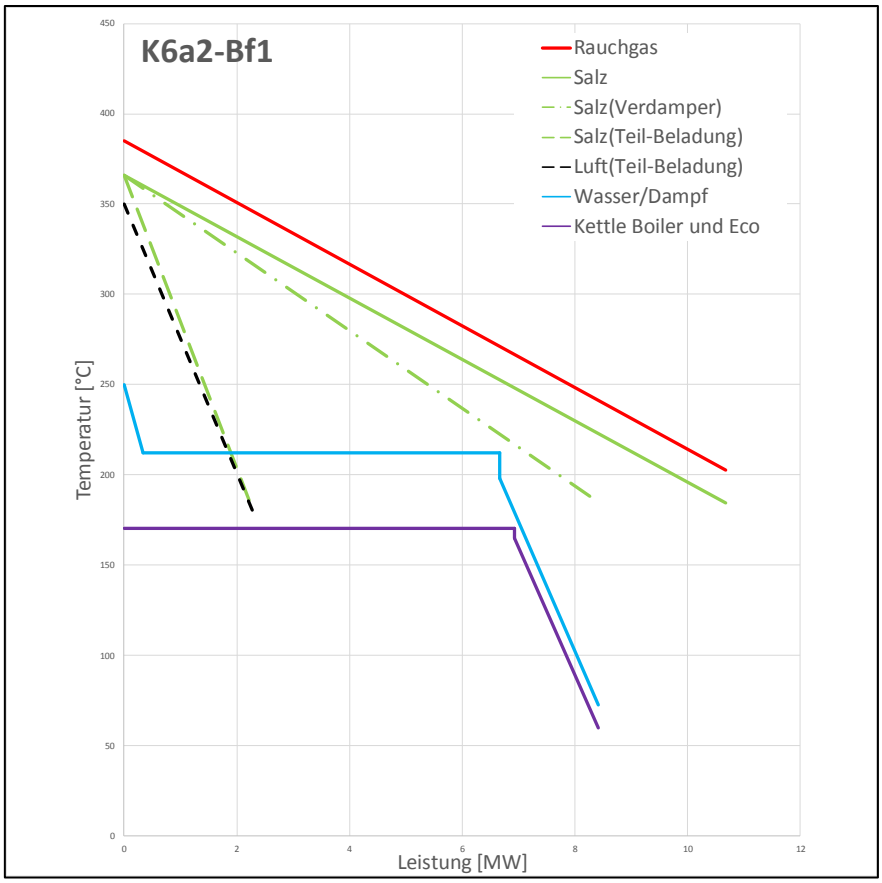


Abbildung 64: Q-T-Diagramm Konfiguration 6a2 Betriebsfall 1 [13]

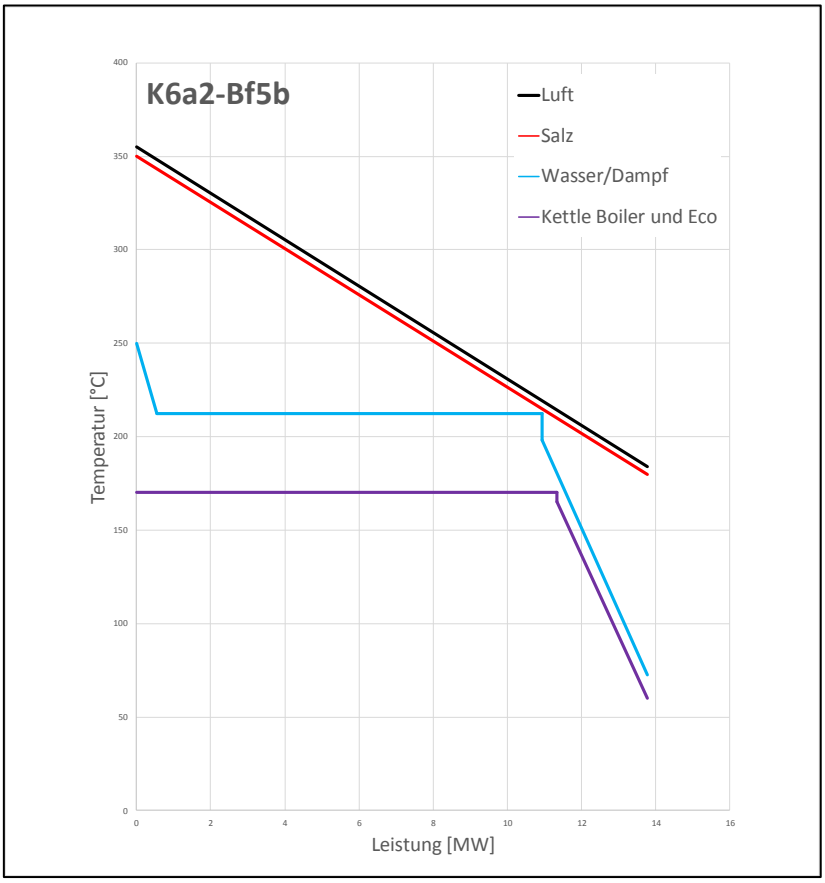


Abbildung 65: Q-T-Diagramm Konfiguration 6a2 Betriebsfall 5b [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4.8. Konfiguration 7a

Bei dieser Konfiguration kommt es zur Teilbeladung des Speichers und zur indirekten Dampferzeugung. Der große Unterschied zwischen den Konfigurationen 7a und 2a ist, dass hier der Speicher-Kreislauf nicht Luft als Wärmetransfermedium aufweist, sondern direkt durch den vom Abgas erhitzen Wärmeträger zum Speicher gelangt. Das heißt, dass bei dieser Konfiguration kein zusätzlicher Wärmetauscher benötigt wird, um die Energiespeicherung zu vollziehen.

Durferrit wird durch das Rauchgas vom Zementwerk auf 366°C erhitzt. 24% des Massenstroms wird für die Energiespeicherung verwendet. Mit dem Rest des Massenstroms wird das Druckwasser anhand eines Wärmetauschers auf 240°C erhitzt, um in der Molkerei den benötigten Dampf produzieren zu können.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

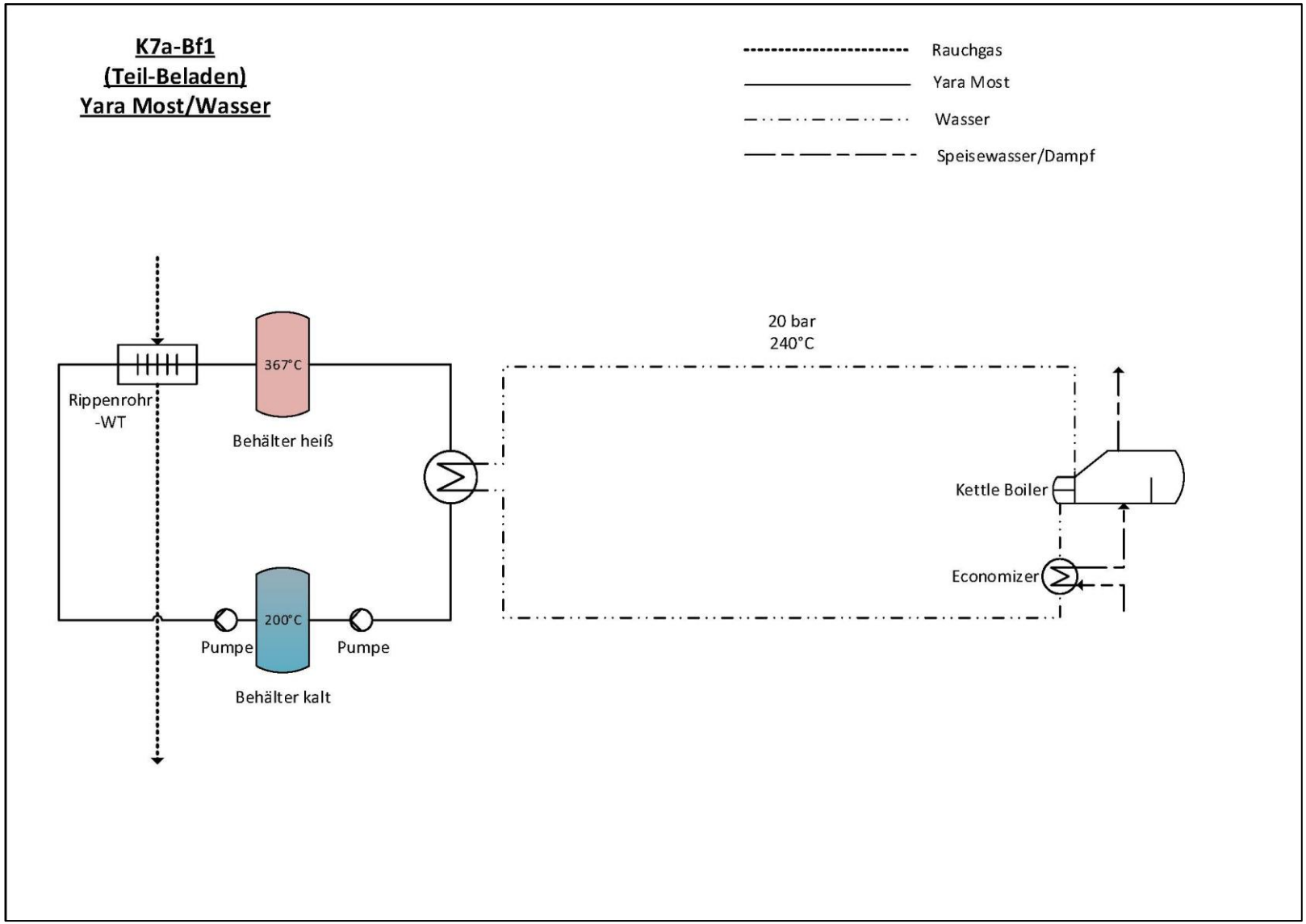


Abbildung 66: Konzept 7a Betriebsfall 1 – Teil-Beladen [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

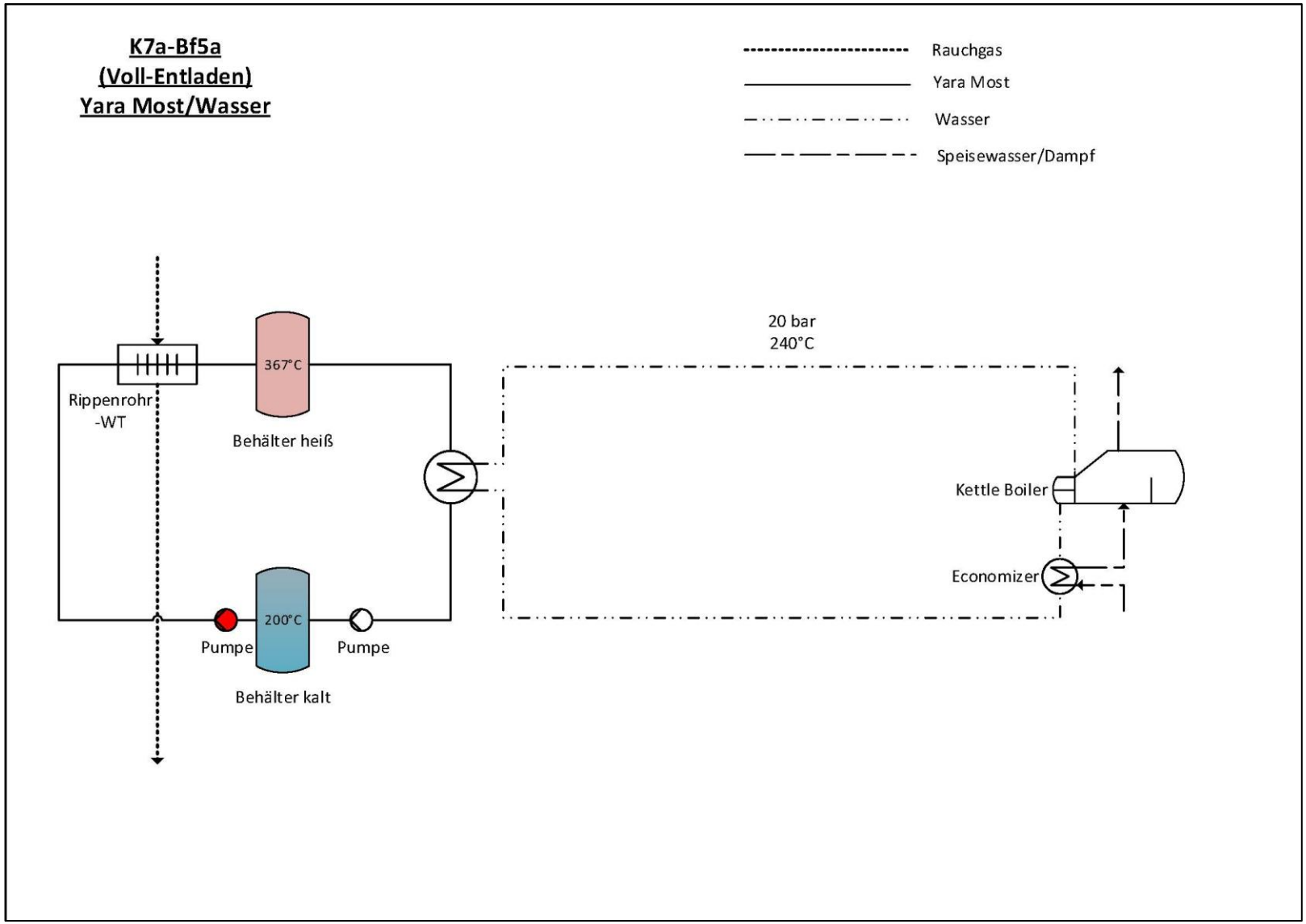


Abbildung 67: Konzept 7a Betriebsfall 5a & 5b – Voll-Entladen [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

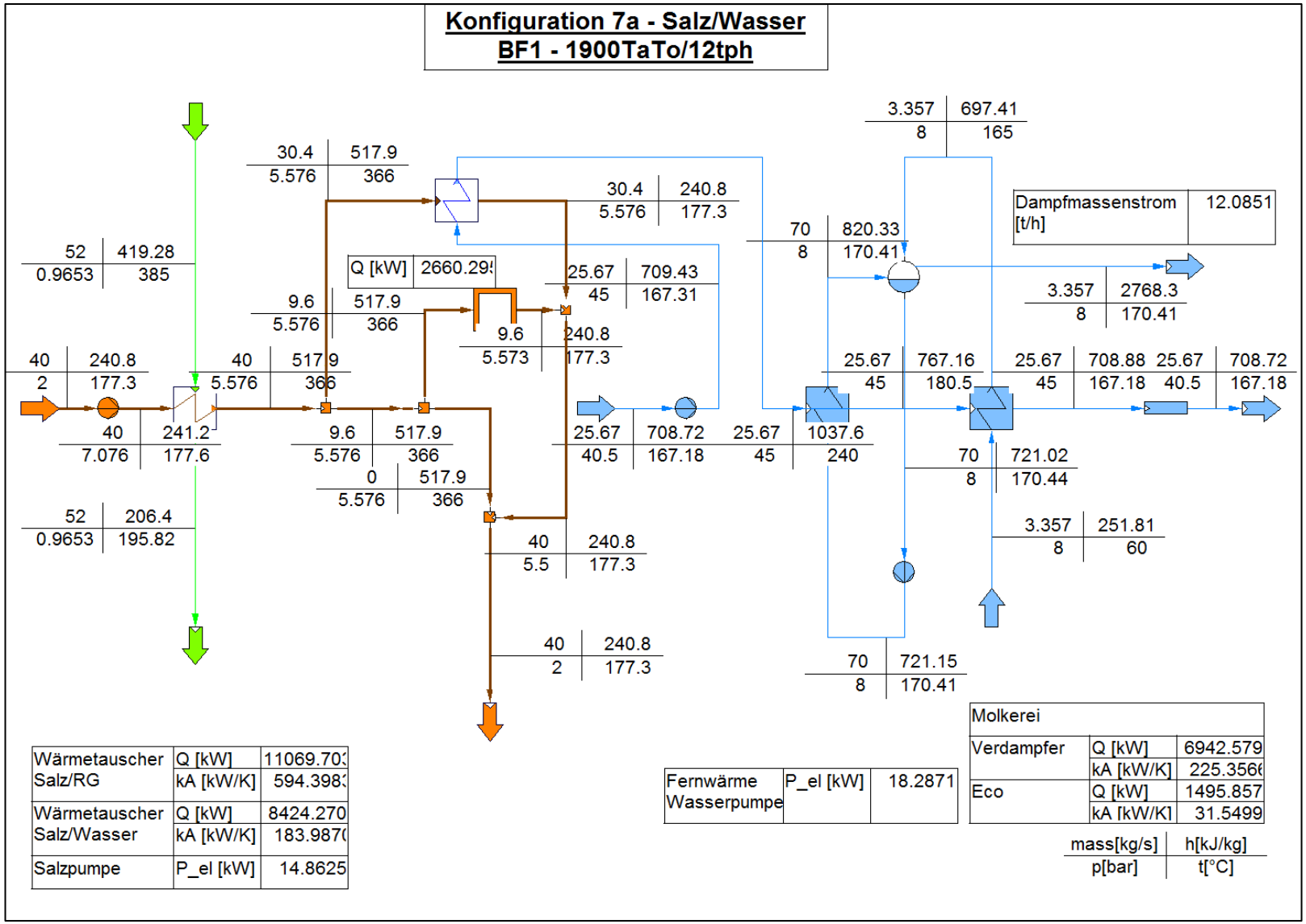


Abbildung 68: IPSE Simulation Konfiguration 7a Betriebsfall 1

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

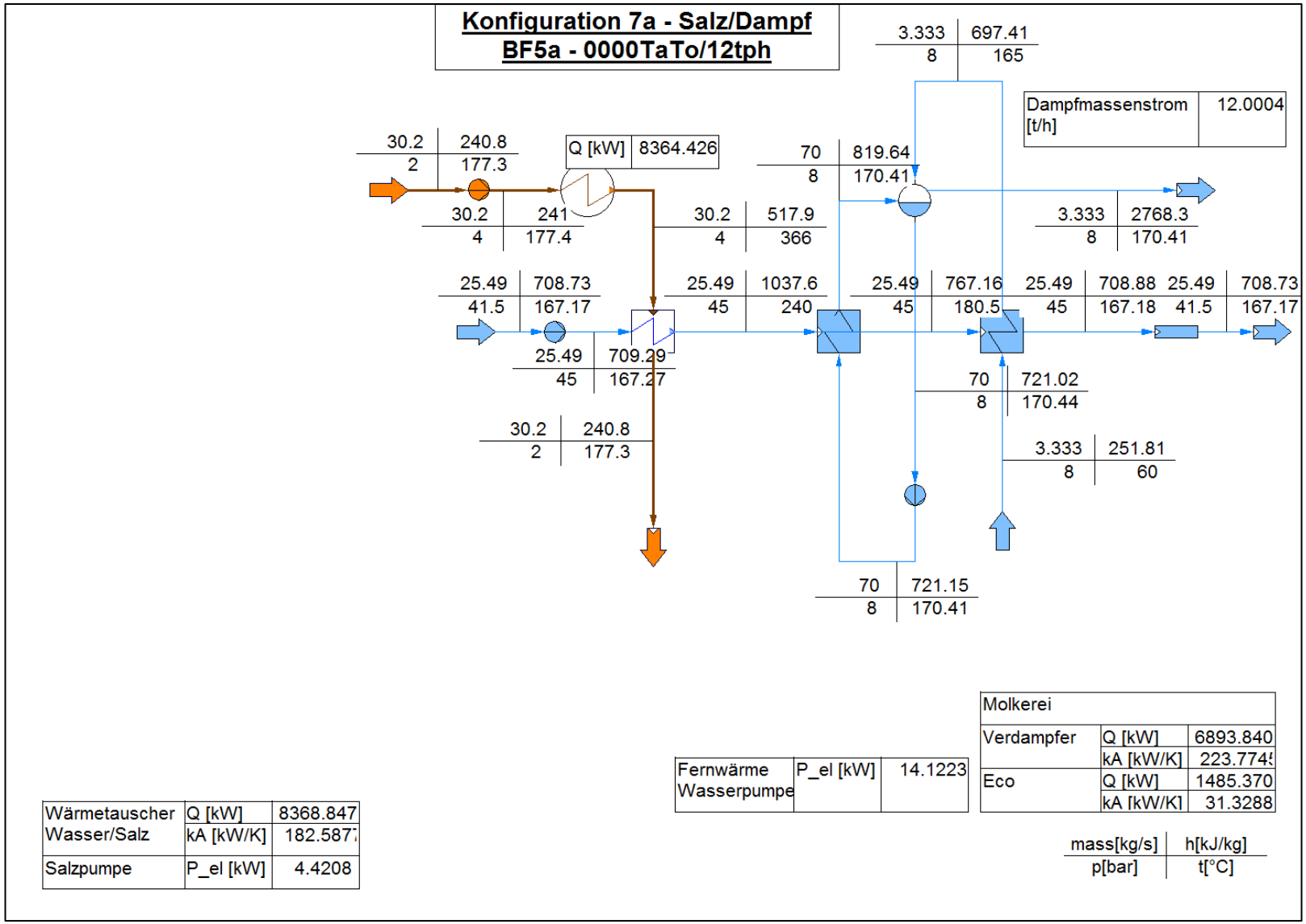


Abbildung 69: IPSE Simulation Konfiguration7a Betriebsfall 5a

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

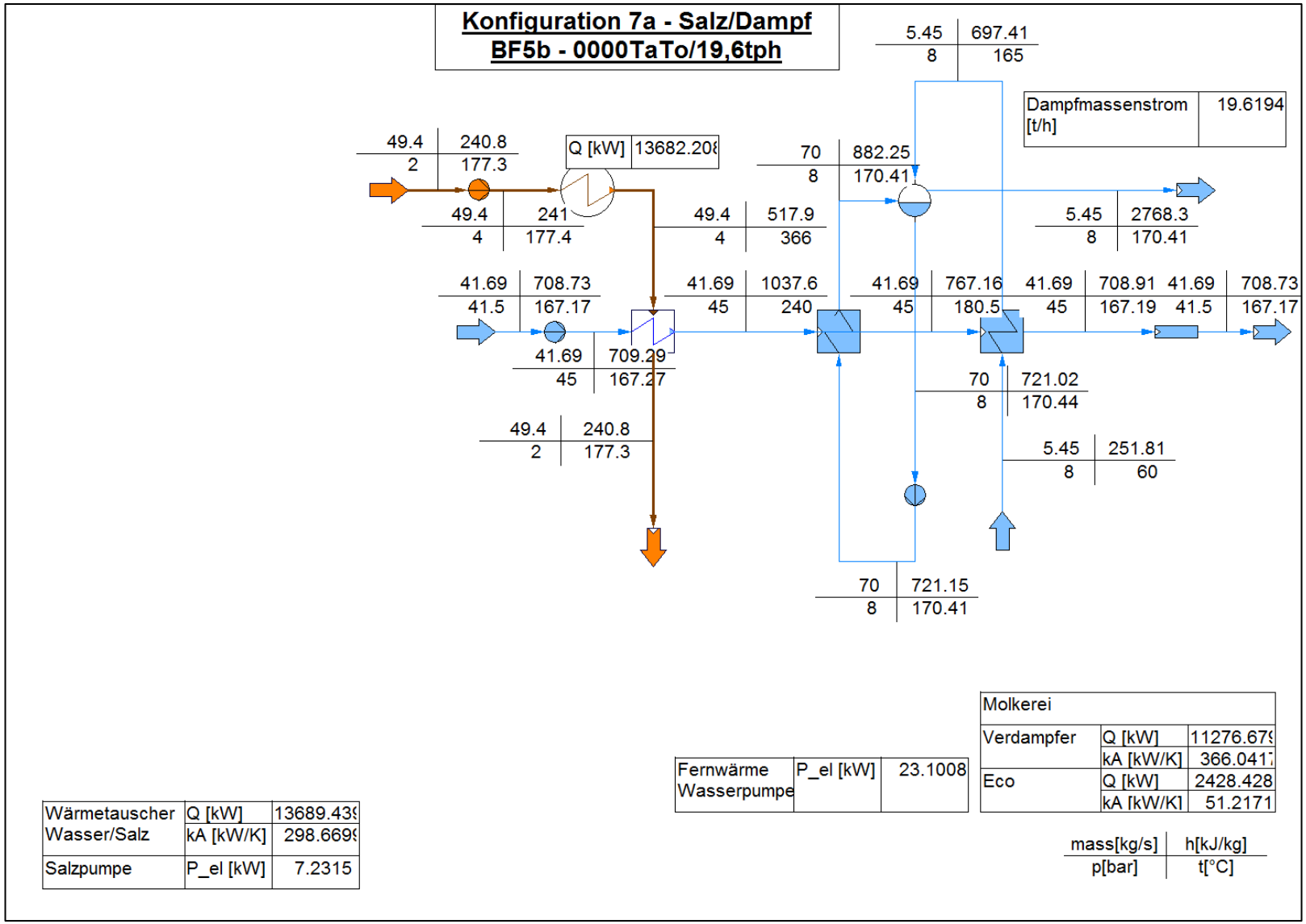


Abbildung 70: IPSE Simulation Konfiguration 7a Betriebsfall 5b

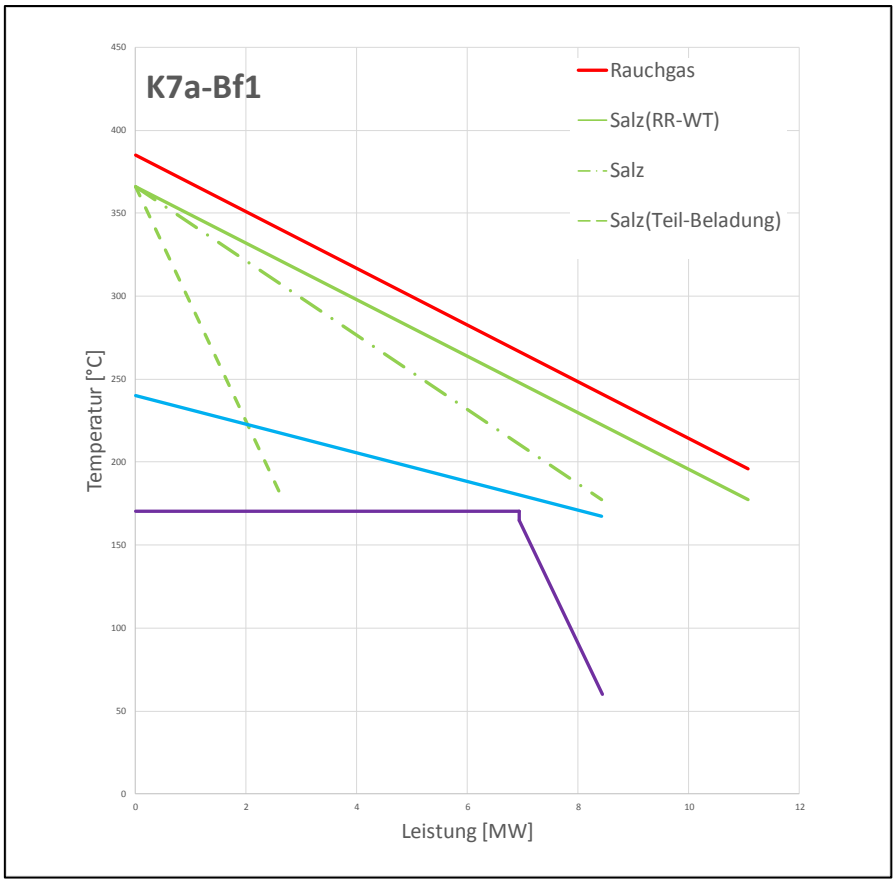


Abbildung 71: Q-T-Diagramm Konfiguration 7a Betriebsfall 1 [13]

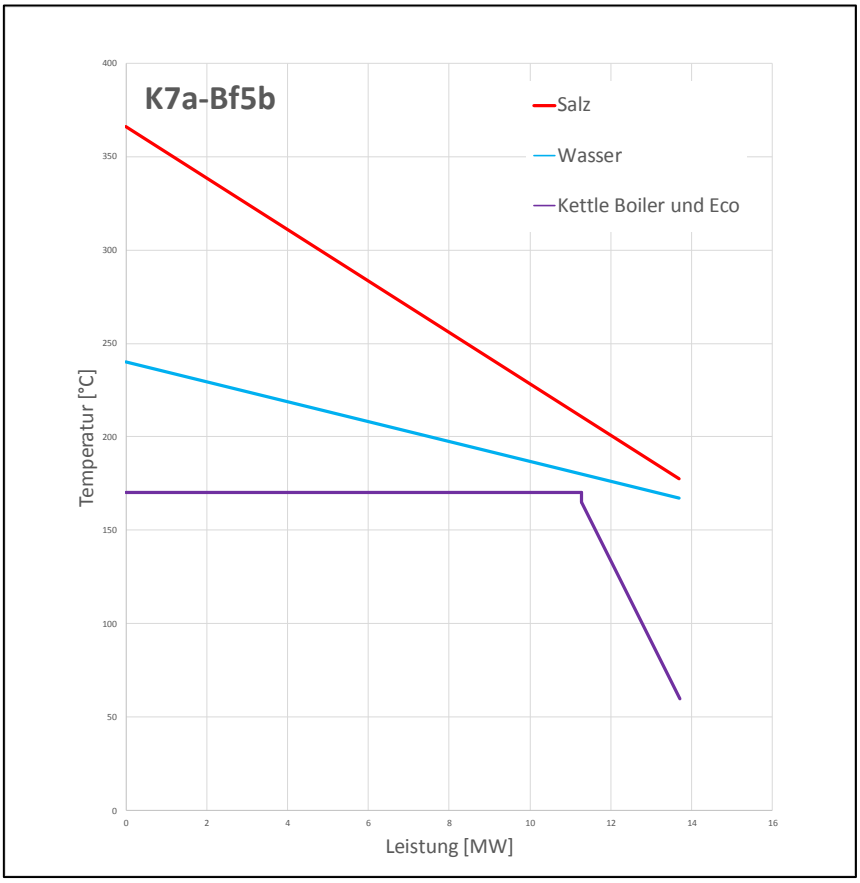


Abbildung 72: Q-T-Diagramm Konfiguration 7a Betriebsfall 5b [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4.9. Konfiguration 7b

Die Konfiguration 7b hat einen ähnlichen Aufbau wie die Konfiguration 7a. 21% des heißen Durferrits wird direkt zum Speicher geleitet. Der Rest des Massenstroms fließt wie bei der vorherigen Konfiguration zum erhitzen des Druckwassers, jedoch findet die Erhitzung des Wassers nicht über einen Wärmetauscher statt, sondern durch einen Abhitzekessel.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

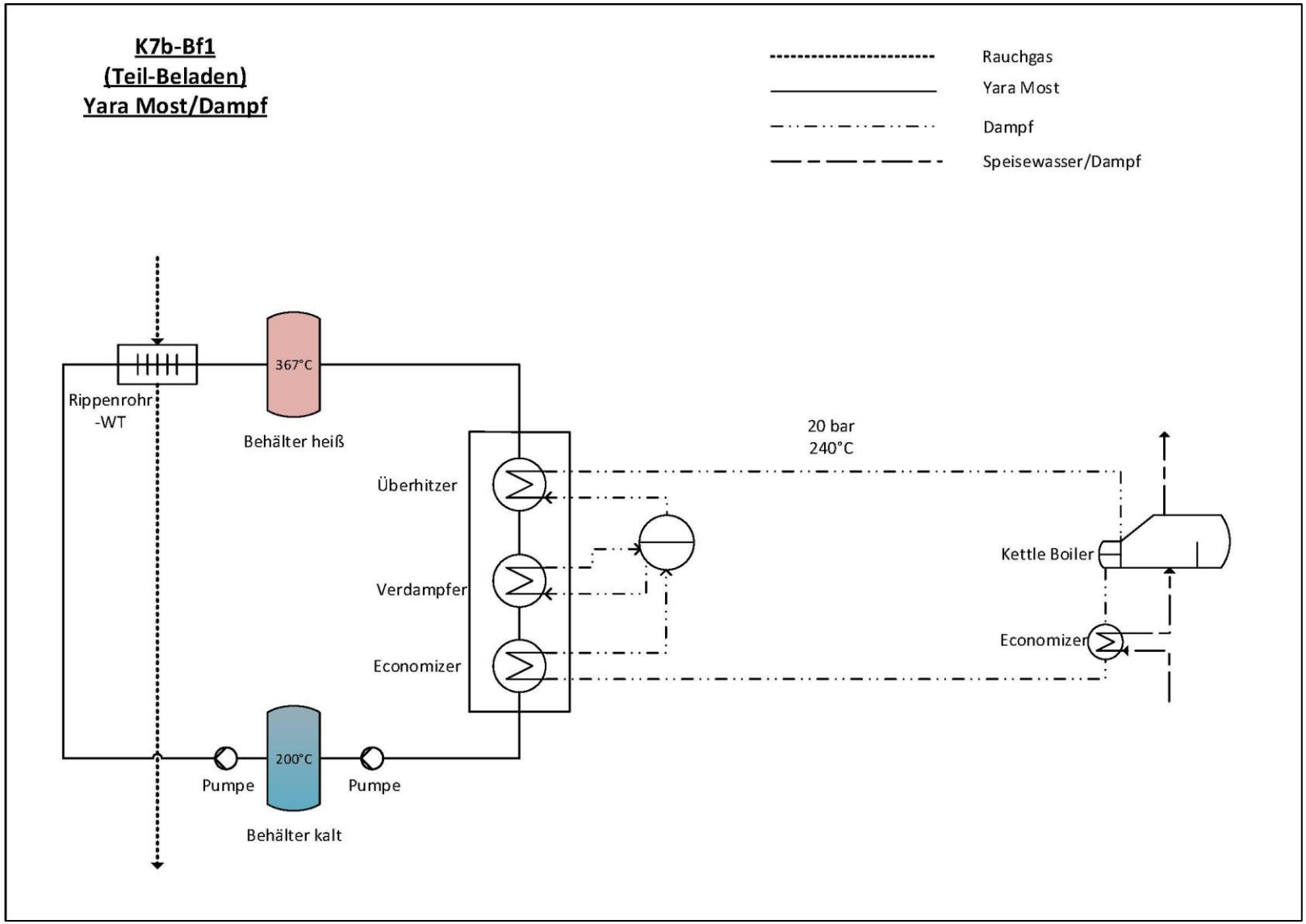


Abbildung 73: Konzept 7b Betriebsfall 1 – Teil-Beladen [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

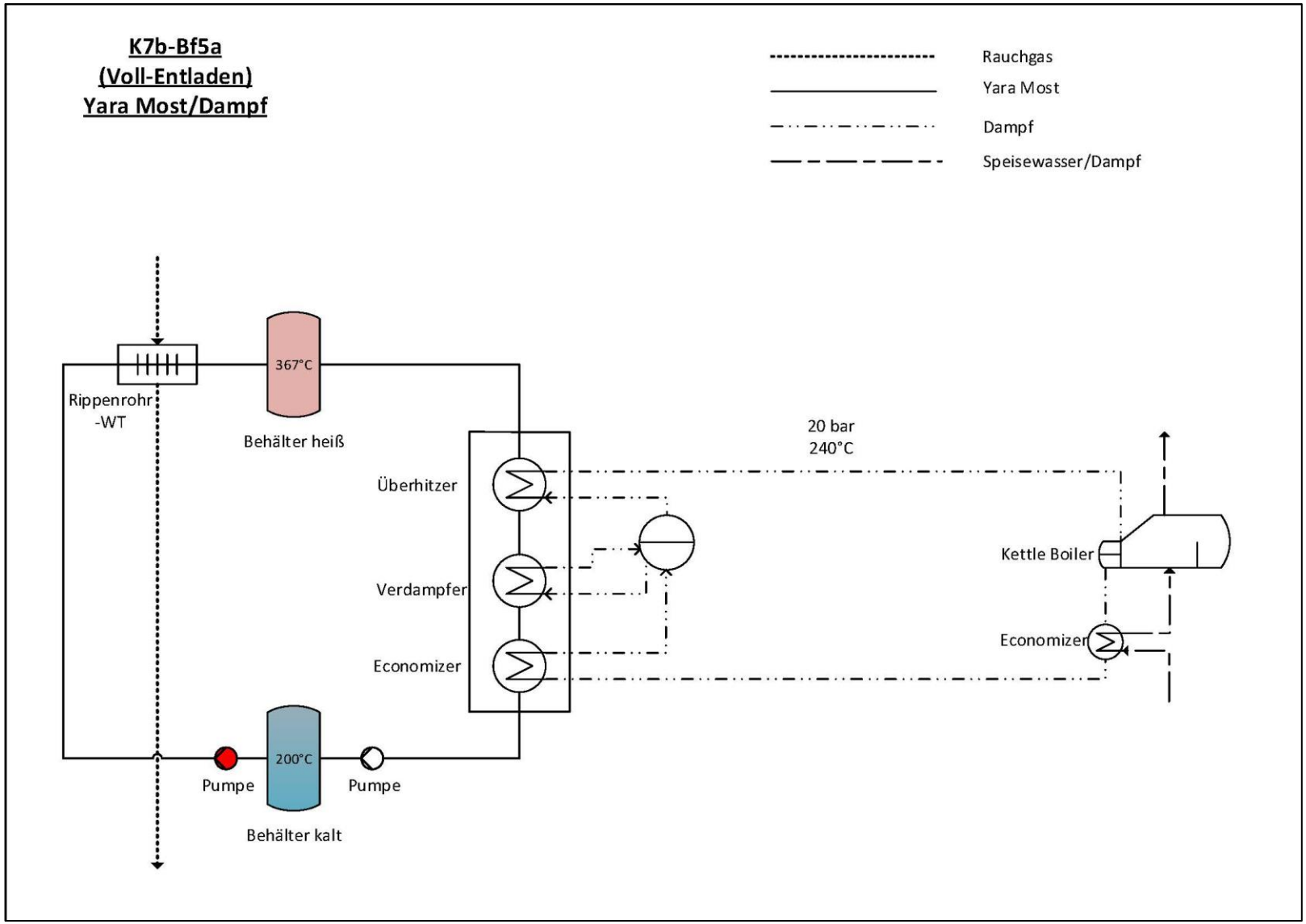


Abbildung 74: Konzept 7b Betriebsfall 5a & 5b – Voll-Entladen [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

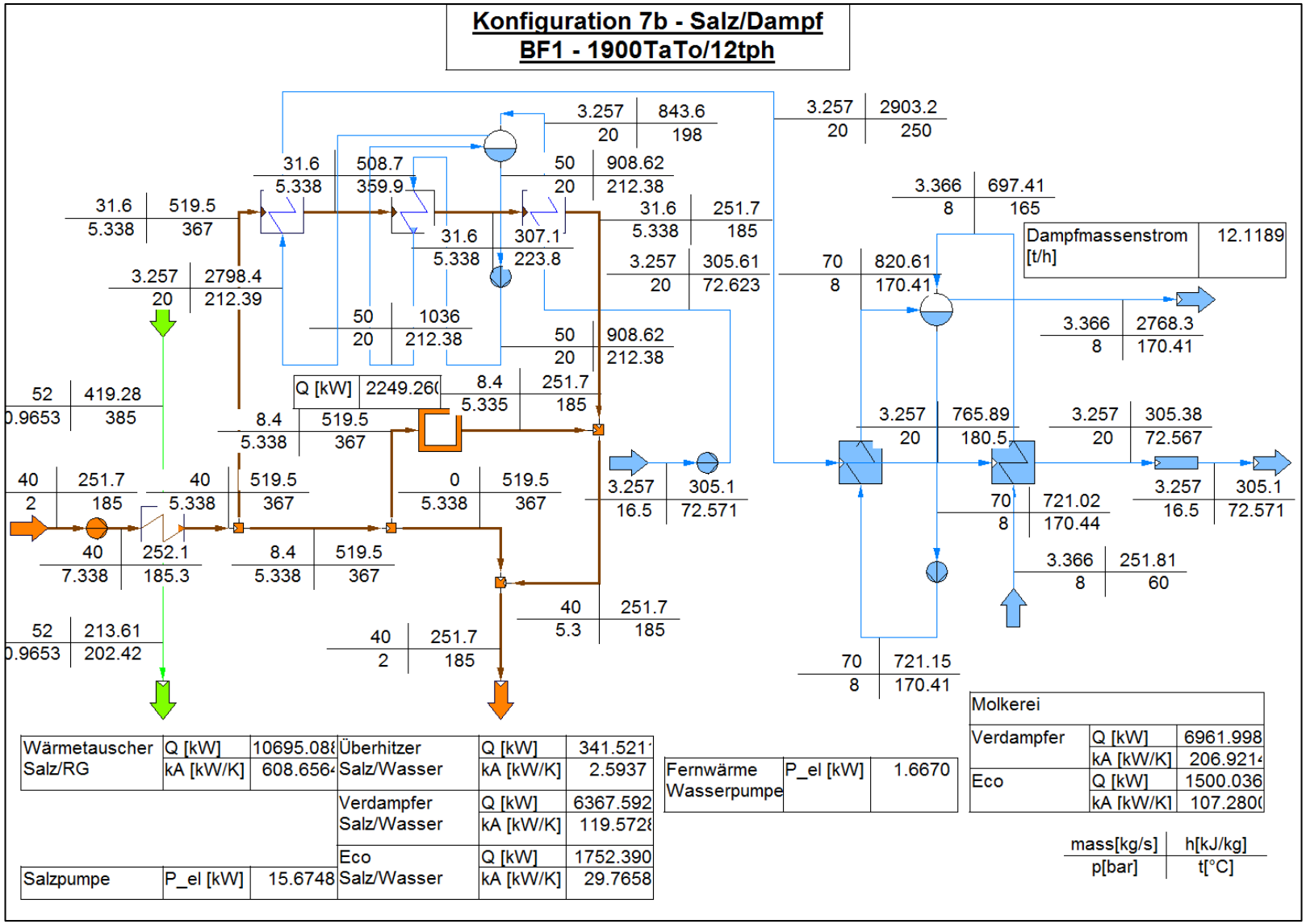


Abbildung 75: IPSE Simulation Konfiguration 7b Betriebsfall 1

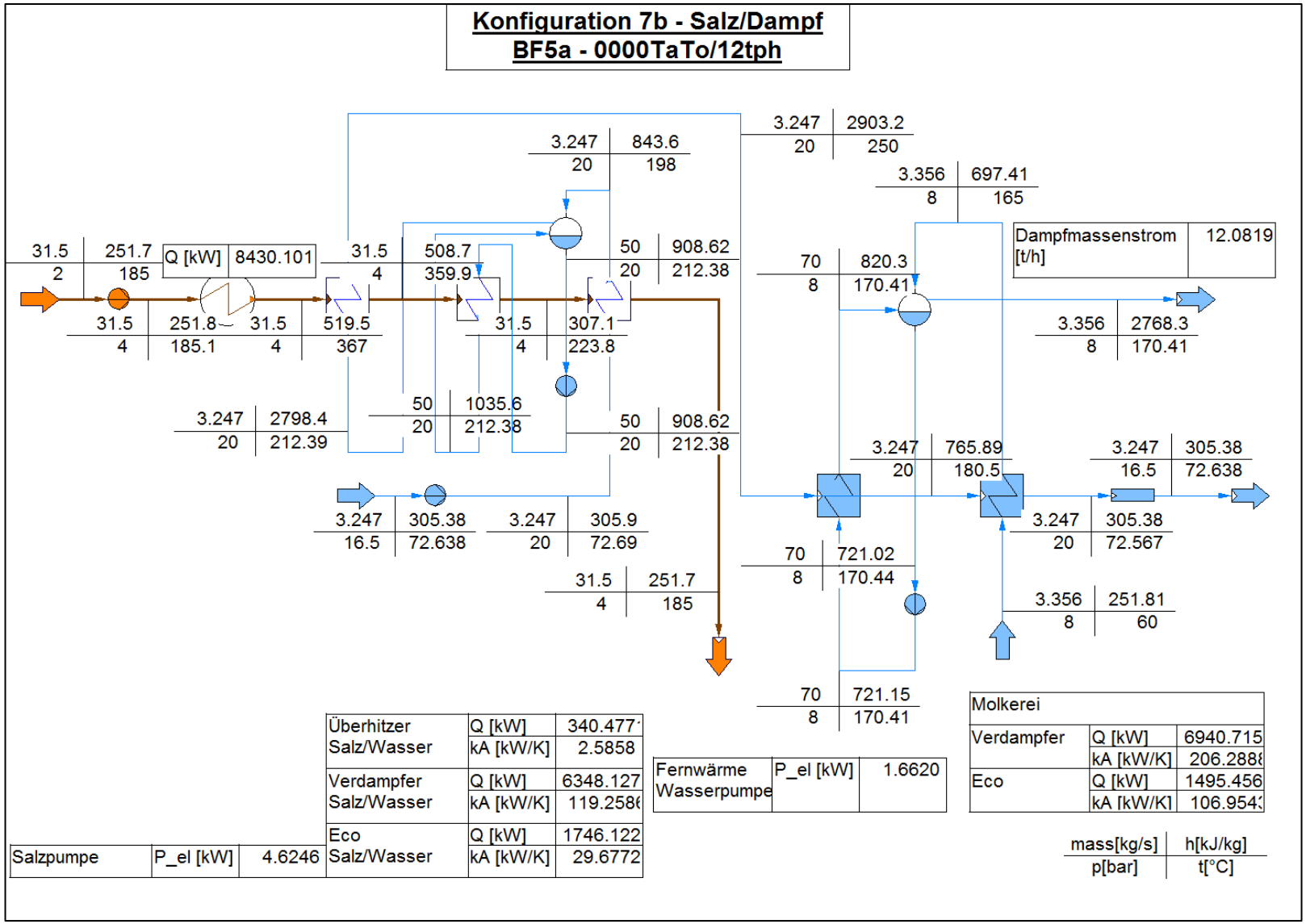


Abbildung 76: IPSE Simulation Konfiguration 7b Betriebsfall 5a

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

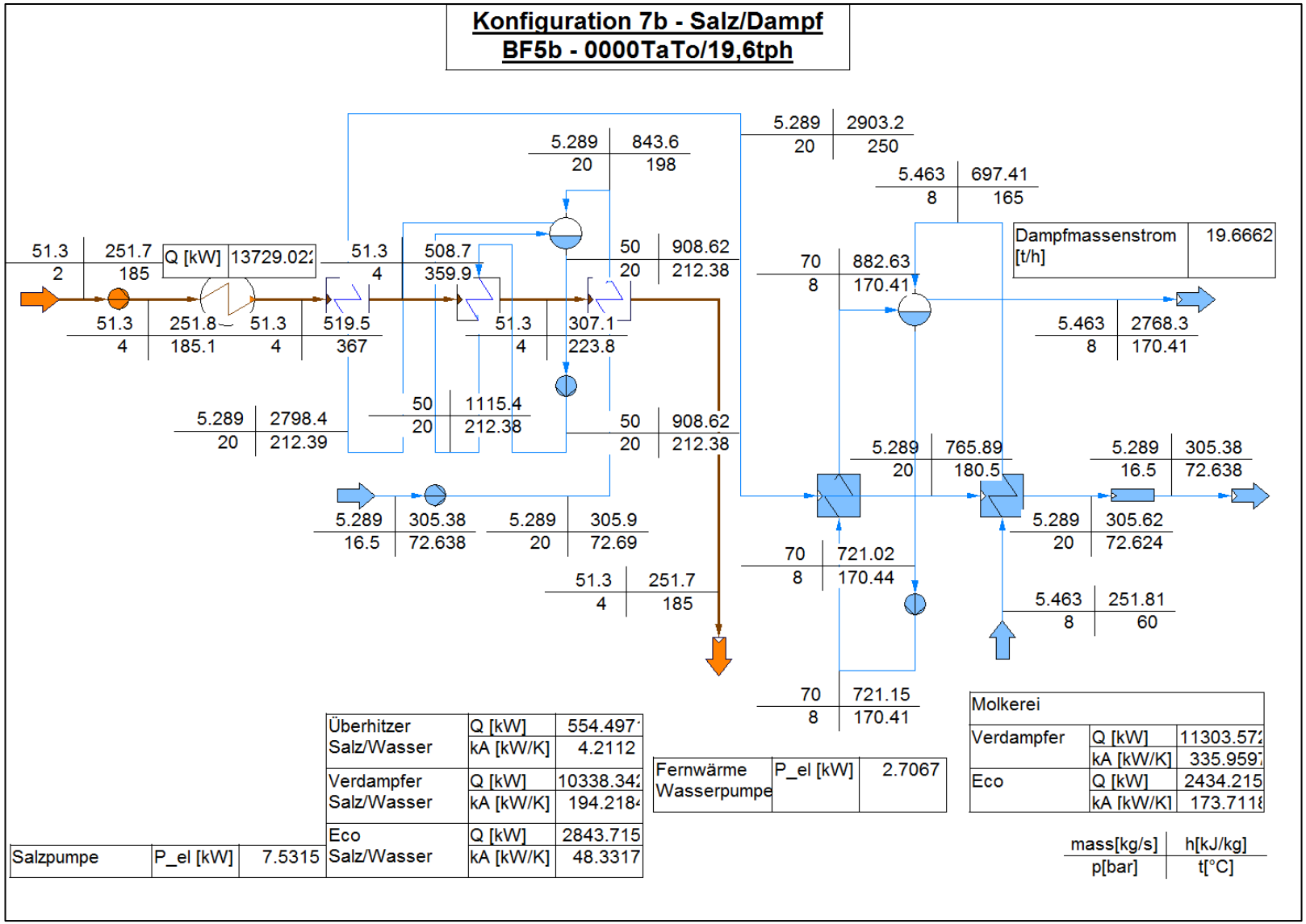


Abbildung 77: IPSE Simulation Konfiguration 7b Betriebsfall 5b

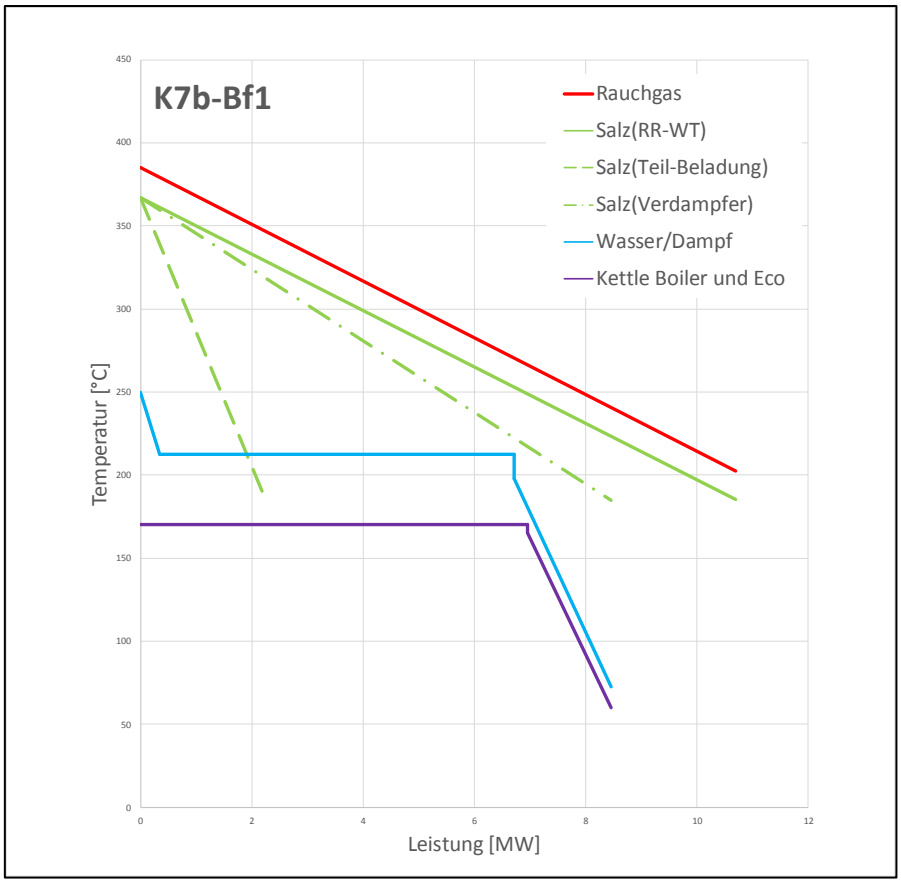


Abbildung 78: Q-T-Diagramm Konfiguration 7b Betriebsfall 1 [13]

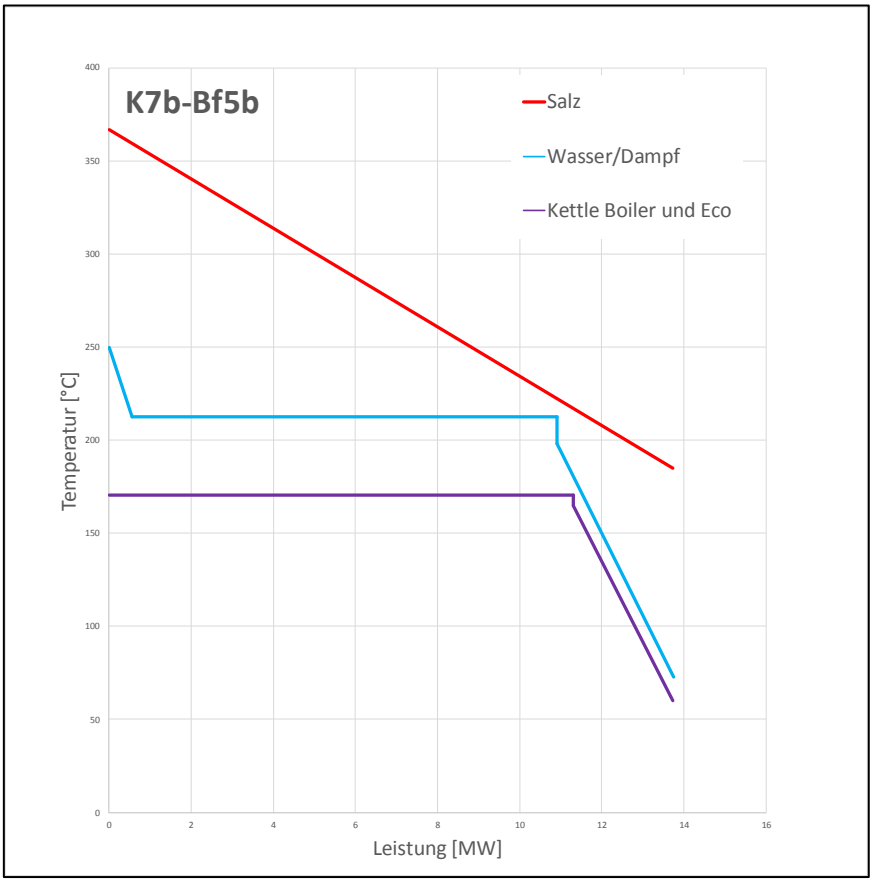


Abbildung 79: Q-T-Diagramm Konfiguration 7b Betriebsfall 5b [13]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

5. Auslegung der Anlagenkomponenten

Aufbauend auf den Konzeptberechnungen aus Kapitel 4 und den Randbedingungen werden in diesem Kapitel mittels spezieller Berechnungsprogramme einige Anlagenkomponenten, wie zum Beispiel Rippenrohrwärmetauscher, Rohrleitungen und Pumpen ausgelegt.

5.1 Rippenrohrwärmetauscher

Der Vorteil von Rippenrohrwärmetauschern ist die Oberflächenvergrößerung durch die zusätzlichen Rippen wodurch ein höherer Wärmestrom erzielt wird. Weiters kann der Wärmetauscher kompakter gebaut werden durch die hohe Effizienz der Rippenrohre, jedoch kommt es zu Schmutzablagerungen des Abgases in den Räumen zwischen den Rippen. Diese Verschmutzung wird Verbacken genannt und hat einen hohen Effizienzverlust zu Folge. Das Verbacken kann man durch geeignete Wärmetauscherabmessungen und Rippenparameter zu einem großen Teil vermeiden und somit einen optimalen Wärmedurchgang garantieren. In der Tabelle 15 kann man die verwendeten Wärmetauscherabmessungen ablesen.

Für die Auslegung des Rippenrohrwärmetauschers wurde das Programm Power Plant Simulator & Designer (PPSD) der Firma KED verwendet. PPSD arbeitet mit einer großen Fluiddatenbank, in der Stoffparameter verschiedenster Wärmeträgerfluide gespeichert sind. [14] Hiermit kann man komplexe Wärmetauscher im Betrieb simulieren. Die Input- und Output-Daten werden im Programm in Tabellen dargestellt.

Es wurden die Rippenrohrwärmetauscher der Konfigurationen 1, 2a, 2b und 7a im Folgenden detaillierter betrachtet. Genaue Ergebnisse, wie zum Beispiel der k – Wert, Heizoberfläche, verschiedenste Wärmeübergänge und weitere wichtige Daten, für die jeweiligen Konfigurationen sind im Anhang C.1. zu finden.

In der Tabelle (15) sind die verschiedenen Rippenrohrwärmetauscher (RRWT) der jeweiligen Konfigurationen (K) gelistet in Zusammenhang mit Außendurchmesser, Wandstärke, Rippenhöhe, Rippendicke und Anzahl der Rippen pro Meter gelistet.

RRWT	K	Außendurchmesser $[mm]$	Wandstärke $[mm]$	Rippenhöhe $[mm]$	Rippendicke $[mm]$	Rippen pro Meter $\left[\frac{1}{m}\right]$	
H_2O-RG	1	38	2,6	19	0,8	300	
Luft-Salz	2a	38	2,6	19	0,8	100	300
Salz-RG	2a	38	3	19	0,8	100	300
Luft- H_2O	2a	38	3,2	19	0,8	300	
sCO_2	2b	38	2,6	19	0,8	300	
Salz-RG	7a	38	3,6	19	0,8	300	

Tabelle 15: Rippenrohre der Konfigurationen

Als Rippenrohrwerkstoff wurde P265GH gewählt. Dieses Material wird oft im Kessel- und Rohrleitungsbau wegen der guten Schweißbarkeit verwendet. Eine weitere Eigenschaft für P265GH ist die Materialverträglichkeit und chemische Beständigkeit zu den Wärmeträgerfluiden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

5.1.1. Konfiguration 1

In der Konfiguration 1 wird das Druckwasser im Rippenrohrwärmetauscher vom Rauchgas erhitzt.

Fluid	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{s}\right]$	T_{Ein} $[°C]$	T_{aus} $[°C]$	Δp $[Pa]$
H_2O – flüssig	35,4	169	240	117000
Rauchgas	52	385	180	1038

Tabelle 16: Randbedingungen H_20 Rippenrohrwärmetauscher

In der Tabelle 17 sind die Geometrien und das Gewicht des ausgelegten Wärmetauschers gelistet. Die Tabelle mit den detaillierten Ergebnissen ist dem Anhang C.1. zu entnehmen.

Kanal-Querschnitt LxB $[m]$	Rohrreihen Quer/Längs	Flutigkeit	Gewicht $[kg]$	Rippendichte $\left[\frac{1}{m}\right]$
9,25x1,08	12/20	2	15434	300

Tabelle 17: Eigenschaften des H_2O Rippenrohrwärmetauschers

5.1.2. Konfiguration 2a

Hier wird das Durferrit mit dem Rauchgas erhitzt, welches anschließend die Luft des Speicherkreislaufes erwärmt. Das flüssig Hochtemperatursalz ist bei Umgebungsdruck sehr temperaturbeständig und daher sind keine dicken Wandstärken notwendig. Die Arbeitstemperatur des Durferrits liegt bis 450°C. Bei höheren Temperaturen steigt die Korrosionsrate an. In der Tabelle 18 sind die Eigenschaften des Salzes bei den Temperaturen 150°C, 300°C und 450°C aufgelistet.

Temperatur [°C]	Dichte [kg/m³]	Spezifische Wärme-kapazität [kJ/kg*K]	Wärme-leitfähigkeit [W/m*K]	Dynamsiche Viskosität [10^{-3} N*s/m²]	Kinematische Viskosität [10^{-6} m²/s]	Temperatur leitfähigkeit [10^{-8}m²/s]	Prandtl zahl [-]
150	1,972	1,395	0,5	18,68	9,47	18,2	52,1
300	1,860	1,486	0,5	5,98	3,21	18,1	17,8
450	1,748	1,577	0,5	3,07	1,76	18,1	9,68

Tabelle 18: Eigenschaften von Durferrit [2]

Unter 142°C erstarrt die Schmelze. Beim Stillstand des Zementwerkes kann der Durferritkreislauf nicht erwärmt werden, hier kann der Speicher als zusätzliche Heizquelle herangezogen werden.

5.1.2.1. Betriebsfall 1

Im Rippenrohrwärmetauscher erhitzt das Abgas des Zementwerkes Durferrit. Es wurden hierfür 4 Auslegungsvarianten mit den Vorgabeparametern aus der Tabelle 19 berechnet. Hierbei werden 2 Varianten mit einem $k * A$ – Wert von 400 $\frac{kW}{kgK}$ und einer Rippendichte von 100 Rippen pro Meter erstellt. Eines dieser Varianten hat rauchgasseitig einen Druckverlust von 800 Pa und bei der anderen Variante wird ein Druckverlust von 1200 Pa simuliert. Zwei weiteren Varianten haben einen $k * A$ -Wert von 600 $\frac{kW}{kgK}$ und bestehen aus 300 Rippen pro Meter. Die Druckverluste werden hierbei mit den gleichen Werten wie bei den ersten 2 Varianten angenommen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Δp Salz $[bar]$	3	
Δp RG $[Pa]$	800	1200
$k * A \left[\frac{kW}{kgK}\right]$	400	600
Rippendichte $\left[\frac{1}{m}\right]$	100	300

Tabelle 19: Vorgabeparameter Salz-Rauchgas Ripperohrwärmetauscher

Die Randbedingungen für den ersten zwei Rippenrohrwärmetauschervarianten sind in der Tabelle 20 abzulesen.

#	Fluid	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{s}\right]$	T_{Ein} $[°C]$	T_{aus} $[°C]$	Δp $[Pa]$	Vorgabeparameter			
						$[bar]$	$[Pa]$	$\left[\frac{kW}{kgK}\right]$	$\left[\frac{1}{m}\right]$
1	Salz	40	180	358	286759	3	800	400	100
	Rauchgas	52	385	199	797				
2	Salz	40	180	358	273834	3	1200	400	100
	Rauchgas	52	385	199	1198				

Tabelle 20: Randbedingungen Salz-Rauchgas Rippenrohrwärmetauscher Variante 1 & 2

Die Geometrie und das Gewicht für diese Variante sind in der Tabelle 21 gelistet. Die detaillierten Ergebnisse sind im Anhang C.2. zu finden.

#	Kanal-Querschnitt LxB $[m]$	Rohrreihen Quer/Längs	Flutigkeit	Gewicht $[kg]$	Rippendichte $\left[\frac{1}{m}\right]$
1	6,10x3,06	34/80	1	69060	100
2	5,15x3,06	34/90	1	65567	100

Tabelle 21: Eigenschaften Salz-Rauchgas Rippenrohrwärmetauscher Variante 1 & 2

Bei der Variante 2 wurde die Länge des Kanalquerschnitts um etwa 15% verringert und die Längsrohrreihen um 10 erhöht im Vergleich zur Variante 1. Die Ein- und Ausgangstemperaturen, der $k * A$ – Wert und die Rippendichte ist bei beiden Varianten gleich.

Die Variante des dritten und vierten Wärmetauschers hat folgende Randbedingungen.

#	Fluid	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{s}\right]$	T_{Ein} $[°C]$	T_{aus} $[°C]$	Δp $[Pa]$	Vorgabeparameter			
						$[bar]$	$[Pa]$	$\left[\frac{kW}{kgK}\right]$	$\left[\frac{1}{m}\right]$
3	H_2O – flüssig	40	180	355	303276	3	800	400	300
	Rauchgas	52	385	202	838				
4	H_2O – flüssig	40	180	357	258818	3	1200	400	300
	Rauchgas	52	385	200	1247				

Tabelle 22: Randbedingungen Salz-Rauchgas Rippenrohrwärmetauscher Variante 3 & 4

In der Tabelle 23 sind die Geometrie und das Gewicht dieser Varianten abzulesen. Die genauen Ergebnisse sind Anhang C.2. zu entnehmen.

#	Kanal-Querschnitt LxB $[m]$	Rohrreihen Quer/Längs	Flutigkeit	Gewicht $[kg]$	Rippendichte $\left[\frac{1}{m}\right]$
3	7,60x2,34	26/42	1	60351	300
4	6,20x2,52	28/50	1	63120	300

Tabelle 23: Eigenschaften Salz-Rauchgas Rippenrohrwärmetauscher Variante 3 & 4

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die Ein- und Ausgangstemperaturen der beiden Varianten sind annähernd gleich. Die Rippendichte und der $k * A$ – Wert ist ident. Die Länge des Kanalquerschnittes ist bei der Variante 4 um etwa 18% niedriger, die Rohrreihen Quer um 2 und die Längsrohrreihen um 8 höher als bei der Wärmetauschervariante 3.

Das erhitze Salz wird in einem Rippenrohrwärmetauscher gekühlt und die Luft im Speicherkreislauf erhitzt. Es wurden 6 Varianten mit folgenden Vorgameparametern simuliert.

Δp Salz $[bar]$	0,5		
Δp Luft $[Pa]$	50	100	200
$k * A \left[\frac{kW}{kgK}\right]$	150	300	
Rippendichte $\left[\frac{1}{m}\right]$	300		

Tabelle 24: Vorgabeparameter Luft-Salz Ripperohrwärmetauscher

Die Randbedingungen der verschiedenen Varianten sind in der Tabelle 25 zusammengefasst.

Variante	Fluid	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{s}\right]$	T_{Ein} $[°C]$	T_{aus} $[°C]$	Δp $[Pa]$	Vorgabeparameter		
						$[bar]$	$[Pa]$	$\left[\frac{kW}{kgK}\right]$
1	Luft	11,7	181	351	54	0,5	50	150
	Durferrit	8,4	360	203	48542			
2	Luft	11,7	181	352	101	0,5	100	150
	Durferrit	8,4	360	202	47769			
3	Luft	11,7	181	352	202	0,5	200	150
	Durferrit	8,4	360	202	45347			
4	Luft	11,7	181	357	53	0,5	50	300
	Durferrit	8,4	360	197	49944			
5	Luft	11,7	181	358	106	0,5	100	300
	Durferrit	8,4	360	197	50534			
6	Luft	11,7	181	358	199	0,5	200	300
	Durferrit	8,4	360	196	48602			

Tabelle 25: Randbedingungen Luft-Salz Rippenrohrwärmetauscher 6 Varianten

Die Geometrie und das Gewicht für die Varianten des Luft-Salz Wärmetausches sind in der Tabelle 26 gelistet. Die detaillierten Ergebnisse sind im Anhang C.2. zu finden.

Variante	Kanal-Querschnitt LxB $[m]$	Rohrreihen Quer/Längs	Flutigkeit	Gewicht $[kg]$	Rippendichte $\left[\frac{1}{m}\right]$
1	12,50x1,44	16/32	1	44495	300
2	9,80x1,44	16/40	1	43605	300
3	7,40x1,44	16/50	1	41157	300

Tabelle 26: Eigenschaften Luft-Salz Rippenrohrwärmetauscher 1, 2 & 3

Bei den Varianten 1, 2 und 3 beträgt die Rippendichte 300 Rippen pro Meter. Auf der Salzseitig kommt es zu einem Druckverlust von 0,5 Pa und der $k * A$ - Wert beträgt bei diesen Varianten 150 $\frac{kW}{kgK}$. Der Druckverlust luftseitig beträgt 50, 100 und 200 Pa. Die Länge des Kanalquerschnittes der Variante 2 ist um zirka 20% und bei der Variante 3 um etwa 40% kleiner als bei der Variante 1. Die Rohrreihen sind bei der Variante 2 um 8 mehr als bei der Variante 1, bei der Variante 3 sind es um 18 mehr.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Variante	Kanal-Querschnitt LxB $[m]$	Rohrreihen Quer/Längs	Flutigkeit	Gewicht $[kg]$	Rippendichte $\left[\frac{1}{m}\right]$
4	26,00x1,08	12/64	2	138824	300
5	20,00x1,08	12/84	2	140159	300
6	15,50x1,08	12/104	2	134486	300

Tabelle 27: Eigenschaften Luft-Salz Rippenrohrwärmetauscher 4, 5 & 6

Die Varianten 4, 5 und 6 haben im Gegensatz zu den ersten 3 Varianten einen $k * A$ – Wert von 300 $\frac{kW}{kgK}$. Die Länge des Kanalquerschnittes wurde bei den Variante 5 und 6 wieder verkleinert. Die Rohrreihen der Variante 5 sind um 20 und bei der Variante 6 um 40 mehr als bei der Variante 4. Die Ein- und Ausgangstemperaturen sind bei den Varianten 4, 5 und 6 konstant gehalten.

5.1.2.2. Betriebsfall 5b

Beim Entladen gibt die heiße Luft Wärme an das Druckwasser im Rippenrohrwärmetauscher ab. Für diesen Wärmetauscher wurden 9 Varianten mit den Vorgabeparametern aus der Tabelle 28 simuliert. Alle Varianten haben eine Rippendichte von 300 Rippen pro Meter und der Druckverlust wasserseitig soll zwischen 0,5 bar und 1,5 bar liegen. Es werden jeweils 3 Varianten mit 300 $\frac{kW}{kgK}$, 400 $\frac{kW}{kgK}$ und 600 $\frac{kW}{kgK}$ berechnet und verglichen. Der Duckverlust luftseitig wird hierbei variiert.

Δp Wasser $[bar]$	0,5 – 1,5		
Δp Luft $[Pa]$	400	800	1200
$k * A \left[\frac{kW}{kgK}\right]$	300	400	600
Rippendichte $\left[\frac{1}{m}\right]$	300		

Tabelle 28: Vorgabeparameter Wasser-Luft Ripperohrwärmetauscher

Die Randbedingungen der ersten drei Varianten sind in der Tabelle 29 gelistet.

#	Fluid	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{s}\right]$	T_{Ein} $[°C]$	T_{aus} $[°C]$	Δp $[Pa]$	Vorgabeparameter			
						$[bar]$	$[Pa]$	$\left[\frac{kW}{kgK}\right]$	$\left[\frac{1}{m}\right]$
1	H_2O – flüssig	45	167	239	48019	0,5-1,5	400	300	300
	Luft	81	355	180	398				
2	H_2O – flüssig	45	167	238	57378	0,5-1,5	800	300	300
	Luft	81	355	181	821				
3	H_2O – flüssig	45	167	239	132546	0,5-1,5	1200	300	300
	Luft	81	355	179	1223				

Tabelle 29: Randbedingungen Wasser-Luft Rippenrohrwärmetauscher Variante 1, 2 & 3

In der Tabelle 30 sind die Geometrie und das Gewicht dieser Varianten abzulesen. Die genauen Ergebnisse sind im Anhang C.3. zu entnehmen.

Variante	Kanal-Querschnitt LxB $[m]$	Rohrreihen Quer/Längs	Flutigkeit	Gewicht $[kg]$	Rippendichte $\left[\frac{1}{m}\right]$
1	16,20x1,62	18/18	3	38993	300
2	13,10x1,44	16/21	3	32698	300
3	10,00x1,62	18/24	2	32092	300

Tabelle 30: Eigenschaften Wasser-Luft Rippenrohrwärmetauscher 1, 2 & 3

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Bei einer konstanten Rippendichte von 300 Rippen pro Meter und einem $k * A$ – Wert von 300 $\frac{kW}{kgK}$ verringert sich der Kanalquerschnitt bei höherem luftseitigem Druckverlust. Weiters kann man beobachten, dass bei der Variante 3 mit einem Druckverlust luftseitig von 1200 Pa die Flutigkeit bei 2 ist. Die Rohrreihen in Längsrichtung steigen bei der Variante 2 und 3 im Vergleich zur Variante 1.

Die Rippenrohrwärmetauschervarianten mit einem $k * A$ -Wert von 400 $\frac{kW}{kgK}$ haben folgende Randbedingungen.

#	Fluid	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{s}\right]$	T_{Ein} $[°C]$	T_{aus} $[°C]$	Δp $[Pa]$	Vorgabeparameter			
						$[bar]$	$[Pa]$	$\left[\frac{kW}{kgK}\right]$	$\left[\frac{1}{m}\right]$
4	H_2O – flüssig	45	167	241	61274	0,5-1,5	400	400	300
	Luft	81	355	175	395				
5	H_2O – flüssig	45	167	241	60079	0,5-1,5	800	400	300
	Luft	81	355	173	817				
6	H_2O – flüssig	45	167	241	134366	0,5-1,5	1200	400	300
	Luft	81	355	173	1273				

Tabelle 31: Randbedingungen Wasser-Luft Rippenrohrwärmetauscher Variante 4, 5 & 6

Die Tabelle 32 zeigt die Geometrie sowie das Gewicht des Wärmetausches. Detaillierte Ergebnisse sind im Anhang C.3. gelistet.

Variante	Kanal-Querschnitt LxB $[m]$	Rohrreihen Quer/Längs	Flutigkeit	Gewicht $[kg]$	Rippendichte $\left[\frac{1}{m}\right]$
4	17,80x1,62	18/21	3	49984	300
5	13,50x1,62	18/27	3	48741	300
6	10,00x1,80	20/30	2	44573	300

Tabelle 32: Eigenschaften Wasser-Luft Rippenrohrwärmetauscher 4, 5 & 6

Auch hier sieht man wie bei den ersten 3 Varianten, dass der Kanalquerschnitt bei steigendem Druckverlust der Luft sinkt. Die Rohrreihen hingegen steigen.

Die Randbedingungen für die Varianten 7, 8 und 9 sind in der Tabelle 33 abzulesen.

#	Fluid	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{s}\right]$	T_{Ein} $[°C]$	T_{aus} $[°C]$	Δp $[Pa]$	Vorgabeparameter			
						$[bar]$	$[Pa]$	$\left[\frac{kW}{kgK}\right]$	$\left[\frac{1}{m}\right]$
7	H_2O – flüssig	45	167	243	77551	0,5-1,5	400	600	300
	Luft	81	355	169	405				
8	H_2O – flüssig	45	167	243	52329	0,5-1,5	800	600	300
	Luft	81	355	169	815				
9	H_2O – flüssig	45	167	243	124814	0,5-1,5	1200	600	300
	Luft	81	355	179	1241				

Tabelle 33: Randbedingungen Wasser-Luft Rippenrohrwärmetauscher Variante 7, 8 & 9

Die Tabelle 34 zeigt die Geometrie sowie das Gewicht des Wärmetausches. Detaillierte Ergebnisse sind im Anhang C.3. gelistet.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Variante	Kanal-Querschnitt LxB $[m]$	Rohrreihen Quer/Längs	Flutigkeit	Gewicht $[kg]$	Rippendichte $\left[\frac{1}{m}\right]$
7	19,50x1,80	20/30	3	86917	300
8	13,10x1,98	22/36	3	77075	300
9	10,00x2,16	24/40	2	71317	300

Tabelle 34: Eigenschaften Wasser-Luft Rippenrohrwärmetauscher 7, 8 & 9

Die Eingangs- und Ausgangstemperatur ist konstant. Weiters sinkt der Kanalquerschnitt bei Variante 8 und 9 im Vergleich zu Variante 7. Die Längsrohrreihen steigen.

5.1.3. Konfiguration 2b

Für die Konfiguration 2b wurde der sCO_2-Rauchgas Wärmetauscher auf der Erzeuger-Seite im Betriebsfall 1 genauer betrachtet und mit den Randbedingungen aus Tabelle 35 berechnet.

Fluid	$\dot{m}$ [kg/s]	T_{Ein} $[°C]$	T_{aus} $[°C]$	Δp [Pa]
sCO_2	50	176	359	55492
Rauchgas	52	385	199	975

Tabelle 35: Randbedingungen sCO_2-Rauchgas Rippenrohrwärmetauscher

Die Tabelle 36 zeigt die Geometrie sowie das Gewicht des Wärmetausches. Detaillierte Ergebnisse sind im Anhang C.4. gelistet.

Kanal-Querschnitt LxB $[m]$	Rohrreihen Quer/Längs	Flutigkeit	Gewicht $[kg]$	Rippendichte $\left[\frac{1}{m}\right]$
9,30x2,16	24/60	6	93105	300

Tabelle 36: Eigenschaften sCO_2-Rauchgas Rippenrohrwärmetauscher

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

5.1.4. Konfiguration 7a

In der Konfiguration 7a gibt das Abgas die Wärme an das Durferrit ab, dabei ist das Wärmeträgerfluid im Inneren des Rohres. Die Randbedingungen können der Tabelle 37 entnommen werden.

Fluid	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{s}\right]$	T_{Ein} $[°C]$	T_{aus} $[°C]$	Δp $[Pa]$
Durferrit	50	176	359	55492
Rauchgas	52	385	199	975

Tabelle 37: Randbedingungen Salz-Rauchgas Rippenrohrwärmetauscher

In der Tabelle 38 sind die Geometrie und das Gewicht des ausgelegten Wärmetauschers ersichtlich. Die genauen Ergebnisse sind im Anhang C.5. zu entnehmen.

Kanal-Querschnitt LxB $[m]$	Rohrreihen Quer/Längs	Flutigkeit	Gewicht $[kg]$	Rippendichte $\left[\frac{1}{m}\right]$
14,00x1,44	12/60	2	103979	300

Tabelle 38: Eigenschaften sCO_2-Rauchags Rippenrohrwärmetauscher

5.2. Rohrleitungsauslegung

In diesem Kapitel werden die Konfigurationen 2a und 7a mit dem Betriebsfällen 5b genauer betrachtet. Für diese werden Konzepte erstellt, welche in Abhängigkeit des Durchflusses genaue Daten wie zum Beispiel Geometrie liefern.

Bei der Berechnung wird auf Grund unterschiedlicher Drücke zwischen Vor- und Rücklauf unterschieden. Es wird eine Rohrwandstärke berechnet, jedoch muss mindestens 1 mm Korrosions-Aufschlag dazugerechnet werden. Mit dieser Summe und der $DIN\ EN\ 10217-1$ wählt man ein höheres Vorzugsmaß. Dabei muss beachtet werden, dass der Berechnungsdruck p_e nicht gleich dem maximal auftretendem Betriebsdruck der Anlage entspricht. Der Berechnungsdruck für die mechanische Auslegung ist 10% höher als der Betriebsdruck. Anders ist es bei der Berechnungstemperatur T_{calc}. Diese entspricht der maximalen Betriebstemperatur.

Konfiguration	Heizkreis	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{s}\right]$	T_{calc} $[°C]$	p_e $[bar]$	D_a $[mm]$	Werkstoff	e_t $[mm]$
K2a – Bf5b	Vorlauf	42	240	51,7	219,0	P265GH	7,1
	Rücklauf	42	180	51,7	219,0	P265GH	8,0
K7a – Bf5b	Vorlauf	5,3	270	22,0	219,0	P265GH	3,6
	Rücklauf	5,3	100	22,0	114,0	P265GH	2,6

Tabelle 39: Wandstärkenermittlung

Mit den errechneten Werten aus der Tabelle 39 können weitere Eigenschaften berechnet werden. In der Tabelle 40 sind diese gelistet. Dabei ist L die Ausgleicherausladung, ΔH die maximal mögliche Dehnungskompensation und I_+ die, durch die Ausgleicher entstandene Mehrlänge der Rohrleitung. Die Anzahl der Ausgleicher ist für Vor- und Rücklauf die gleiche, womit die Ausleicherausladung symmetrisch ist.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Konfiguration	Heizkreis	D_i $[mm]$	Δp $[bar]$	ΔH_{ges} $[m]$	L $[m]$	ΔH $[mm]$	Ausgleicher $[\#]$	l_+ $[m]$
K2a – Bf5b	Vorlauf	204,8	1,3	4,766	1,095	50	96	528,4
	Rücklauf	203	1,2	3,483	1,095	50	96	528,4
K7a – Bf5b	Vorlauf	211,8	1,6	5,508	1,095	60	96	528,4
	Rücklauf	108,8	0,5	1,875	0,57	25	96	275,1

Tabelle 40: Ausgleichergeometrie

5.3. Gebläseauslegung

Im Speicherkreislauf mit Gasen als Wärmeträger wird ein Gebläse eingebaut, welches den Druckverlust im Speicher, im Rippenrohr-Wärmetauscher und der Leitungen ausgleichen können muss.

Die Gebläse Leistung wird mit folgender Formel berechnet

$$P_{elGebläse} = \frac{1}{\eta} * \dot{m}_{Luft} * \frac{1}{\rho_{Luft}} * \Delta p_{Luft} \tag{5.1}$$

Hierbei ist $\dot{m}_{Luft}$ der Luftmassenstrom, ρ_{Luft} die Dichte der Luft und Δp_{Luft} die Druckerhöhung. Der Wirkungsgrad η wird mit 70% angenommen, dieser Wert gilt für alle berechneten Leistungen wie Pumpen und Verdicherleistung.

Konfiguration	Betriebsfall	T $[°C]$	$\dot{m}_{Luft}$ $\left[\frac{kg}{s}\right]$	Δp_{Luft} $[bar]$	$P_{elGebläse}$ $[kW]$
2a	1	180	11,73	0,003	6,539
	5a	180	46	0,006	51,287
	5b	180	75,5	0,006	84,177
2b	1	180	10,5	0,003	5,8534
	5a	180	46,1	0,006	51,398
	5b	180	75,5	0,006	84,177
6a1	1	188,2	61,5	0,003	6,1711
	5a	180	47,5	0,006	95,556
	5b	180	77,6	0,006	156,108
6a2	1	180	12,97	0,003	7,23
	5a	180	47,5	0,006	105,918
	5b	180	78	0,006	173,9286

Tabelle 41: Randbedingung Gebläse

Die Tabelle 41 zeigt die errechneten Gebläseleistungen der verschiedenen Konfigurationen mit einem Luftgebläse im Speicherkreislauf. Bei allen Konfigurationen wurden die 3 Betriebsfälle 1, 5a und 5b berechnet. Man sieht, dass bei allen Konfigurationen im Betriebsfall 5b die Gebläseleistung am höchsten ist, da der Luftmassenstrom hier das Maximum des Kreislaufes erreicht.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

5.4 Pumpenauslegung

Um eine Druckerhöhung zu erreichen und um inkompressible Fluide fördern zu können, werden Pumpen beziehungsweise Verdichter eingesetzt.

Die Pumpenleistung wird mit Formel (5.2) berechnet.

$$P_{elPumpe} = \frac{1}{\eta} * \dot{m}_{Fluid} * \frac{1}{\rho_{Fluid}} * \Delta p_{Fluid} \tag{5.2}$$

Hierbei ist $\dot{m}_{Fluid}$ der Fluidmassenstrom, ρ_{Fluid} die Dichte des Fluids und Δp_{Fluid} die Druckerhöhung. Auch hier wurde ein Wirkungsgrad η mit 70% angenommen. Bei den Konfigurationen mit H_2O als Wärmeträgermedium kann auf konventionelle Pumpentechnik zurückgegriffen werden. Die Tabelle 42 zeigt die Pumpenleistungen der Konfigurationen der verschiedenen H_2O Kreisläufe.

Konfiguration	Betriebsfall	T $[°C]$	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{s}\right]$	Δp $[bar]$	$P_{elPumpe}$ $[kW]$
1	1	166,58	36,18	4,5	25,753
2a	1	167,19	25,81	3,8	10,622
	5a	167,19	25,49	3,8	15,334
	5b	167,19	41,86	6,0	39,760
2b	1	167,18	25,79	4,5	18,376
	5a	167,18	25,54	4,5	18,196
	5b	167,19	41,83	4,5	29,804
6a1	1	72,569	3,229	3,5	1,652
	5a	72,638	3,228	3,5	1,652
	5b	72,638	5,274	3,5	2,699
6a2	1	72,571	3,239	3,5	1,657
	5a	72,571	3,229	3,5	1,653
	5b	72,571	5,303	3,5	2,714
7a	1	167,18	25,67	4,5	18,287
	5a	167,17	25,49	4,5	14,122
	5b	167,17	44,69	4,5	23,101
7b	1	72,57	3,257	4,5	1,667
	5a	72,64	3,247	4,5	1,662
	5b	72,64	5,289	4,5	2,707

Tabelle 42: Randbedingungen Wasser und Dampf Pumpen

Man kann in der Tabelle 42 deutlich sehen, dass die Pumpenleistung bei den Konfigurationen welche Dampf als Wärmeträgermedium haben um einiges niedriger ist als die Konfigurationen mit Wasser als Wärmeträgermedium.

Wenn das Wärmeträgermedium sCO_2 ist, ist die Pumpenauswahl schwer, da es nur wenige Pumpen gibt, welche in der Lage sind sCO_2 bei den auftretenden Bedingungen zu fördern. Weiters treten sehr hohe Drücke und Temperaturen auf, wodurch die Materialgrenzen der Pumpen erreicht werden.

Konfiguration	Betriebsfall	T $[°C]$	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{s}\right]$	Δp $[bar]$	$P_{elPumpe}$ $[kW]$
2b	1	170	49,42	5,0	277,176
3	1	144	47,1	3,5	164,431

Tabelle 43: Randbedingung sCO_2 Pumpe

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

Beim Betrachten der Formel (5.2) zur Berechnung der Pumpenleistung kann man erkennen, dass diese Abhängig ist von dem Massenstrom und des Druckverlustes. Weiters ist der Druckverlust laut Formel (2.48) [1] abhängig von dem Rohrdurchmesser und der Geschwindigkeit des Fluids. Mit diesen Zusammenhängen und den Werten aus der Tabelle 43 ergeben sich hohe Pumpenleistungen für sCO_2 im Vergleich zu den anderen Wärmeträgermedien.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

6. Diskussion der Ergebnisse

Im ersten Teil der Arbeit, Kapitel 3 Vergleichsstudie werden Konzepte aus einer direkten Dampferzeugung ohne Speicher analysiert. Grundsätzlich kann hierbei zwischen 3 Konzepten unterschieden werden, wie aus Tabelle 2 zu entnehmen ist. Die einzelnen Konzepte bestehen wiederrum aus mehreren Fällen mit unterschiedlichen Randbedingungen, wie in Tabelle 3 aufgelistet ist. In der Tabelle (44) hat man einen Gesamtüberblick über die ermittelten Werte dieser Konzepte.

Das Konzept 1 (Abbildung 2) überträgt die Wärme mittels Druckwasser. Dies vereinfacht die Auslegung der Rohrleitungen, da einerseits standardisierte Fernwärmeleitungen verwendet werden können und anderseits muss nicht auf die Materialverträglichkeit geachtet werden. Der $k * A$ – Wert des Rippenrohrwärmetauschers wurde hierbei bei allen Fällen bei ungefähr 170 $\frac{kW}{K}$ konstant gehalten.

Bei Konzept 3 (Abbildung 11) wurde das System mit überkritischem Kohlendioxid als Wärmeträgermedium ausgelegt. Durch die höheren Temperaturen und Drücke ergeben sich dickere Wandstärken bei der Rohrauslegung. Die Rippenrohrwärmetauscher, Economizer und Verdampfer sind für sCO_2 ausgelegt. Hierbei wurden drei verschiedene $k * A$ – Werte (170 $\frac{kW}{K}$, 350 $\frac{kW}{K}$ und 500 $\frac{kW}{K}$) verwendet.

In Konzept 5 (Abbildung 22) dient überhitzter Sattdampf als Wärmeträgermedium. Im Gegensatz zu den ersten zwei Konzepten wird Speisewasser in einem Abhitzekessel, bestehend aus Überhitzer, Verdampfer und Economizer, und nicht in einem Rippenrohrwärmetauscher auf die gewünschte Temperatur gebracht.

Mit den ermittelten Ergebnissen in diesem Teil der Arbeit lässt sich die Aussage tätigen, dass alle 3 getesteten Medien, H_2O flüssig bzw. dampfförmig und sCO_2, sich als Wärmeträgermedium eignen. Die geforderte Dampfmenge der Molkerei konnte in allen Konzepten erreicht werden.

Konzept		1				3					5	
Fall		1a	1b	1c	1d	3a	3b	3cc	3dd	3ddd	5a	5b
HTF	T_{ein} $[°C]$	181,36	171,66	165,05	157,71	169,52	163,4	157,3	151,23	151,23	87,19	87,19
	P_{ein} $[bar]$	46,5	81,5	121,5	161,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	20	20
	T_{aus} $[°C]$	240	280	305	330	300	330	360	390	390	250	260
	p_{aus} $[bar]$	45	80	120	160	100	100	100	100	100	16,5	26,5
RG	T_{RGein} $[°C]$	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
	T_{RGaus} $[°C]$	191,36	190,4	192	196,5	194	200,5	177	203	182,5	190	210
WT AHK	k*A $\left[\frac{kW}{K}\right]$	173,87	173,26	173,64	173,69	173,15	173,83	349,96	350,30	524,85	154,47	139,03
	Q $[kW]$	9407	9449	9379	9183	9292	9008	10031	8899	9792	9466	8593

Tabelle 44: Gesamtübersicht – Vergleichsstudie

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Im zweiten Teil der Arbeit wurden die Konzepte aus dem ersten Teil herangezogen, erweitert und auf ein konkretes Beispiel angewendet. Es wurden 9 Konfigurationen erarbeitet, wobei die Konfigurationen 1 und 3 den gleichen Aufbau aufweisen wie die Konzepte 1 und 3 aus der Vergleichsstudie. Die Konfigurationen 1 und 3 sind in der Tabelle 7 aufgelistet. Die weiteren Konfigurationen haben zusätzlich einen Speicher und bei 6 dieser Konfigurationen kommt es zur indirekten Dampferzeugung, wie aus Tabelle 8 zu entnehmen ist.

Weiters werden die Konfigurationen in mehrere Betriebsfälle unterteilt, wie in der Tabelle 13 gelistet. Für diese Arbeit wurden die Betriebsfälle aus der Tabelle 14 genauer betrachtet. Wobei für die Konfigurationen 1 und 3 nur der Betriebsfall 1 in Frage kommt, da kein Speicher vorhanden ist.

Bei Konfiguration 2a der Auslegung dient Flüssigsalz (Durferrit) als Wärmeträgermedium, welches unsensibel auf Temperaturschwankungen ist. Weiters entstehen keine hohen Drücke in den Rohrleitungen und es besteht keine Gefahr auf verdampfen wodurch die Rohre weniger stark belastet sind. Daraus resultieren dünnere Wandstärken bei der Rohrauslegung. Die Anlage besteht aus 3 Kreisläufen, den Erzeuger-, den Speicher- und den Abnehmer-Kreislauf. Das Flüssigsalz, welches hier verwendet wird, ist ein Hochtemperatursalz namens Durferrit. Dieses wird vom Rauchgas aus dem Zementwerk in einem Rippenrohwärmetauscher erhitzt. Bei der Teil-Einspeicherung, Betriebsfall 1, kommt es zur Aufteilung des Salzmassenstorms. Der kleinere Anteil erhitzt mittels Wärmetauscher Luft, welche zur Speicherung verwendet wird. Der restliche Anteil des Salzmassenstromes wird verwendet, um Druckwasser zu erhitzen, um in der Molkerei die notwendige Dampfproduktion zu gewährleisten. Der notwendige Dampfmassenstrom ist bei dieser Anlagenanordnung für die 3 überprüften Betriebsfälle, mit 12 $\frac{t}{h}$ für die Betriebsfälle 1 und 5a bzw. 19,6 $\frac{t}{h}$ für den Betriebsfall 5b, abgedeckt.

Die Konfiguration 2b hat denselben Aufbau und Funktionsweise wie die vorherige Konfiguration. Jedoch wird im Erzeuger-Kreislauf sCO_2 verwendet. Es muss gewährleistet werden, dass das Medium stets im überkritischen Bereich liegt. Durch die hohe Temperatur und den hohen Druck ist eine höhere Wandstärke der Rohrleitungen notwendig. Auch mit dieser Anlagenkonfiguration ist es möglich die Dampf-Spitzenlast der Molkerei zu produzieren.

Im Gegensatz zu den bisherigen Konfigurationen, wird bei der Konfiguration 5 die Wärme des Rauchgases aus dem Zementwerk mittelts Abhitzekessel, bestehend aus einem Economizer, 2 Verdampfern und 2 Überhitzern, an das Wärmetransferfluid übertragen. Wasser tritt in den Abhitzekessel ein und es wird Sattdampf erzeugt. Der Großteil des gewonnenen Dampfmassenstoms wird für die Speicherung verwendet. Der restliche Dampfmassenstrom wird auf 16 bar gedrosselt, vermischt sich mit dem Dampf aus dem Überhitzer 1 und dient zur Dampfproduktion in der Molkerei. Auch hier werden die notwendigen Dampfmassenströme der Betriebsfälle erreicht.

Bei Konfiguration 6a1 wird Durferrit für den Wärmetransfer verwendet. Dieser wird in einem Rippenrohrwärmetauscher durch das Abgas des Zementwerkes erwärmt und gibt die Wärme in einem Luft-Salz Wärmetauscher ab. Ein Teil der erwärmten Luft wird für die Speicherung verwendet und mithilfe des restlichen Anteils wird Wasser in einem Abhitzekessel, bestehend aus Überhitzer, Economizer und Verdampfer, erhitzt und für die Dampfproduktion verwendet. Die Spitzenlasten können auch hier abgedeckt werden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Im Gegensatz zu der vorherigen Konfiguration, wird bei der Konfiguration 6a2 das heiße Flüssigsalz zum größten Teil direkt zum Abhitzekessel geführt und der restliche Teil wird zum einspeichern der Wärme benützt. Der verlangte Dampfmassenstrom der Molkerei kann hierbei produziert werden.

In der Konfiguration 7a wird ein Teil des erwärmten Wärmeträgermediums (Salz) direkt zum Speicher geführt. Somit wird bei dieser Konfiguration kein zusätzlicher Wärmetauscher, wie bei den vorherigen Konfigurationen, benötigt, um den Speicher zu füllen. Der Rest des Salzmassenstroms wird in einem Wasser-Salz Wärmetauscher gekühlt. Die notwendigen Dampfmassenströme werden hierbei bei allen Betriebsfällen erreicht.

Die Konfiguration 7b hat im Gegensatz zur Konfiguration 7a keinen Wasser-Salz Wärmetauscher, sondern einen Abhitzekessel. Das Flüssigsalz erhitzt im Abhitzekessel Wasser, welches in der Molkerei zur Dampfproduktion verwendet wird. Auch hier werden die vorgegebenen Damfpfmassenströme in der Molkerei erreicht.

Zusätzlich wurden im zweiten Teil der Arbeit für einige der Konfigurationen und der Wärmetransferfluide Anlagenkomponente, wie zum Beispiel die Rohre und die Rippenrohrwärmetauscher, berechnet, simuliert und ausgelegt.

Bei Druckwasser als Wärmetransferfluid kann man auf standardisierte Fernwärmeleitungen zurückgreifen und weiters muss man nicht auf die Materialverträglichkeit geachtet werden. Dies vereinfacht die Auslegung der Rohre. Bei der Simulation des Rippenrohwärmetauschers fällt auf, dass bei Wasser der Wärmeübergangskoeffizienten hoch ist und dadurch die Wärmetauscher-Fläche klein ausfällt.

Da Durferrit eine hohe Temperaturbeständigkeit bei niedrigem Druck aufweist, sind keine hohen Rohrleitungsdurchmesser notwendig. Jedoch ist muss bei hierbei auf die Materialverträglichkeit geachtet werden.

Durch die hohen Temperaturen und Drücke, die bei überkritischem Kohlendioxid auftreten, ergeben sich dickere Rohrleitungswandstärken. Weiters treten bei diesem Wärmetransferfluid die größten Durchmesser im Vergleich zu den anderen auf. Dies bedeutet, dass die Rohre bei überkritischem Kohlendioxid ein sehr hohes Gewicht aufweisen und somit auch die höchsten Kosten im direkten Vergleich. Die Fläche des Rippenrohrwärmetauschers ist bei überkritischem Kohlendioxid zwischen allen Wärmetransferfluiden am größten. Dies ist auf einen niedrigen Wärmeübergangskoeffizienten zurück zu führen.

Unter den vier betrachteten Wärmetransferfluiden in dieser Arbeit haben die Rohre bei überhitztem Sattdampf die kleinste Rohrwandstärke und Gewicht, daraus ergeben sich geringere Kosten bei der Rohrauslegung.

Mit den gewonnen Erkenntnissen der verschiedenen Konfigurationen, kann man darauf schließen, dass jede der ausgelegten Anlagen die erforderten Dampfmengen die den verschiedenen Lastfällen in der Molkerei produzieren kann. Weiters sind alle verwendeten Wärmeträgermedien geeignet, um die notwendige Wärme transferieren zu können.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

7. Zusammenfassung

Im Zuge dieser Diplomarbeit wurden verschiedene Konzepte und Konfigurationen erstellt, um die Sekundärnutzung des Abgases eines Industrieofens nutzen zu können. Das Ziel im ersten Teil der Arbeit war Konzepte aufzustellen und diese in einer Vergleichsstudie zwischen verschiedenen Wärmeträgermedien direkt miteinander zu vergleichen. Es wurden bei der Wahl der Wärmeträger nicht nur die Kosten in Betracht bezogen, sondern auch die Umweltfreundlichkeit war ausschlaggebend für die Auswahl. Im zweiten Teil wurden Konfigurationen analysiert die mittels des heißen Abgases eines Zementwerkes die Dampfproduktion einer 1500 Meter entfernten, Molkerei decken sollen.

Die Konzepte der Vergleichsstudie sind simpel aufgebaut und bestehen aus einem Heizkreislauf. Je nach Konzept wird zwischen Druckwasser, überhitzen Dampf und überkritischen Kohlenstoff als Wärmeträgerfluid unterschieden.

Bei den aufgestellten Konfigurationen unterschieden sich die Anlagen in der Anzahl der Heizkreisläufen, je nach Konfiguration besitzen diese unterschiedliche Wärmeträgerfluide. Die verschiedenen Heizkreisläufe sind mittels Wärmetauscher bzw. Abhitzekessel mit einander verbunden und sind somit im Stande die Energie zu übertragen. Weiters wurden bei einigen Konfigurationen ein Speicher eingeplant und berechnet, um die Energieversorgung der Molkerei bei Ausfall oder Stillstand des Zementwerkes zu garantieren.

Für die Auslegung und Berechnung wurde auf spezielle Programme zurückgegriffen. Die thermodynamischen Gleichungen der Anlage und die verlangten Dampfmassenströme wurden mit der Simulationssoftware IPSEpro berechnet und dargestellt. Weiters wurden die verschiedenen Wärmetauscher mit dem Programm PPSD von KED ausgelegt.

Diese Arbeit hat hervorgehoben, dass die verschiedenen Konzepte durchaus sinnvoll sind, um Abgaswärme aus Industrieöfen effektiv nützen zu können. Weiters wurden verschiedenste Konfigurationen simuliert und damit gezeigt, dass die Spitzenlasten des Abnehmers in allen Lastfällen abgedeckt werden können.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

8. Literaturverzeichnis

[1] A. Zweimüller, Systemvergleich von Hochtemperatur Wärmeauskopplungs-Konzepten im Zementwerk Gmunden, Wien, 2017.

[2] Berlin Heidelberg: Springer Verlag, VDI-Wärmeatlas, 2013.

[3] Dubbel, Taschenbuch für Maschinenbau, Berlin Heidelberg: Springer Vieweg, 2014.

[4] S. Garstenauer, Inbetriebnahme und Messungen an einerVersuchsanlage zur Kühlung, Wien, 2012.

[5] M. Haider, Angewandte Thermodynamik Skriptum, Wien, 2013.

[6] M. Haider, Folien zur Vorlesung: Wärmetechnische Anlagen 1, Wien, 2015.

[7] W. Linke, Handbuch der Kesselbetriebstechnik : Kraft- und Wärmeerzeugung in Praxis und Theorie, Gräfelfing: Resch Verlag, 2009.

[8] W. Noot, Vom Kofferkessel bis zum Großkraftwerk - die Entwicklung im Kesselbau : Grundlagen, Konstruktion, Anwendungen, Essen: Vulkan Verlag, 2010.

[9] Normenausschuss Rohrleitung & Dampfkesselanlagen, „DIN EN 12952-3“, Berlin, 2012.

[10] W. Wagner, Rohrleitungstechnik, Würzburg: Volgel Verlag, 1993.

[11] Steinmüller, Rohrleitungstechnik, Vulkan Verlag, 1985.

[12] „http://www.simtechnology.com/,“ SimTech GmbH. [Online]. [Zugriff am 07 2018].

[13] R.Karimi, Projektteam IET, Wien, 2019.

[14] R. Hofmann, Stationäre und transiente Simulation von thermischen Energieanlagen Skriptum, Wien, 2015.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

A. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stoffparameter des Ofengases (Quelle: Hatschek GmbH) 2
Tabelle 2: Konzeptübersicht 6
Tabelle 3: Fallübersicht 6
Tabelle 4: Übersicht Tagestonnen 6
Tabelle 5: Randbedingungen des Rippenrohrwärmetauschers 7
Tabelle 6: Randbedingungen des Rippenrohrwärmetauschers 15
Tabelle 7: Randbedingungen des Abhitzekessels 25
Tabelle 8: Wärmeträgermedien der Kreisläufe 30
Tabelle 9: Konfigurationen ohne Speicher 30
Tabelle 10: Konfigurationen mit Speicher 30
Tabelle 11: Speicherarten 31
Tabelle 12: Übersicht Tagestonnen 31
Tabelle 13: Übersicht Betriebsfälle 31
Tabelle 14: Notwendiger Dampfmassenstrom 31
Tabelle 15: Rippenrohre der Konfigurationen 89
Tabelle 16: Randbedingungen H_20 Rippenrohrwärmetauscher 90
Tabelle 17: Eigenschaften des H_2O Rippenrohrwärmetauschers 90
Tabelle 18: Eigenschaften von Durferrit [2] 90
Tabelle 19: Vorgabeparameter Salz-Rauchgas Ripperohrwärmetauscher 91
Tabelle 20: Randbedingungen Salz-Rauchgas Rippenrohrwärmetauscher Variante 1 & 2 91
Tabelle 21: Eigenschaften Salz-Rauchgas Rippenrohrwärmetauscher Variante 1 & 2 91
Tabelle 22: Randbedingungen Salz-Rauchgas Rippenrohrwärmetauscher Variante 3 & 4 91
Tabelle 23: Eigenschaften Salz-Rauchgas Rippenrohrwärmetauscher Variante 3 & 4 91
Tabelle 24: Vorgabeparameter Luft-Salz Ripperohrwärmetauscher 92
Tabelle 25: Randbedingungen Luft-Salz Rippenrohrwärmetauscher 6 Varianten 92
Tabelle 26: Eigenschaften Luft-Salz Rippenrohrwärmetauscher 1, 2 & 3 92
Tabelle 27: Eigenschaften Luft-Salz Rippenrohrwärmetauscher 4, 5 & 6 93
Tabelle 28: Vorgabeparameter Wasser-Luft Ripperohrwärmetauscher 93
Tabelle 29: Randbedingungen Wasser-Luft Rippenrohrwärmetauscher Variante 1, 2 & 3 93
Tabelle 30: Eigenschaften Wasser-Luft Rippenrohrwärmetauscher 1, 2 & 3 93
Tabelle 31: Randbedingungen Wasser-Luft Rippenrohrwärmetauscher Variante 4, 5 & 6 94
Tabelle 32: Eigenschaften Wasser-Luft Rippenrohrwärmetauscher 4, 5 & 6 94
Tabelle 33: Randbedingungen Wasser-Luft Rippenrohrwärmetauscher Variante 7, 8 & 9 94
Tabelle 34: Eigenschaften Wasser-Luft Rippenrohrwärmetauscher 7, 8 & 9 95
Tabelle 35: Randbedingungen sCO_2-Rauchgas Rippenrohrwärmetauscher 95
Tabelle 36: Eigenschaften sCO_2-Rauchgas Rippenrohrwärmetauscher 95
Tabelle 37: Randbedingungen Salz-Rauchgas Rippenrohrwärmetauscher 96
Tabelle 38: Eigenschaften sCO_2-Rauchags Rippenrohrwärmetauscher 96
Tabelle 39: Wandstärkenermittlung 96
Tabelle 40: Ausgleichergeometrie 97
Tabelle 41: Randbedingung Gebläse 97
Tabelle 42: Randbedingungen Wasser und Dampf Pumpen 98
Tabelle 43: Randbedingung sCO_2 Pumpe 98
Tabelle 44: Gesamtübersicht – Vergleichsstudie 100

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub

B. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anlagenschema Zementwerk Gmunden (Quelle: Hatschek GmbH) 4
Abbildung 2: Anlageschema Konzept 1 8
Abbildung 3: IPSE Simulation Konzept 1 Fall 1a 9
Abbildung 4: IPSE Simulation Konzept 1 Fall 1b 10
Abbildung 5: IPSE Simulation Konzept 1 Fall 1c 11
Abbildung 6: IPSE Simulation Konzept 1 Fall 1d 12
Abbildung 7: Q-T-Diagramm Konzept 1 Fall 1a 13
Abbildung 8: Q-T-Diagramm Konzept 2 Fall 1b 13
Abbildung 9: Q-T-Diagramm Konzept 1 Fall 1c 14
Abbildung 10: Q-T-Diagramm Konzept 1 Fall 1d 14
Abbildung 11: Anlageschema Konzept 3 16
Abbildung 12: IPSE Simulation Konzept 3 Fall 3a 17
Abbildung 13: : IPSE Simulation Konzept 3 Fall 3b 18
Abbildung 14: : IPSE Simulation Konzept 3 Fall 3cc 19
Abbildung 15: : IPSE Simulation Konzept 3 Fall 3dd 20
Abbildung 16: IPSE Simulation Konzept 3 Fall 3ddd 21
Abbildung 17: Q-T-Diagramm Konzept 3 Fall 3a 22
Abbildung 18: Q-T-Diagramm Konzept 3 Fall 3b 22
Abbildung 19: Q-T-Diagramm Konzept 3 Fall 3cc 23
Abbildung 20: Q-T-Diagramm Konzept 3 Fall 3dd 23
Abbildung 21: Q-T-Diagramm Konzept 3 Fall 3dd 24
Abbildung 22: Anlageschema Konzept 5 26
Abbildung 23: IPSE Simulation Konzept 5 Fall 5a 27
Abbildung 24: IPSE Simulation Konzept 5 Fall 5b 28
Abbildung 25: Q-T-Diagramm Konzept 5 Fall 5a 29
Abbildung 26: Q-T-Diagramm Konzept 5 Fall 5b 29
Abbildung 27: Konzept 1 Betriebsfall 1 34
Abbildung 28: IPSE Simulation Konfiguration 1 Betriebsfall 1 35
Abbildung 29: Q-T-Diagramm Konfiguration 1 Betriebsfall 1 36
Abbildung 30: Konzept 2a Betriebsfall 1 – Teil-Beladen 38
Abbildung 31: Konzept 2a Betriebsfall 5a & 5b – Voll-Entladen 39
Abbildung 32: IPSE Simulation Konfiguration 2a Betriebsfall 1 40
Abbildung 33: IPSE Simulation Konfiguration 2a Betriebsfall 5a 41
Abbildung 34: IPSE Simulation Konfiguration 2a Betriebsfall 5b 42
Abbildung 35: Q-T-Diagramm Konfiguration 2a Betriebsfall 1 43
Abbildung 36: Q-T-Diagramm Konfiguration 2a Betriebsfall 5b 43
Abbildung 37 Konzept 2b Betriebsfall 1 – Teil-Beladen 45
Abbildung 38 Konzept 2b Betriebsfall 1 – Voll-Beladen 46
Abbildung 39 Simulation Konfiguration 2b Betriebsfall 1 47
Abbildung 40: IPSE Simulation Konfiguration 2b Betriebsfall 5a 48
Abbildung 41: IPSE Simulation Konfiguration 2b Betriebsfall 5b 49
Abbildung 42: Q-T-Diagramm Konfiguration 2b Betriebsfall 1 50
Abbildung 43: Q-T-Diagramm Konfiguration 2b Betriebsfall 5b 50
Abbildung 44: IPSE Simulation Konfiguration 3 Betriebsfall 1 52
Abbildung 45: Q-T-Diagramm Konfiguration 3 Betriebsfall 1 53

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Abbildung 46: Konzept 5 Betriebsfall 1 – Teil-Beladen 55
Abbildung 47: Konzept 5 Betriebsfall 5a & 5b – Voll-Entladen 56
Abbildung 48: IPSE Simulation Konfiguration 5 Betriebsfall 1 57
Abbildung 49: IPSE Simulation Konfiguration 5 Betriebsfall 5a 58
Abbildung 50: : IPSE Simulation Konfiguration 5 Betriebsfall 5b 59
Abbildung 51: Q-T-Diagramm Konfiguration 5 Betriebsfall 1 60
Abbildung 52: Konzept 6a1 Betriebsfall 1 – Teil-Beladen 62
Abbildung 53: Konzept 6a1 Betriebsfall 5a & 5b – Voll-Entladen 63
Abbildung 54: IPSE Simulation Konfiguration 6a1 Betriebsfall 1 64
Abbildung 55: IPSE Simulation Konfiguration 6a1 Betriebsfall 5a 65
Abbildung 56: IPSE Simulation Konfiguration 6a1 Betriebsfall 5b 66
Abbildung 57: Q-T-Diagramm Konfiguration 6a1 Betriebsfall 1..... 67
Abbildung 58: Q-T-Diagramm Konfiguration 6a1 Betriebsfall 5b 67
Abbildung 59: Konzept 6a2 Betriebsfall 1 – Teil-Beladen 69
Abbildung 60: Konzept 6a2 Betriebsfall 5a & 5b – Voll-Entladen 70
Abbildung 61: IPSE Simulation Konfiguration 6a2 Betriebsfall 1 71
Abbildung 62: IPSE Simulation Konfiguration 6a1 Betriebsfall 5a 72
Abbildung 63: IPSE Simulation Konfiguration 6a2 Betriebsfall 5b 73
Abbildung 64: Q-T-Diagramm Konfiguration 6a2 Betriebsfall 1..... 74
Abbildung 65: Q-T-Diagramm Konfiguration 6a2 Betriebsfall 5b 74
Abbildung 66: Konzept 7a Betriebsfall 1 – Teil-Beladen 76
Abbildung 67: Konzept 7a Betriebsfall 5a & 5b – Voll-Entladen 77
Abbildung 68: IPSE Simulation Konfiguration 7a Betriebsfall 1 78
Abbildung 69: IPSE Simulation Konfiguration7a Betriebsfall 5a 79
Abbildung 70: IPSE Simulation Konfiguration 7a Betriebsfall 5b 80
Abbildung 71: Q-T-Diagramm Konfiguration 7a Betriebsfall 1..... 81
Abbildung 72: Q-T-Diagramm Konfiguration 7a Betriebsfall 5b 81
Abbildung 73: Konzept 7b Betriebsfall 1 – Teil-Beladen 83
Abbildung 74: Konzept 7b Betriebsfall 5a & 5b – Voll-Entladen 84
Abbildung 75: IPSE Simulation Konfiguration 7b Betriebsfall 1 85
Abbildung 76: IPSE Simulation Konfiguration 7b Betriebsfall 5a 86
Abbildung 77: IPSE Simulation Konfiguration 7b Betriebsfall 5b 87
Abbildung 78: Q-T-Diagramm Konfiguration 7b Betriebsfall 1 88
Abbildung 79: Q-T-Diagramm Konfiguration 7b Betriebsfall 5b 88
Abbildung 80: Rippenrohrwärmetauscher RG/Druckwasser Konfiguration 1 Betriebsfall 1 InputData.. I
Abbildung 81: Rippenrohrwärmetauscher RG/Druckwasser Konfiguration 1 Betriebsfall 1OutputDataII
Abbildung 82: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V1 InputData III
Abbildung 83: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V1 OutputData IV
Abbildung 84: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V2 InputData V
Abbildung 85: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V2 OutputData VI
Abbildung 86: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V3 InputData VII
Abbildung 87: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V3 OutputData .. VIII
Abbildung 88: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V4 InputData IX
Abbildung 89: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V4 OutputData X
Abbildung 90: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V1 InputData XI
Abbildung 91: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V1 OutputData . XII
Abbildung 92: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V2 InputData ... XIII
Abbildung 93: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V2 OutputData XIV

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

Abbildung 94: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V3 InputData XV
Abbildung 95: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V3 OutputData XVI
Abbildung 96: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V4 InputData .. XVII
97: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V4 OutputData XVIII
98: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V5 InputData XIX
99: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V5 OutputData XX
100: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V6 InputData XXI
101: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V6 OutputData XXII
102: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V1 InputData XXIII
103: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V1 OutputData XXIV
104: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V2 InputData XXV
105: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V2 OutputData XXVI
106: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V3 InputData XXVII
107: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V3 OutputData XXVIII
108: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V4 InputData XXIX
109: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V4 OutputData XXX
110: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V5 InputData XXXI
111: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V5 OutputData XXXII
112: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V6 InputData XXXIII
113: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V6 OutputData XXXIV
114: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V7 InputData XXXV
115: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V7 OutputData XXXVI
116: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V8 InputData XXXVII
117: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V8 OutputData XXXVIII
118: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V9 InputData XXXIX
119: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V9 OutputData XL
120: Rippenrohrwärmetauscher RG/sCO_2 Konfiguration 2b Betriebsfall 1 InputData XLI
121: Rippenrohrwärmetauscher RG/sCO_2 Konfiguration 2b Betriebsfall 1 OutputData XLII
122: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 7a Betriebsfall 1 InputData XLIII
123: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 7a Betriebsfall 1 InputData XLIV

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

C. Rippenrohrwärmetauscher

C.1. Konfiguration 1 Betriebsfall 1

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	2,6	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1080,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	9250,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	12,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	20,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	2,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	4049,02	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,18	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

Abbildung 80: Rippenrohrwärmetauscher RG/Druckwasser Konfiguration 1 Betriebsfall 1 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

QL	11117	kW	Wärmeleistung
H	4049,02	m²	Heizoberfläche
logTemp	64,46	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	42,60	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	48,01	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	10000,00	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	1038,57	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	1,17	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	16,40	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	10,93	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	1746,13	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	27580,67	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	434891,68	-	Re-Zahl von Medium
n_d	24,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	4,76	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,02	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	18,04	K	pinch point
Pnom	43,83	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	35,4	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	212	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	19,16	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	13,62	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	1,94	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	2,14	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	92500,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,12	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	48,64	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	48,13	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	32,8	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	232	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	222	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	211	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	210	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	209	°C	innere Rohrmetalltemperatur
FIsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	11117	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	35,4	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	1615,70	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,02	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	1,88	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	45,36	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	10395,15	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	15434,20	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	42,60	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,18	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	255	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	302	°C	maximale Rippenkopftemperatur

Abbildung 81: Rippenrohrwärmetauscher RG/Druckwasser Konfiguration 1 Betriebsfall 1OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

C.2. Konfiguration 2a Betriebsfall 1

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	3,0	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	3060,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	6100,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	34,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	80,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	1,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	11407,82	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	100	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

Abbildung 82: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V1 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

QL	10589	kW	Wärmeleistung
H	11407,82	m²	Heizoberfläche
logTemp	23,69	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	39,19	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	47,54	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	1677,21	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	797,12	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	2,87	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	7,74	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	5,12	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	1462,82	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	12846,25	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	11418,48	-	Re-Zahl von Medium
n_d	34,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	10,15	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,03	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	17,75	K	pinch point
Pnom	12,19	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	40,0	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	273	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	8,98	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	6,50	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	0,74	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	0,79	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	488000,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,13	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	46,10	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	45,95	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	32,0	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	280	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	276	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	273	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	273	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	273	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	10589	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	40,0	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	25604,44	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,03	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	13,34	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	639,60	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	26069,42	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	69033,70	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	39,19	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	362	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	370	°C	maximale Rippenkopftemperatur

Abbildung 83: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V1 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	3,0	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	3060,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	5150,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	34,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	90,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	1,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	10835,09	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	100	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

Abbildung 84: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V2 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

QL	10608	kW	Wärmeleistung
H	10835,09	m²	Heizoberfläche
logTemp	23,36	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	41,90	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	51,59	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	1678,20	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	1198,48	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	2,74	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	9,19	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	6,07	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	1462,82	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	15219,40	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	11432,38	-	Re-Zahl von Medium
n_d	34,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	8,57	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,03	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	17,62	K	pinch point
Pnom	12,32	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	40,0	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	273	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	10,64	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	7,72	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	0,74	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	0,79	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	463500,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,13	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	46,09	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	45,93	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	32,0	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	280	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	277	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	273	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	273	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	273	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	10608	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	40,0	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	24317,76	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,03	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	12,67	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	607,46	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	24760,60	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	65567,87	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	41,90	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	363	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	371	°C	maximale Rippenkopftemperatur

Abbildung 85: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V2 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	3,0	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	2340,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	7600,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	26,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	42,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	1,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	15136,78	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

Abbildung 86: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V3 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

QL	10451	kW	Wärmeleistung
H	15136,78	m²	Heizoberfläche
logTemp	26,00	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	26,56	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	35,90	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	2080,49	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	838,41	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	3,03	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	9,30	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	6,14	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	1912,92	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	15370,50	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	14800,98	-	Re-Zahl von Medium
n_d	26,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	8,47	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,02	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	18,43	K	pinch point
Pnom	12,03	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	40,0	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	274	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	10,76	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	7,83	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	0,97	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	1,03	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	319200,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,13	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	46,06	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	45,91	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	32,0	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	280	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	277	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	274	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	274	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	274	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	10451	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	40,0	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	12811,83	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,03	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	6,67	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	320,05	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	38861,00	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	60351,42	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	26,56	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	363	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	369	°C	maximale Rippenkopftemperatur

Abbildung 87: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V3 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	3,0	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	2520,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	6200,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	28,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	50,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	1,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	15831,32	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

Abbildung 88: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V4 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

QL	10549	kW	Wärmeleistung
H	15831,32	m²	Heizoberfläche
logTemp	24,33	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	27,39	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	38,18	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	1964,56	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	1247,22	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	2,59	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	10,59	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	6,99	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	1776,28	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	17515,34	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	13830,28	-	Re-Zahl von Medium
n_d	28,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	7,44	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,02	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	17,32	K	pinch point
Pnom	12,47	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	40,0	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	275	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	12,25	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	8,92	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	0,90	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	0,95	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	310000,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,13	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	46,02	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	45,88	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	32,0	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	281	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	278	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	275	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	275	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	275	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	10549	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	40,0	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	13396,19	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,03	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	6,98	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	334,64	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	40644,09	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	63120,59	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	27,39	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	365	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	371	°C	maximale Rippenkopftemperatur

Abbildung 89: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V4 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	2,6	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1440,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	12500,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	16,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	32,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	1,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	11672,86	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

Abbildung 90: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V1 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

QL	-1963	kW	Wärmeleistung
H	11672,86	m²	Heizoberfläche
logTemp	-14,59	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	11,53	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	15,46	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	837,76	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	54,34	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	0,49	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	2,09	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	1,37	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	621,33	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	3272,05	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	5485,46	-	Re-Zahl von Medium
n_d	16,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	8,58	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,01	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	-14,52	K	pinch point
Pnom	13,01	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	8,4	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	282	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	1,76	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	2,42	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	0,33	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	0,32	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	-15	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	400000,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,04	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	45,73	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	45,76	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	32,8	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	280	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	281	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	282	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	282	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	282	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	-1963	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	8,4	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	10327,20	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,04	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	5,41	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	1229,34	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	29967,99	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	44495,00	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	11,53	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	360	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	360	°C	maximale Rippenkopftemperatur

Abbildung 91: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V1 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	2,6	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1440,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	9800,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	16,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	40,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	1,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	11439,40	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

Abbildung 92: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V2 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

QL	-1975	kW	Wärmeleistung
H	11439,40	m²	Heizoberfläche
logTemp	-13,54	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	12,75	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	17,76	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	836,61	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	101,42	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	0,48	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	2,66	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	1,74	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	621,33	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	4170,76	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	5468,91	-	Re-Zahl von Medium
n_d	16,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	6,72	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,01	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	-14,90	K	pinch point
Pnom	13,02	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	8,4	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	281	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	2,24	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	3,09	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	0,33	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	0,32	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	-15	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	392000,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,04	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	45,75	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	45,78	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	32,8	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	280	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	280	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	281	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	281	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	281	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	-1975	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	8,4	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	10121,96	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,04	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	5,30	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	1204,94	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	29368,63	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	43605,10	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	12,75	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	360	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	360	°C	maximale Rippenkopftemperatur

Abbildung 93: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V2 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	2,6	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1440,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	7400,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	16,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	50,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	1,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	10797,39	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

Abbildung 94: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V3 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

QL	-1983	kW	Wärmeleistung
H	10797,39	m²	Heizoberfläche
logTemp	-12,91	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	14,23	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	20,76	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	835,91	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	201,90	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	0,45	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	3,53	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	2,31	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	621,33	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	5521,22	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	5458,98	-	Re-Zahl von Medium
n_d	16,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	5,08	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,01	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	-15,52	K	pinch point
Pnom	13,05	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	8,4	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	281	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	2,97	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	4,10	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	0,33	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	0,32	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	-15	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	370000,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,04	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	45,77	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	45,80	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	32,8	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	279	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	280	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	281	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	281	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	281	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	-1983	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	8,4	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	9554,61	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,04	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	5,00	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	1137,42	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	27720,40	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	41157,88	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	14,23	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	360	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	360	°C	maximale Rippenkopftemperatur

Abbildung 95: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V3 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	2,6	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1080,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	26000,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	12,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	64,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	2,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	36419,32	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

Abbildung 96: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V4 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

QL	-2037	kW	Wärmeleistung
H	36419,32	m²	Heizoberfläche
logTemp	-7,18	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	7,79	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	11,98	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	402,21	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	52,60	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	0,50	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	1,35	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	0,88	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	414,22	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	2089,04	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	3583,45	-	Re-Zahl von Medium
n_d	24,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	13,38	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,02	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	-4,83	K	pinch point
Pnom	13,00	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	8,4	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	279	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	1,13	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	1,56	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	0,22	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	0,21	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	-15	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	832000,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,04	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	45,85	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	45,86	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	32,8	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	278	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	278	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	279	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	279	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	279	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	-2037	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	8,4	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	32240,77	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,04	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	16,87	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	3839,14	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	93500,14	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	138824,40	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	7,79	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	360	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	360	°C	maximale Rippenkopftemperatur

97: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V4 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	2,6	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1080,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	20000,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	12,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	84,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	2,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	36769,51	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

98: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V5 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

QL	-2045	kW	Wärmeleistung
H	36769,51	m²	Heizoberfläche
logTemp	-6,48	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	8,58	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	13,97	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	402,21	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	105,99	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	0,51	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	1,75	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	1,14	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	414,22	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	2714,59	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	3574,07	-	Re-Zahl von Medium
n_d	24,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	10,29	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,02	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	-6,15	K	pinch point
Pnom	12,99	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	8,4	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	278	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	1,46	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	2,04	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	0,22	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	0,21	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	-15	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	840000,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,04	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	45,87	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	45,88	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	32,8	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	278	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	278	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	278	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	278	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	278	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	-2045	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	8,4	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	32551,25	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,04	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	17,03	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	3876,44	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	94399,18	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	140159,25	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	8,58	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	360	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	360	°C	maximale Rippenkopftemperatur

99: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V5 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	2,6	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1080,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	15500,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	12,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	104,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	2,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	35281,22	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

100: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V6 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

QL	-2049	kW	Wärmeleistung
H	35281,22	m²	Heizoberfläche
logTemp	-6,20	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	9,37	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	16,17	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	402,21	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	199,43	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	0,49	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	2,26	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	1,47	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	414,22	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	3502,07	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	3570,20	-	Re-Zahl von Medium
n_d	24,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	7,98	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,02	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	-7,41	K	pinch point
Pnom	13,01	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	8,4	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	278	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	1,89	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	2,63	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	0,22	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	0,21	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	-15	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	806000,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,04	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	45,87	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	45,88	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	32,8	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	278	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	278	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	278	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	278	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	278	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	-2049	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	8,4	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	31233,61	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,04	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	16,34	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	3719,68	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	90578,26	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	134486,14	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	9,37	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	360	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	360	°C	maximale Rippenkopftemperatur

101: Rippenrohrwärmetauscher Luft/Salz Konfiguration 2a Betriebsfall 1 V6 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

C.3. Konfiguration 2a Betriebsfall 5b

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	3,2	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1620,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	16200,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	18,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	18,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	3,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	9573,20	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

102: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V1 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

QL	14443	kW	Wärmeleistung
H	9573,20	m²	Heizoberfläche
logTemp	46,33	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	32,56	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	36,52	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	8244,24	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	398,02	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	0,48	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	9,95	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	6,49	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	1061,15	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	15475,81	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	253080,18	-	Re-Zahl von Medium
n_d	54,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	12,50	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,04	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	8,91	K	pinch point
Pnom	44,52	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	209	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	11,53	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	8,36	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	1,18	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	1,30	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	97200,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,04	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	48,75	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	48,45	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	31,6	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	220	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	214	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	208	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	207	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	206	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	14443	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	3551,65	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,02	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	4,12	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	78,54	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	24577,50	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	38992,31	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	32,56	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	251	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	281	°C	maximale Rippenkopftemperatur

103: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V1 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	3,2	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1440,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	13100,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	16,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	21,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	3,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	8028,01	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

104: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V2 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

QL	14386	kW	Wärmeleistung
H	8028,01	m²	Heizoberfläche
logTemp	47,52	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	37,71	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	42,77	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	9010,91	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	821,16	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	0,57	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	13,88	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	9,02	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	1193,79	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	21520,93	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	284509,77	-	Re-Zahl von Medium
n_d	48,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	8,99	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,04	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	10,19	K	pinch point
Pnom	44,43	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	209	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	16,05	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	11,70	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	1,32	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	1,46	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	91700,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,04	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	48,74	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	48,39	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	31,6	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	222	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	215	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	208	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	207	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	206	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	14386	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	2978,91	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,02	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	3,45	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	65,87	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	20610,49	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	32698,62	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	37,71	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	252	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	286	°C	maximale Rippenkopftemperatur

105: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V2 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	3,2	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1620,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	10000,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	18,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	24,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	2,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	7879,18	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

106: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V3 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

QL	14533	kW	Wärmeleistung
H	7879,18	m²	Heizoberfläche
logTemp	45,64	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	40,42	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	45,86	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	10000,00	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	1222,85	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	1,33	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	16,17	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	10,51	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	1591,72	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	25088,21	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	380103,10	-	Re-Zahl von Medium
n_d	36,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	7,72	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,03	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	10,14	K	pinch point
Pnom	43,67	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	209	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	18,68	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	13,62	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	1,76	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	1,95	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	120000,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,04	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	48,74	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	48,38	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	31,6	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	222	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	216	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	209	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	208	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	207	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	14533	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	2922,42	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,02	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	3,39	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	64,61	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	20228,40	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	32092,43	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	40,42	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	253	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	288	°C	maximale Rippenkopftemperatur

107: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V3 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	3,2	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1620,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	17800,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	18,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	21,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	3,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	12271,82	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

108: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V4 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

QL	14874	kW	Wärmeleistung
H	12271,82	m²	Heizoberfläche
logTemp	38,86	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	31,19	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	34,80	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	8256,13	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	394,99	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	0,61	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	9,01	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	5,90	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	1061,15	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	14131,64	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	254510,16	-	Re-Zahl von Medium
n_d	54,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	13,74	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,04	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	5,18	K	pinch point
Pnom	44,39	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	209	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	10,50	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	7,52	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	1,18	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	1,30	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	124600,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,04	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	48,73	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	48,49	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	31,6	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	217	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	213	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	208	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	207	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	207	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	14874	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	4547,43	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,02	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	5,28	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	100,48	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	31505,73	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	49983,97	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	31,19	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	252	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	280	°C	maximale Rippenkopftemperatur

109: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V4 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	3,2	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1620,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	13500,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	18,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	27,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	3,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	11966,50	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

110: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V5 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

QL	15037	kW	Wärmeleistung
H	11966,50	m²	Heizoberfläche
logTemp	35,78	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	35,12	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	39,76	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	8260,45	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	817,22	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	0,60	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	11,88	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	7,78	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	1061,15	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	18656,29	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	255038,89	-	Re-Zahl von Medium
n_d	54,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	10,42	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,04	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	4,18	K	pinch point
Pnom	44,40	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	210	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	13,84	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	9,91	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	1,18	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	1,31	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	121500,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,04	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	48,71	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	48,47	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	31,6	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	218	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	213	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	209	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	208	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	207	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	15037	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	4432,59	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,02	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	5,15	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	97,91	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	30721,88	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	48740,38	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	35,12	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	255	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	285	°C	maximale Rippenkopftemperatur

111: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V5 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	3,2	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1800,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	10000,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	20,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	30,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	2,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	10943,31	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

112: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V6 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

QL	15060	kW	Wärmeleistung
H	10943,31	m²	Heizoberfläche
logTemp	35,65	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	38,60	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	43,58	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	9865,80	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	1272,58	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	1,34	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	14,47	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	9,46	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	1432,55	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	22671,45	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	344431,21	-	Re-Zahl von Medium
n_d	40,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	8,58	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,03	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	4,64	K	pinch point
Pnom	43,66	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	210	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	16,82	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	12,09	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	1,59	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	1,76	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	150000,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,04	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	48,72	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	48,45	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	31,6	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	219	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	214	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	208	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	208	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	207	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	15060	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	4053,29	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,02	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	4,71	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	89,53	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	28095,00	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	44572,82	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	38,60	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	254	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	288	°C	maximale Rippenkopftemperatur

113: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V6 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	3,2	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1800,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	19500,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	20,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	30,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	3,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	21339,45	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

114: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V7 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

QL	15381	kW	Wärmeleistung
H	21339,45	m²	Heizoberfläche
logTemp	25,44	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	28,33	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	31,46	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	7635,75	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	405,01	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	0,78	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	7,36	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	4,85	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	955,03	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	11655,33	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	230522,45	-	Re-Zahl von Medium
n_d	60,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	16,72	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,05	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	1,02	K	pinch point
Pnom	44,22	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	210	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	8,62	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	6,09	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	1,06	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	1,18	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	195000,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,04	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	48,73	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	48,58	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	31,6	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	213	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	210	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	208	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	207	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	207	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	15381	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	7899,62	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,02	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	9,18	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	174,33	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	54785,24	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	86917,01	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	28,33	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	254	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	279	°C	maximale Rippenkopftemperatur

115: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V7 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	3,2	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	2160,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	10000,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	24,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	40,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	2,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	17509,29	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

116: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V8 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

QL	15391	kW	Wärmeleistung
H	18923,16	m²	Heizoberfläche
logTemp	25,24	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	32,22	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	36,56	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	7103,99	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	815,23	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	0,52	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	9,98	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	6,56	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	868,21	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	15773,51	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	209585,46	-	Re-Zahl von Medium
n_d	66,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	12,36	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,05	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	1,05	K	pinch point
Pnom	44,48	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	211	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	11,67	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	8,28	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	0,96	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	1,07	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	157200,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,04	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	48,71	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	48,55	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	31,6	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	214	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	211	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	208	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	208	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	207	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	15391	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	7005,31	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,02	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	8,14	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	154,59	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	48581,87	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	77075,33	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	32,22	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	256	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	284	°C	maximale Rippenkopftemperatur

117: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V8 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	3,2	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1980,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	13100,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	22,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	36,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	3,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	18923,16	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

118: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V9 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

QL	15407	kW	Wärmeleistung
H	17509,29	m²	Heizoberfläche
logTemp	24,79	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	35,50	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	39,93	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	9041,36	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	1241,91	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	1,25	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	12,01	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	7,88	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	1193,79	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	18943,79	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	288264,13	-	Re-Zahl von Medium
n_d	48,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	10,29	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,04	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	1,08	K	pinch point
Pnom	43,75	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	210	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	14,01	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	9,98	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	1,32	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	1,47	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	200000,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,04	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	48,72	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	48,55	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	31,6	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	215	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	211	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	208	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	207	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	207	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	15407	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	44,9	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	6481,76	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,02	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	7,53	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	143,02	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	44951,99	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	71316,52	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	35,50	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	256	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	286	°C	maximale Rippenkopftemperatur

119: Rippenrohrwärmetauscher Wasser/Luft Konfiguration 2a Betriebsfall 5 V9 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

C.4. Konfiguration 2b Betriebsfall 1

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	2,6	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	2160,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	9300,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	24,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	60,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	6,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	24425,46	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,18	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

120: Rippenrohrwärmetauscher RG/sCO_2 Konfiguration 2b Betriebsfall 1 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

QL	10637	kW	Wärmeleistung
H	24425,46	m²	Heizoberfläche
logTemp	23,33	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	18,66	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	33,76	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	768,34	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	974,82	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	0,55	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	8,22	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	5,43	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	410,93	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	13637,30	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	502727,79	-	Re-Zahl von Medium
n_d	144,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	9,57	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,12	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	6,38	K	pinch point
Pnom	99,45	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	50,0	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	278	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	9,53	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	6,89	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	3,11	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	4,88	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	93000,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,13	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	45,90	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	45,81	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	32,8	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	281	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	280	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	278	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	278	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	278	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	10637	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	50,0	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	1158,21	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,02	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	11,32	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	23,26	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	62708,03	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	93105,79	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	18,66	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,18	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	371	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	375	°C	maximale Rippenkopftemperatur

121: Rippenrohrwärmetauscher RG/sCO_2 Konfiguration 2b Betriebsfall 1 OutputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

C.5. Konfiguration 7a Betriebsfall 1

VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
Anord	fluchtend	-	Rohranordnung: fluchtend-0; versetzt-1
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
d_a	38,0	mm	Außendurchmesser
s_w	3,6	mm	Wandstärke
t_b	90,00	mm	Rohrbreitenteilung
t_l	90,00	mm	Rohrlängsteilung
B_tb	1440,00	mm	Breite des Kanals
T_rs	14000,00	mm	Tiefe des Konvektionszuges (Kanal)
n_t_b	16,000	-	Rohrreihen in Richtung quer Gasstrom
n_tl	60,000	-	Rohrreihen in Rauchgasrichtung
n_fl	2,00	-	Flutigkeit (Anzahl paralell durchströmter Reihen in RG-Richtung)
Kabw	1,00	-	Abwertungsfaktor (Sicherheit) [Bewertungsfaktor]
ArtMet	15 Mo 3	-	Art des Rohrmetalls
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
Eps_i	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangwiderstand innen
H	24513,00	m²	Heizoberfläche
L_n_Bündel	0,00	mm	Länge des Volumens nach dem Rohrbündel
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
ArtRipp	Serrated	-	Art d.Rippen:0-Spiral,1-Rund,2-Quadr,5-Serrated
swAnzahlRipp-Ripp-Teil	Rippen pro Länge	-	Rippenteilung=0; Anzahl Rippen pro Länge =1(Achtung bei alten Versionen!)
Anzahl Rippen pro Länge	300	1/m	Anzahl der Rippen pro Längeneinheit
Hripp	19,0	mm	Rippenhöhe
Sripp	0,8	mm	Rippendicke
RipSegm	4,5	mm	Rippen Segment Breite
Abst_RipSegm	3,5	mm	Abstand Rippensegment vom Grundrohr (5.08mm=HF;0mm=SF)
ArtMetRipp	15 Mo 3	-	Art des Rippenmetalls
n_tl f. Wärmeüberg Berec	0,500	-	Rohrreihen in RG-Richtung vor Bündel+im Bündel maßgeblich für Wärmeüberg. Berechnung
Fkt_LR	links (oben)	-	Eintritt: 0 - links(oben); 1 - rechts(unten)
höhe Versperrblech	0,0	mm	höhe Versperrblech
Bauform-WT rund eckig	eckig	-	Bauform-Wärmetauscher-Typ rund eckig
Fkt_Druckverlust	1,00	-	Faktor Druckverlust (Sicherheit)

122: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 7a Betriebsfall 1 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub

QL	10598	kW	Wärmeleistung
H	24513,00	m²	Heizoberfläche
logTemp	17,66	K	logarithmische Temperaturdifferenz
k-Wert	24,48	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient
α-Konv u R	33,65	W/m²·K	Wärmeübergang durch Konvektion um die Rohre
α-innen	1921,72	W/m²·K	Wärmeübergang innen
α Str u R	0,00	W/m²·K	Wärmeübergang durch Strahlung um die Rohre
dP_um_Rohr	969,67	Pa	Druckverluste um die Rohre
dP H2O	3,24	bar	Mediumsdruckänderung (Druckverlust)
w um Rohre	8,19	m/s	Geschwindigkeit um die Rohre
Phi um Rohre	5,41	kg/m²·s	Massenstromdichte um die Rohre
PhiMed	1677,72	kg/m²·s	Massenstromdichte
Re um Rohre	13582,29	-	Re-Zahl um die Rohre
Re	13169,44	-	Re-Zahl von Medium
n_d	32,000	-	Parallel durchströmte Rohre
S	210,06	mm	Schichtdicke
A_Q um Rohre	9,61	m²	Freier Querschnitt um die Rohre
A_Q innen	0,02	m²	Freier Querschnitt in den Rohren
pinch point	9,18	K	pinch point
Pnom	13,65	bar(a)	Nenn-Druck
Mnom	40,0	kg/s	Nenn-Massenstrom
T_Met	279	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
w_E um Rohre	9,49	m/s	Geschwindigkeit am Eintritt um die Rohre
w_A um Rohre	6,88	m/s	Geschwindigkeit am Austritt um die Rohre
w_E_H2O	0,85	m/s	Eintritt. Geschwindigkeit H2O
w_A_H2O	0,90	m/s	Austritt. Geschwindigkeit H2O
DQ_LS	284	kW	Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung
DQ_AbStr	0	kW	Wärmeabstrahlung an die Nebenheizfläche
L Rohr	420000,00	mm	gestr. Rohrlänge in Heizzone
Cgas	1,13	kJ/kg·K	spez. Wärmekapazität des Gases
Q_Rückr	0	kW	Rückstrahlung aus Volumen nach Bündel
LamRohr	45,86	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rohrmetalls
λ Rippen	45,76	W/m·K	Wärmeleitzahl des Rippenmetalls
d_i	30,8	mm	innerer Durchmesser
Eps_a	0,0000	m²·K/W	Wärmeübergangswiderstand außen
VarHzfl	ja	-	Berechnung der Heizfläche: 0 - nein, 1- ja
TmetR_ob	283	°C	obere Rippenmetalltemperatur (Rippenkopftemperatur)
TmetR	281	°C	mittlere Rippenmetalltemperatur
TmetR_u	279	°C	Rippenfußtemperatur
Tmet_mit	279	°C	mittlere Rohrmetalltemperatur
TmetCT	279	°C	innere Rohrmetalltemperatur
Flsluft	0,00	-	Falsch- oder Überström-Luft
Strom	Kreuz Gegenstrom	-	Krz-Gl-Str-0,Krz-Geg-Str-1,2-Krz-Str,Gl-Str-3,Geg-Str 4
Zone	1,000	-	Zahl der Zonen (Abschnitte)
Fstrahl	100,00	m²	strahlende Fläche am Austritt
StrahlWärme	10598	kW	Strahlungswärmeaufnahme
Mnom	40,0	kg/s	Nenn-Massenstrom
Qstr_RR_nach	0	kW	Stralungswärme zu Rohrmetall des nächsten Bündels
Qstr_RR_vor	0	kW	Stralungswärme von Rohrmetall des vorherigen Bündels
Qstr_NH_vor	0	kW	Strahlungswärme von Nebenheizfläche vor Bündel
MassMed	19179,66	kg	Gewicht von Medium
Ksi_Rohr	0,03	-	Widerstandsfaktor der Rohre
dP Geo_i	0,00	bar	Geodätischer Druckänderung von H2O im Rohr
dHgeodätisch	0,00	mm	geodätische Höhendifferenz für Druckverlusteberechnung
VolRohr	10,01	m³	Rohrvolumen
Verweilzeit	479,08	s	Verweilzeit
Gewicht Rippen	62932,79	kg	Gewicht der Rippen
Stahlmasse	103979,63	kg	Stahlgewicht der Rohre incl. Rippen
k-Wert-sauber	24,48	W/m²·K	Wärmedurchgangskoeffizient ohne Abwertung und Verschmutzung
Zeta-Ein	0,50	-	Zeta- Eintritt : 0.5 - 0.25
Zeta-Aus	1,00	-	Zeta-Austritt
Zeta-Uml	0,19	-	Zeta-Umlenkung
Rauhigkeit	0,05	mm	Rauhigkeit:0.08mm-0.04mm Stahlrohre neu;0.2mm gereinigt langer Betriebszeit)
T_Ro_Max	369	°C	Maximale Rohrwandtemperatur
Tmet_Rippenkopf_max	374	°C	maximale Rippenkopftemperatur

123: Rippenrohrwärmetauscher RG/Salz Konfiguration 7a Betriebsfall 1 InputData

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek WIEN Your knowledge hub